

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC**

JEANNE MORO MOREIRA PINTO

**MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO DO SOMBREAMENTO DE
ESPAÇOS PÚBLICOS ABERTOS GERADO POR EDIFICAÇÕES NO
ENTORNO**

TESE

CURITIBA

2019

JEANNE MORO MOREIRA PINTO

**MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO DO SOMBREAMENTO DE
ESPAÇOS PÚBLICOS ABERTOS GERADO POR EDIFICAÇÕES NO
ENTORNO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil – Área de Concentração Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Leite Krüger (UTFPR)
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Silvana Philippi Camboim (UFPR)

CURITIBA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Pinto, Jeanne Moro Moreira

Método de caracterização do sombreamento de espaços públicos abertos gerado por edificações no entorno [recurso eletrônico]/ Jeanne Moro Moreira Pinto.- 2019.

1 arquivo texto (179 f.): PDF; 37,3 MB.

Modo de acesso: World Wide Web.

Título extraído da tela de título (visualizado em 31 out. 2019).

Texto em português com resumo em inglês.

Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba, 2019.

Bibliografia: p. 149-156

1. Engenharia civil - Teses. 2. Espaços públicos - Curitiba (PR).
3. Planejamento urbano - Aspectos ambientais - Curitiba (PR). 4.
Edifícios. 5. Sombras. 6. Bem-estar. I. Krüger, Eduardo - 1965-,
orient. II. Camboim, Silvana Philippi, coorient.
III. Título.

CDD: Ed. 22 - 624

Biblioteca Ecoville da UTFPR, Câmpus Curitiba
Bibliotecária: Lucia Ferreira Littiere - CRB 9/1271
Aluna de Biblioteconomia: Josiane Mangueira



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

TERMO DE APROVAÇÃO DE TESE N°003

A Tese de Doutorado intitulada: Método de caracterização do sombreamento de espaços públicos abertos gerado por edificações no entorno, defendida em sessão pública pela candidata **Jeanne Moro Moreira Pinto**, no dia 27 de agosto de 2019, foi julgada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, área de concentração Construção Civil, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr(a). Eduardo L. ~~Krüger~~ - Presidente - UTFPR

Prof(a). Dr(a). Clarice ~~Farian~~ de Lemos - UTFPR

Prof(a). Dr(a). Alessandro ~~Ella Rosaneli~~ - UFPR

Prof(a). Dr(a). Érico Masiero - UFSCAR

Prof(a). Dr(a). Eduardo M. González Cruz - UTFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 27 de agosto de 2019.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa]

Dedico este trabalho à minha família

AGRADECIMENTOS

Aos professores Dr. Eduardo Krüger e Dr^a. Silvana Philippi Camboim, meu orientador e minha coorientadora, por toda atenção, ajuda, disponibilidade e incentivo em todos os momentos.

À prof. Dr^a. Clarice Farian de Lemos - Professora do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC/UTFPR – por todo auxílio na medição *in loco* das alturas dos blocos da UTFPR Ecoville;

Ao Prof. Dr. Luís Augusto Koenig Veiga e ao LABTOPO – UFPR pela medição *in loco* da altura do Edifício Administrativo da UFPR Politécnico;

Ao Eng^o Cartógrafo Artur Furtado Filho do Setor de geoprocessamento do IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba por ter fornecido os dados das alturas das edificações escolhidas do entorno das 06 praças escolhidas para validação do método das alturas;

À Andrea Faria Andrade por me ajudar nos primeiros passos desta pesquisa.

À Francine Aidie Rossi pelo incentivo constante.

Aos colegas do PPGEC/UTFPR pela presença constante e solicitude.

À Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba (SMMA) pela disponibilização de arquivos de seu acervo.

Ao Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba pela disponibilização dos dados a partir de perfil Laser.

Ao arquiteto Celso Yabiku no auxílio quanto ao entendimento das regras propostas para o novo Zoneamento do Polo da Linha Verde em Curitiba.

Aos membros da banca por aceitarem o convite, disponibilizarem de seu tempo para leitura e avaliação deste trabalho.

À minha família pelo apoio constante e compreensão nas horas de ausência.

“A cidade não pode ser vista meramente como um mecanismo físico e uma construção artificial. Esta é envolvida nos processos vitais das pessoas que as compõem; é um produto da natureza e particularmente da natureza humana.”
Robert Ezra Park (1973)

RESUMO

A maioria das cidades brasileiras está passando por um período de acentuada urbanização, aumentando a densidade urbana e a altura das edificações, alterando assim a quantidade de acesso solar incidente nos espaços públicos. O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um método para análise, a partir de imagens de satélite, do impacto do sombreamento proveniente de edificações no entorno imediato sobre espaços públicos abertos, com o intuito de auxiliar e fornecer subsídios desde a etapa de planejamento urbano, tendo-se em vista a busca por resultados mais qualitativos para o bem-estar de todos os habitantes da cidade. Integrando dados abertos, ferramentas livres de manipulação de dados geográficos e de simulação, para a validação do método proposto foram feitas estimativas do sombreamento em diferentes espaços na cidade de Curitiba/PR, nas datas do solstício de inverno, de verão e equinócio de primavera. Como parte do processo, foram estudados também diferentes métodos para a obtenção das alturas de edificações, sendo um deles obtido através de uma ferramenta online disponível, até o momento, somente para as capitais brasileiras, e o outro baseado em relações trigonométricas, desenvolvido neste estudo. Foram analisados diferentes tipos de espaços com configuração atual de edificações no entorno, e outros espaços considerando-se um cenário simulado, selecionados a partir de três critérios: altura das edificações no entorno imediato, quantidade de arborização, e número de bancos existentes em cada espaço. As análises resultantes das simulações foram feitas através de mapas de visualização e dados quantitativos. Dentre os resultados referentes as análises com a configuração atual de edificações no entorno demonstraram que, no solstício de inverno, observou-se que 8% deles apresentaram mais de 50% de sua área com sombreamento durante um período entre três e cinco horas. Já as análises de cenário simulado demonstraram que o estudo de implantação de novas construções no entorno dos espaços públicos é importante e necessário, principalmente quando permitidas elevadas alturas em cidades como Curitiba, caracterizada por clima frio no inverno, quando é recomendado o amplo acesso solar. O método, objeto desta Tese, mostrou-se aplicável e confiável, podendo ser útil desde as etapas iniciais do planejamento urbano, como também para readequações de espaços existentes e como ferramenta de análise do impacto de novas edificações sobre os espaços públicos, ou até no estudo de parâmetros limítrofes de altura das edificações no entorno destes locais.

Palavras-chave: sombreamento. acesso solar. espaços públicos abertos. mapas de acúmulo de sombras. planejamento urbano.

ABSTRACT

Most Brazilian cities are undergoing a period of marked urbanization, increasing the urban density and the building height, changing the amount of solar access incident in public spaces. The objective of this work is to develop a method for analyzing, from satellite images, the impact of shading from surrounding buildings on open public spaces, in order to assist and provide subsidies from the urban planning stage, in view of the search for more qualitative results for the well-being of all the inhabitants of the city. Integrating open data, spatial data manipulation and simulation tools, for the proposed method validation shading estimates were made in different spaces in the city of Curitiba/PR, on winter and summer solstices, and spring equinox. As part of the process, different methods were also studied to obtain buildings height, one of them being developed in this work. Different types of spaces were analyzed for the current configuration of surrounding buildings and considering a future scenario, selected from three criteria: buildings height, amount of vegetation, and number of existing seats in each space. Results were observed through visualization maps and quantitative data. The analyses of the spaces with the current configuration of surrounding buildings showed that, in the winter solstice, 8% of the analyzed spaces had more than 50% of their shaded area with shading over a period of between three and five hours. On the other hand, the analysis of future scenarios has shown that the study of the construction of new buildings around open public spaces is important and necessary, especially when vertical growth is allowed in cities such as Curitiba, characterized by cold weather in winter, when solar access is largely recommended. The method, object of this Thesis, proved to be applicable and reliable, and can be useful from the initial stages of urban planning, as well as for readjustments of existing spaces, and as a tool to analyze the impact of new constructions of surrounding buildings, or even in study of boundary height parameters of buildings around these sites.

Keywords: shading. solar access. public open spaces. shadow accrual maps. urban planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de imóvel beneficiado pela lei <i>Ancient Light</i>	24
Figura 2 – Exemplo de modelagem de análise de sombreamento para o solstício de inverno – SEQR	25
Figura 3 – Análise do impacto do sombreamento de novas edificações no Central Park	26
Figura 4 – Simulação da projeção de nova edificação em torre sobre parque em Boston	27
Figura 5 – Simulação de sombreamento provocado por nova edificação em São Francisco	28
Figura 6 – Compilação de dados/informações geográficas	31
Figura 7 – PET – Variação do índice PET para os diversos níveis de sensação térmica e estresse	35
Figura 8 – Ângulos Solares – Altura solar e Azimute	36
Figura 9 – Laboratórios NOAA nos EUA	37
Figura 10 – Sugestão de índices urbanísticos para espaços livres	42
Figura 11 – Uso de pedestres em Copenhagen – Inverno e Verão	44
Figura 12 – Tempo de exposição à sombra em diferentes pontos - acúmulo de sombras	58
Figura 13 – Mapa de acúmulo de sombras para Nova Iorque no solstício de inverno e no solstício de verão	58
Figura 14 – Organograma geral das etapas propostas para a pesquisa	62
Figura 15 – Mapa de localização da cidade de Curitiba	63
Figura 16 – Variação das normais de temperaturas máxima e mínima – período 1.981-2.010	64
Figura 17 – Números de dias com temperaturas menores de 10°C e maiores de 25°C - Período 1.981-2.010	65
Figura 18 – Linha Verde – Curitiba/PR	68
Figura 19 – Mapa de bosques, parques e praças na cidade de Curitiba – em 2007	69
Figura 20 – Dados relacionados às Áreas Verdes e de Lazer em Curitiba	70
Figura 21 – Mapa dos zoneamentos selecionados e os respectivos espaços existentes	74
Figura 22 – Mapa de classificação dos zoneamentos selecionados de acordo com altura permitida	75

Figura 23 – Esquema demonstrativo da análise do critério quantidade de arborização	76
Figura 24 – Mapa de localização dos espaços públicos abertos de convívio selecionados para análise em seus respectivos zoneamentos classificados de acordo com a altura permitida	79
Figura 25 – Mapa de Localização dos espaços públicos abertos de convívio selecionados para análise em cenário simulado	81
Figura 26 – Organograma métodos de obtenção das alturas das edificações	82
Figura 27 – Medição da altura do edifício da Administração do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná – Plug-in <i>Google Earth Pro</i> [®]	84
Figura 28 – Estimativa de diferença nas projeções de sombra a partir de altura obtida <i>in loco</i> e através do <i>Google 3D</i> [®]	85
Figura 29 – Imagem de satélite da UFPR Centro Politécnico em diferentes datas	86
Figura 30 – Gráficos do relógio de sol para as cidades do Rio de Janeiro (superior) e São Paulo (inferior) gerados pela ferramenta online <i>SunEarthTools</i> , sobre a base do <i>Google Maps</i> [®] .	87
Figura 31 – Imagens de satélite das cidades do Rio de Janeiro (a) e São Paulo (b) com o gráfico do relógio de sol.	88
Figura 32 – Relação trigonométrica entre a altura solar e a dimensão da sombra	89
Figura 33 – Medição do comprimento das sombra pelo <i>Google Earth Pro</i> [®]	89
Figura 34 – Fluxograma etapas simulação sombreamento	92
Figura 35 – Método de obtenção da altura da sombra. Exemplo de grade de altura da sombra (m)	94
Figura 36 – Exemplo projeção de sombra sobre área verde em 24/06/2004 às 9h30min	94
Figura 37 – Simulação da sombra de Edifício da Imagem raster de São Paulo	95
Figura 38 – Sobreposição da sombra simulada sobre a imagem raster de São Paulo	96
Figura 39 – Estimativa de diferença nas projeções de sombra a partir de altura obtida <i>in loco</i> e através do método indireto	98
Figura 40 – Mapa de localização das praças selecionadas para validação do método de obtenção das alturas dos edifícios do entorno imediato	99
Figura 41 – Medição da sombra de edificação circundante na Praça Oswaldo Cruz na data de 20/11/2012	100
Figura 42 – Medição da sombra de edificação circundante na Praça do Japão na data de 21/05/2009	100

Figura 43 – Medição da sombra de edificação na Praça Generoso Marques na data de 02/05/2011	100
Figura 44 – Medição da sombra de edificação circundante no Jardim Ambiental Herval na data de 09/05/2014	101
Figura 45 – Vista aérea e Memorial da Praça do Japão em Curitiba	103
Figura 46 – Praça do Japão e edificações no entorno	104
Figura 47 – Ortofoto da praça e entorno	106
Figura 48 – Polígonos dos edifícios no entorno da Praça do Japão – Software QGIS	106
Figura 49 – Medição de altura dos edifícios no entorno da praça com o recurso 3D do <i>Google Earth Pro</i> [®]	107
Figura 50 – Polígonos dos edifícios no entorno da Praça do Japão e suas respectivas alturas - software R	108
Figura 51 – Simulação de sombreamento dos edifícios no entorno da Praça do Japão no horário das 15:00 horas no solstício de inverno (21/06/2016)– <i>Package Shadow</i> - Software R	108
Figura 52 – Mapa dos arquivos no formato <i>shapefile</i> de sombreamento dos edifícios no entorno da Praça do Japão das 8h as 16h no solstício de inverno (21/06/2016) – software QGIS	109
Figura 53 – Imagem arquivo formato <i>raster</i> de sombreamento dos edifícios no entorno da Praça do Japão no horário das 15:00 horas solstício de inverno 21/06/2016 - Software R	109
Figura 54 – Interface do plug-in de automatização “Shadow”	110
Figura 55 – Mapa de Elementos da Praça do Japão	111
Figura 56 – Mapa de acúmulo de sombras proveniente das edificações de entorno na Praça do Japão no solstício de verão	112
Figura 57 – Mapa de áreas atingidas pelas sombras em relação ao intervalo de horas no solstício de verão	113
Figura 58 – Mapa de acúmulo de sombras proveniente das edificações no entorno na Praça do Japão no equinócio de primavera	114
Figura 59 – Mapa de áreas atingidas pelas sombras em relação ao intervalo de horas no equinócio de primavera	115
Figura 60 – Mapa de acúmulo de sombras proveniente das edificações no entorno na Praça do Japão no solstício de inverno	116

Figura 61 – Mapa de áreas atingidas pelas sombras em relação ao intervalo de horas no solstício de inverno	117
Figura 62 – Mapas de Acúmulo de sombras na Praça do Japão - Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)	118
Figura 63 – Mapas de Zoneamento de Sombras na Praça do Japão – Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)	119
Figura 64 - Resumo dos Mapas dos espaços de números 1 a 6	121
Figura 65 - Resumo dos Mapas dos espaços de números 7 a 12	122
Figura 66 - Resumo dos Mapas dos espaços de números 13 a 18	123
Figura 67 - Resumo dos Mapas dos espaços de números 19 a 25	124
Figura 68 – Gráfico de análises do solstício de verão	127
Figura 69 – Análises do equinócio de primavera	128
Figura 70 – Análises do solstício de inverno	129
Figura 71 – Mapa resumo das análises dos espaços no solstício de verão	130
Figura 72 – Mapa resumo das análises dos espaços no solstício de inverno	131
Figura 73 – Mapa Praça da Ucrânia – Análise de cenário simulado	132
Figura 74 – Comparação dos Mapas de acúmulo de sombras na Praça Ucrânia – cenários atual e futuro - Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)	133
Figura 75 – Comparação dos Mapas de Zoneamento de Sombras na Praça Ucrânia – cenários atual e futuro - Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)	133
Figura 76 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários e épocas do ano na Praça Ucrânia	134
Figura 77 – Mapa Centro Esp. Arnaldo Faivro Busato 04 – Análise de cenário simulado	135
Figura 78 – Comparação dos Mapas de acúmulo de sombras no Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04 – cenários atual e futuro - Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)	135
Figura 79 – Comparação dos Mapas de Zoneamento de Sombras no Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04 – cenários atual e futuro - Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)	136
Figura 80 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários e épocas do ano no Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04	137

Figura 81 – Análise de lotes do entorno da Praça Cova da Iria situada no Polo da Linha Verde	138
Figura 82 – Previsão de edificações nos lotes no entorno com índices básicos da legislação	139
Figura 83 – Previsão de edificações nos lotes no entorno com Potencial adicional de construções	140
Figura 84 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários e épocas do ano na Praça Cova da Iria	141
Figura 85 – Comparação dos Mapas de acúmulo de sombras na Praça Cova da Iria – cenários índices básico e com Potencial Construtivo - Solstício de verão e Equinócio de Primavera, Solstício de inverno	141
Figura 86 – Comparação dos Mapas de Zoneamentos de Sombras na Praça Cova da Iria – cenários índices básico e com Potencial Construtivo - Solstício de verão (a), Equinócio de Primavera (b), e Solstício de inverno (c)	142
Figura 87 – Comparação das áreas atingidas pelo sombreamento nos diferentes espaços analisados de cenário simulado	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo dos estudos relevantes de fatores que podem influenciar o uso e permanência nos espaços públicos abertos	46
Tabela 2 – Padrões de movimento de usuários da praça e valores correspondentes de PET	53
Tabela 3 – Dados Normais Climatológicas - período 1.981-2.010	64
Tabela 4 – Análise dos zoneamentos da cidade de Curitiba/PR	72
Tabela 5 – Resumo dos zoneamentos selecionados	73
Tabela 6 – Sistema de Classificação dos critérios de seleção dos espaços	77
Tabela 7 – Resultado da avaliação dos espaços	77
Tabela 8 – Espaços selecionados	78
Tabela 9 – Espaços selecionados – análises de cenários futuros	80
Tabela 10 – Dados de medição <i>in loco</i> versus <i>Google Earth Pro 3D</i> [®]	84
Tabela 11 – Estimativa diferença entre as projeções de sombra a partir de altura obtida <i>in loco</i> e através do <i>Google 3D</i> [®]	84
Tabela 12 – Metadados das imagens	87
Tabela 13 – Dados para validação do método de obtenção das alturas das edificações de blocos da UTFPR	97
Tabela 14 – Estimativa diferença entre as projeções de sombra a partir de altura obtida <i>in loco</i> e através do método indireto	98
Tabela 15 – Comparativo do método indireto de obtenção de alturas de edificações com dados de medição a Laser	101
Tabela 16 – Comparativo entre as medições pelo método indireto e através do <i>Google Earth Pro 3D</i> [®]	102
Tabela 17 – Dados dos polígonos e suas respectivas alturas	107
Tabela 18 – Método de classificação da somatória Raster	110
Tabela 19 – Discriminativo de horas de sombra em relação à área da praça no solstício de verão	113
Tabela 20 – Resumo de horas de sombra e respectiva área da praça atingida no solstício de verão	114
Tabela 21 – Discriminativo de horas de sombra em relação à área da praça no equinócio de primavera	115

Tabela 22 – Resumo de horas de sombra e respectiva área da praça atingida no equinócio de primavera	116
Tabela 23 – Discriminativo de horas de sombra em relação à área da praça no solstício de inverno	117
Tabela 24 – Resumo de horas de sombra e respectiva área da praça atingida no solstício de inverno	118
Tabela 25 – Resumo de áreas da praça atingidas pelo sombreamento das edificações no solstício de verão, no equinócio de primavera, e no solstício de inverno	118
Tabela 26 – Resumo dos espaços e suas respectivas áreas atingidas pelo sombreamento	125
Tabela 27 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários na Praça da Ucrânia	134
Tabela 28 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários no Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04	136
Tabela 29 – Estudo de implantação de edificações no entorno para análise da Praça Cova da Íria situada no Polo da Linha Verde com índices básicos da legislação	138
Tabela 30 – Estudo de implantação de edificações no entorno para análise da Praça Cova da Iria situada no Polo da Linha Verde com Potencial adicional de construção	139
Tabela 31 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários na Praça Cova da Iria	140
Tabela 32 – Comparação das áreas atingidas pelo sombreamento nos espaços analisados de cenários futuro no solstício de inverno	143

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÔNIMOS E SIGLAS

CAD – DESENHO ASSISTIDO POR COMPUTADOR

CIC – CIDADE INDUSTRIAL DE CURITIBA

DXF – *DRAWING EXCHANGE FORMAT*

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

ESRL – *EARTH SYSTEM RESEARCH LABORATORY*

EUA – ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

FVC – FATOR DE VISÃO DO CÉU

GPS – SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL

GMT – *GREENWICH MEAN TIME*

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

INDE – INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

INPE/TOPODATA – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/BANCO DE DADOS GEOMORFOMÉTRICOS DO BRASIL

IPPUC – INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA

ITS – *THE INDEX OF THERMAL STRESS*

NBR – NORMA TÉCNICA BRASILEIRA

NOAA – *NATIONAL OCEANIC & ATMOSPHERIC ADMINISTRATION*

PDF – *PORTABLE DOCUMENT FORMAT*

PET – *PHYSIOLOGICAL EQUIVALENT TEMPERATURE* OU ÍNDICE DE TEMPERATURA FISIOLÓGICA EQUIVALENTE

PMV – *PREDICTED MEAN VOTE*

SBAU – SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA

SIG – SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

SMMA – SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

SEQR – *STATE ENVIRONMENTAL QUALITY REVIEW ACT*

SET – *STANDARD EFFECTIVE TEMPERATURE*

SRC – SISTEMA DE REFERÊNCIA DE COORDENADAS

T_{NE} – TEMPERATURA NEUTRA AO EXTERIOR

TS – *THERMAL SENSATION*

UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

UTFPR – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

UTC - *COORDINATED UNIVERSAL TIME*

UTM – *UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR*

WDC – *WORLD DESIGN CAPITAL*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	OBJETIVO GERAL	20
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.3	JUSTIFICATIVA	21
1.4	ESTRUTURA DE TESE	23
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	ACESSO SOLAR URBANO	24
2.2	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	30
2.2.1	Sensoriamento Remoto	32
2.3	VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E GEOMETRIA DA INSOLAÇÃO	32
2.3.1	Variáveis Climáticas e Índices de Conforto Térmico em Ambientes Externos	33
2.3.1.1	Índice PET – Índice da Temperatura Fisiologicamente Equivalente	34
2.3.2	Geometria da Insolação	35
2.3.2.1	NOAA - Cálculo do ângulo solar	37
2.4	ESPAÇOS PÚBLICOS	38
2.4.1	Funções e Atividades dos Espaços Públicos Abertos	40
2.4.2	Acesso Solar e Uso dos Espaços Públicos Abertos de Convívio	43
2.5	ESTUDOS RELEVANTES	45
2.5.1	Estudos com Enfoque em Fatores Ambientais, de Ergonomia e Design	45
2.5.1.1	Pesquisas de fatores climáticos e de conforto térmico	46
2.5.1.2	Pesquisas de sombreamento	50
2.5.1.3	Pesquisas de fatores ergonômicos e do design dos espaços	54
2.5.2	Estudos com Enfoque na Estimativa de Sombreamento e Acesso Solar em Espaços Públicos Abertos	55
2.5.3	Estudos com Enfoque no Cálculo da Altura das Edificações a Partir das Sombras Presentes em Imagens de Satélite	59
3	METODOLOGIA	61
3.1	DEFINIÇÃO DOS ESPAÇOS A SEREM ANALISADOS	63
3.1.1	Local de Estudo	63

3.1.2	Características do Clima	64
3.1.3	Características do Uso do Solo	65
3.1.4	Espaços Públicos Abertos em Curitiba	68
3.1.5	Método de Seleção dos Espaços Públicos Abertos de Convívio em Curitiba para Análise do Sombreamento em Cenário Atual	71
3.1.5.1	Seleção de Zoneamentos	71
3.1.5.2	Seleção dos espaços públicos abertos de convívio	75
3.1.6	Método de Seleção dos Espaços Públicos Abertos de Convívio em Curitiba para Análise do Sombreamento em Cenário Simulado	80
3.2	MÉTODOS PARA OBTENÇÃO DAS ALTURAS DAS EDIFICAÇÕES	81
3.2.1	Obtenção da Altura das Edificações Através de Métodos Diretos	83
3.2.1.1	Obtenção da altura das edificações in loco	83
3.2.1.2	Obtenção da altura das edificações através do Google Earth Pro®	83
3.2.2	Obtenção da Altura das Edificações Através do Método Indireto	85
3.2.2.1	Seleção de imagens aéreas do Google Earth Pro® – versão 7.1.5.1557	85
3.2.2.2	Estimativa do horário de captura da imagem – Relógio de Sol Virtual	86
3.2.2.3	Cálculo da estimativa da altura das edificações	89
3.3	FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE SOMBREAMENTO SOBRE ESPAÇOS PÚBLICOS ABERTOS	90
3.3.1	Softwares Escolhidos Para a Realização das Simulações	90
3.3.2	Simulação De Sombras A Partir do Software R	92
3.3.2.1	<i>Package Shadow</i> – pacote de sombra	93
3.3.3	Validação Do Método de Simulação de Sombreamento A Partir do Software R e <i>Package Shadow</i>	95
4	VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	97
4.1	VALIDAÇÃO DO MÉTODO INDIRETO DE OBTENÇÃO DAS ALTURAS DAS EDIFICAÇÕES	97
4.1.1	Comparação dos Resultados dos Métodos de Obtenção das Alturas das Edificações - Método Indireto e Estimativas de Altura Pelo <i>Google Earth Pro 3D</i> ®	102
4.1.2	Restrições/Limitações do Método de Obtenção das Alturas	103
4.2	VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE DE SOMBREAMENTO - ESTUDOS DA PRAÇA DO JAPÃO	103
4.2.1	Sequência de Etapas de Validação da Ferramenta - Estudo da Praça do Japão	105

4.2.1.1	Inserção dos dados de setorização no QGIS	105
4.2.1.2	Simulação do entorno no QGIS	105
4.2.1.3	Montagem da praça e seus elementos no QGIS	111
4.2.2	Avaliação da Quantidade de Sombreamento	112
4.2.2.1	Análises no solstício de verão	112
4.2.2.2	Análises no equinócio de primavera	114
4.2.2.3	<i>Análises no solstício de inverno</i>	116
4.2.3	Comparação da Quantidade de Sombreamento nas Três Datas Analisadas	118
4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS EM CENÁRIO ATUAL	119
4.3.1	Análises do Solstício de Verão	127
4.3.2	Análises do Equinócio de Primavera	128
4.3.3	Análises do Solstício de Inverno	129
4.3.4	Resumo Comparativo da Quantidade de Espaços Atingidos Pelo Sombreamento nas Três Datas Analisadas	130
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS EM CENÁRIOS SIMULADOS	132
4.4.1	Análises de Cenário Simulado da Praça da Ucrânia	132
4.4.2	Análises De Cenário Simulado do Centro Esportivo Arnaldo Busato 04	134
4.4.3	Análises de Cenário Simulado da Praça Cova da Íria	137
5 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES DE TRABALHOS		
FUTUROS		144
5.1	CONCLUSÕES	144
5.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	147
REFERÊNCIAS		149
APÊNDICE A – CÓDIGO ABERTO DA SIMULAÇÃO NO SOFTWARE R		157
APÊNDICE B – TABELAS DE ANÁLISE DOS ESPAÇOS PÚBLICOS ABERTOS DE CONVÍVIO NA CIDADE DE CURITIBA/PR		158
ANEXO A – GUIA AMARELA DE LOTE SITUADO NO ZONEAMENTO POLO DA LINHA VERDE		178

1 INTRODUÇÃO

Edificações com elevadas alturas são uma consequência da crescente urbanização, que não pode ser evitada, e aumento da densidade nas grandes cidades. Segundo Ibrahim (2007) são um produto de nosso tempo, resultado inevitável do crescimento da população e da intensificação da urbanização, construídos por necessidade para alcançar o desenvolvimento da alta densidade fornecendo a oportunidade de controlar a expansão urbana.

Baiz *et al.* (2016) salientam que este crescimento desenvolveu-se ainda mais nas últimas três décadas, afetando e impactando o meio que o permeia, pois ambos estão fortemente interligados. Entre os vários impactos podem ser citados alguns como a concentração da poluição do ar, mudanças no fluxos dos ventos e o sombreamento prolongado que afeta, além de outros, os espaços públicos como as ruas, jardins, praças e parques.

Segundo Wall e Waterman (2012) estas elevadas alturas afetam a quantidade de sol que pode incidir na rua, fecham os espaços urbanos, influenciam o equilíbrio da razão entre a altura e a largura das ruas e também impactam no desenvolvimento dos padrões de uso do solo, além de determinar a linha do horizonte e, conseqüentemente, parte da imagem da cidade.

Algumas grandes cidades já perceberam a importância e necessidade de se avaliar o impacto do sombreamento proveniente das edificações e com isto criaram normativas e métodos de análise para auxiliar no estudo de possíveis áreas impactadas, pode-se citar como exemplos algumas cidades, como São Francisco, Boston e Nova Iorque nos Estados Unidos, além de algumas cidades litorâneas no Brasil como Rio de Janeiro e Salvador.

Segundo Lodoba e De Angelis (2005) as cidades brasileiras, em sua grande maioria, passam também por um período de acentuada urbanização, fato este que reflete negativamente na qualidade de vida de seus moradores. A falta de um planejamento que considere os elementos naturais é um agravante para esta situação. Além do empobrecimento da paisagem urbana, são inúmeros e de diferentes amplitudes os problemas que podem ocorrer, em virtude da interdependência dos múltiplos subsistemas que coexistem numa cidade.

Por outro lado, outras cidades ainda não demonstram preocupação com as consequências da verticalização e do aumento da densidade urbana, e seu impacto sobre os espaços públicos abertos. Mesmo que esta preocupação já esteja presente na Lei Federal nº

10.257 (BRASIL, 2001) como parte integrante do Estatuto da Cidade, mais especificamente no Estudo de Impacto de Vizinhança, onde um dos tópicos a serem analisados é o de Conforto Ambiental que engloba os estudos de ventilação, iluminação, e poluição sonora e atmosférica (SCHVARBERG *et al.*, 2016), algumas cidades acabam promovendo mudanças nos planos diretores e venda de Potencial Construtivo, como por exemplo nas cidades de São Paulo e Curitiba/PR.

De acordo com Martins (2019), o projeto para a nova Lei de Zoneamento na cidade de Curitiba, em trâmite de aprovação na Câmara Municipal de Curitiba, tem o objetivo de estimular ainda mais o uso habitacional e comercial em algumas zonas específicas da cidade, aumentando a densidade urbana, com finalidade de assegurar recursos financeiros para atender demandas da cidade. A aquisição de Potencial Construtivo adicional, se aprovada, poderá ser feita por Outorga Onerosa do Direito de Construir, transferência do direito de construir e cotas de Potencial Construtivo. Segundo Rezende *et al.* (2009) as Outorgas surgiram como uma alternativa aos efeitos negativos da urbanização a partir da constatação das limitações de outros instrumentos, em especial o Zoneamento, no encaminhamento de soluções para os problemas das cidades.

Além disto, ainda não há consenso científico sistematizado em relação às diretrizes de desenho urbano em função do clima, como há normas para as edificações.

O estudo do impacto do sombreamento proveniente de edificações no entorno sobre os espaços públicos pode auxiliar e fornecer subsídios desde a etapa de planejamento urbano, tendo-se em vista a busca por resultados mais qualitativos para o bem-estar de todos os habitantes da cidade. Pode ser útil, por exemplo, no planejamento e desenvolvimento das cidades e dos espaços públicos, contribuindo para diversas análises.

Dados abertos, softwares específicos ou ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) livres, podem ser utilizados com a finalidade de auxiliar nestes estudos de impacto, gerando mapas de visualização do sombreamento incidente sobre os espaços que permitem diferentes tipos de análises espaciais e quantitativas, em diferentes períodos do ano.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um método para análise, a partir de imagens de satélite, do impacto do sombreamento proveniente de edificações no entorno imediato sobre espaços públicos abertos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Têm-se como objetivos específicos:

- Desenvolver um método para caracterização do sombreamento incidente sobre os espaços públicos abertos quanto a quantidade de horas de sombreamento provenientes das edificações no entorno imediato;
- Desenvolver um método para estimar as alturas das edificações a partir de imagens de satélite, levando em consideração o ângulo de incidência solar;
- Aplicar o plug-in desenvolvido como Trabalho Final de Graduação do curso de Engenharia Cartográfica por Costa (2018), com o intuito de automatizar parte do processo de geração dos mapas de sombreamento;
- Gerar mapas de visualização do sombreamento incidente sobre espaços públicos abertos de convívio na cidade de Curitiba, em datas e intervalos de horas específicos;
- Analisar o impacto do sombreamento em cenários simulados, em alguns espaços públicos abertos de convívio na cidade de Curitiba/PR, com projeção máxima de altura de futuras edificações baseando-se nas legislações atual e na atualização em trâmites de aprovação do município.

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Ibrahim (2007) os edifícios altos não vão deixar de serem construídos, pois faz sentido tanto economicamente quanto funcionalmente. As demandas por habitação resultaram em torres levantadas rapidamente, proporcionando lucros máximos, o que torna o edifício mais desejável e portanto mais valioso. Segundo o autor, o custo do terreno cria um efeito que eleva o custo por andar e cria o incentivo para construir edifícios mais altos. Quando executados, os responsáveis devem pensar em soluções para minimizar os riscos e impactos consequentes do projeto elaborado de forma que se integre bem ao ambiente, levando em consideração aspectos de escala, densidade, e altura entre outros.

Já Rehan e Islam (2015) afirmam que as análises de sombreamento são importantes como análise visual e para determinar o impacto de uma alta edificação no entorno. Segundo os autores, é útil também para os planejadores urbanos na tomada de decisões quando do planejamento de espaços públicos para verificar o impacto da quantidade e período de tempo de sombreamento sobre o local. Ainda segundo os autores, os planejadores precisam pensar em desenvolver uma estrutura urbana baseada no urbanismo bioclimático, nos efeitos de

sombra que causariam e isto levaria a uma densificação adequada da população e da funcionalidade urbana.

Benedet (2008) afirma que o contínuo crescimento das cidades faz com que a demanda por espaços livres aumente e estes assumam vital importância nos meios urbanos. Essa importância aumenta, quando se tratam de centros urbanos, onde a ocupação do solo é caracterizada por maciços edificadas de grande altura alojando um grande contingente de usuários. O mesmo autor também afirma que os aspectos relacionados a insolação, sombreamento, ventilação e acústica, que podem ocasionar sombreamento excessivo, falta de sombreamento, barulho intenso e falta de iluminação, devem ser levados em conta de modo a criar situações distintas para cada horário do dia e estação do ano, impedindo que interfira no uso dos espaços.

Gehl (2011) afirma que tanto a cidade como o planejamento urbano podem melhorar ou piorar o clima local, e assim criar uma melhor ou pior situação espacial geral. Segundo o autor o microclima adequado em áreas livres ou em rotas de pedestres, é crucial para o conforto externo, e para oferecer oportunidades de permanência e uso de espaços ao ar livre.

Yezioro *et al.* (2006) afirmam que para a avaliação do acesso solar, devem ser usados dados referentes a posição do sol em uma determinada localização geográfica e em um momento específico. Segundo os autores, a avaliação permite identificar quais são os elementos que moldam a sombra nos espaços públicos abertos. Como resultado, pode-se determinar onde os edifícios, ou os dispositivos de sombreamento dinâmico ou decíduos, como as árvores, devem estar localizados, a fim de obter sombreamento somente durante a estação quente.

Portanto, o método proposto nesta Tese, que se utiliza de softwares livres de simulação para estimar, compreender, analisar e visualizar o sombreamento proveniente das edificações sobre alguns espaços públicos abertos de convívio na cidade de Curitiba, tem o intuito de ser replicável, sendo que os estudos similares internacionais se utilizam somente de ferramentas/software proprietários. Por ser um método que integra simulações que podem ser executadas em parte de forma automatizada, torna-se um processo menos laborioso, permitindo 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 as análises desejadas.

1.4 ESTRUTURA DE TESE

O estudo é dividido em cinco capítulos:

Capítulo 1 – Introdução

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica

Capítulo 3 – Metodologia

Capítulo 4 – Validação dos métodos e análises dos resultados

Capítulo 5 – Conclusões, limitações e sugestões de trabalhos futuros

No primeiro capítulo da tese são apresentadas as reflexões iniciais que enfocam a importância da análise de sombreamento resultante das edificações sobre os espaços públicos abertos, bem como os objetivos, as justificativas e a estrutura deste trabalho.

O segundo capítulo é dedicado à fundamentação teórica com enfoque em temas pertinentes a pesquisa como o acesso solar urbano, as variáveis e índices climáticos, a geometria da insolação, os espaços públicos abertos, e apresentação de alguns dos trabalhos relevantes na área.

O terceiro capítulo, apresenta a metodologia proposta, ou seja, a sequência das etapas da pesquisa, que estão divididas em três partes: a primeira que apresenta a metodologia de seleção dos espaços que serão analisados, a segunda parte que apresenta os métodos para obtenção das alturas das edificações, e a terceira parte que apresenta a metodologia do desenvolvimento e aplicação da ferramenta de avaliação do nível de sombreamento.

No quarto capítulo do estudo são apresentadas: a validação de métodos desenvolvidos no estudo, as análises dos resultados de avaliação da quantidade de sombreamento incidente sobre os espaços selecionados e posterior classificação dos mesmos, e por fim as análises de cenários simulados de alguns espaços públicos abertos de convívio na cidade de Curitiba/PR.

No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões, limitações do estudo, e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ACESSO SOLAR URBANO

Desde o ano 1663, na Inglaterra, o direito ao acesso solar foi instituído através da chamada lei *Ancient Light*. Sua forma atual é baseada no *Prescription Act 1832*, que dá aos proprietários o direito de continuar recebendo luz natural através de uma janela, se essa tiver recebido luz natural pela mesma ininterruptamente há pelo menos 20 anos (Figura 1). Uma vez que uma pessoa ganhe este direito, o dono do terreno adjacente não pode obscurecê-la, construindo um prédio, levantando uma parede ou plantando árvores (KAUSHILK, 2017).

Figura 1 – Exemplo de imóvel beneficiado pela lei *Ancient Light*



Fonte: KAUSHILK (2017).

Segundo Piaskowy e Krüger (2015) a verticalização dos edifícios principalmente ao longo de um eixo estrutural, também chamado de cânion urbano, acarreta no impacto microclimático ao formar ilhas de calor urbanas, em efeitos diversos como o aumento do ruído, e no acesso limitado à luz natural.

Ainda quanto aos cânions urbanos, Andreou (2014) afirma que parâmetros como o padrão de ruas, a relação entre a altura dos edifícios e a largura das ruas, e a orientação solar, também determinam o nível do acesso solar e as condições de sombreamento.

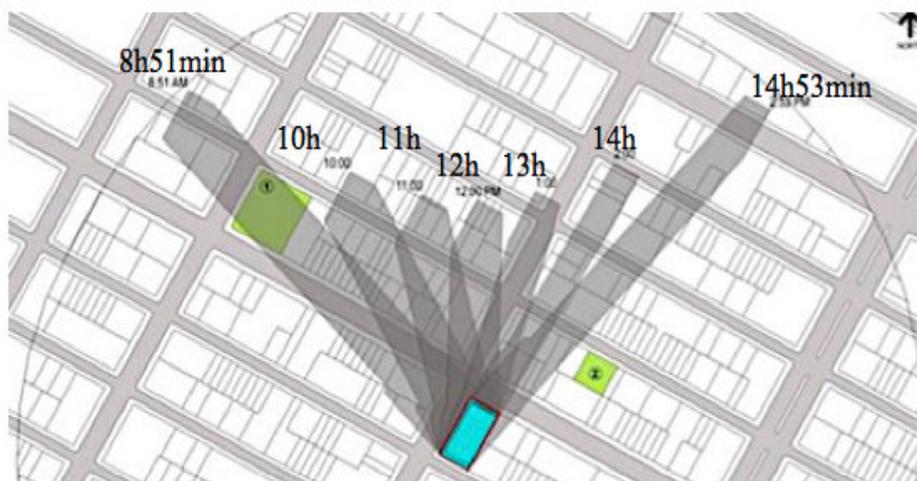
Whyte (2001), ainda em seus primeiros estudos na América do Norte na década de 1980, sugeriu que o acesso solar deveria ser resguardado em espaços públicos abertos, e que deveria haver a venda de parte dos direitos de construção, para a geração mínima de sombras provenientes de edificações nestes espaços, pois o acesso solar e a exposição solar são fatores-chave na criação de ambientes atraentes para a reunião de pessoas nestes espaços.

Desde os anos 80, a cidade de São Francisco, nos Estados Unidos (EUA), estabeleceu de forma pioneira que novas construções não podem projetar sombras em parques entre uma hora após o nascer do sol até uma hora antes do pôr do sol (BOSELNANN *et al.*, 1988 *apud* NIKOLOPOULOU *et al.*, 2001).

Posteriormente, na década de 1990, algumas outras cidades começaram a pensar nos grandes efeitos do sombreamento provenientes das edificações nos espaços públicos. No ano de 1993, a cidade de Nova Iorque desenvolveu um manual, intitulado *City Environmental Quality Review*, que tem como objetivo oferecer diretrizes para avaliação ambiental, revisado em 2001, 2010 e 2012, e 2014 (USA, 2014). Este manual resultou em uma lei intitulada Lei de Revisão da Qualidade Ambiental do Estado de Nova Iorque (*State Environmental Quality Review Act - SEQR*) que exige que todas as agências governamentais, estaduais e locais, considerem impactos ambientais com fatores sociais e econômicos ao decidir aprovar ou realizar uma ação.

Nesse manual, dentre os vários aspectos analisados, um capítulo é dedicado exclusivamente ao sombreamento, com o objetivo de avaliar se novas construções poderiam lançar sombras sobre espaços acessíveis ao público e avaliar seu impacto. Estratégias e alternativas de intervenções com o intuito de diminuir ou remediar possíveis problemas também são apresentadas e devem ser examinadas quando identificados impactos de sombra significativos. A avaliação de sombreamento é necessária apenas se o projeto: (a) se refere a nova construção ou a adição de altura, em 15 metros ou mais, em edificações existentes ou (b) estejam localizados adjacentes para, ou do outro lado da rua, de um espaço público aberto sensível à luz solar. Um dos requisitos é a execução de uma modelagem em 3D nas datas dos solstícios e equinócio (Figura 2) (USA, 2014).

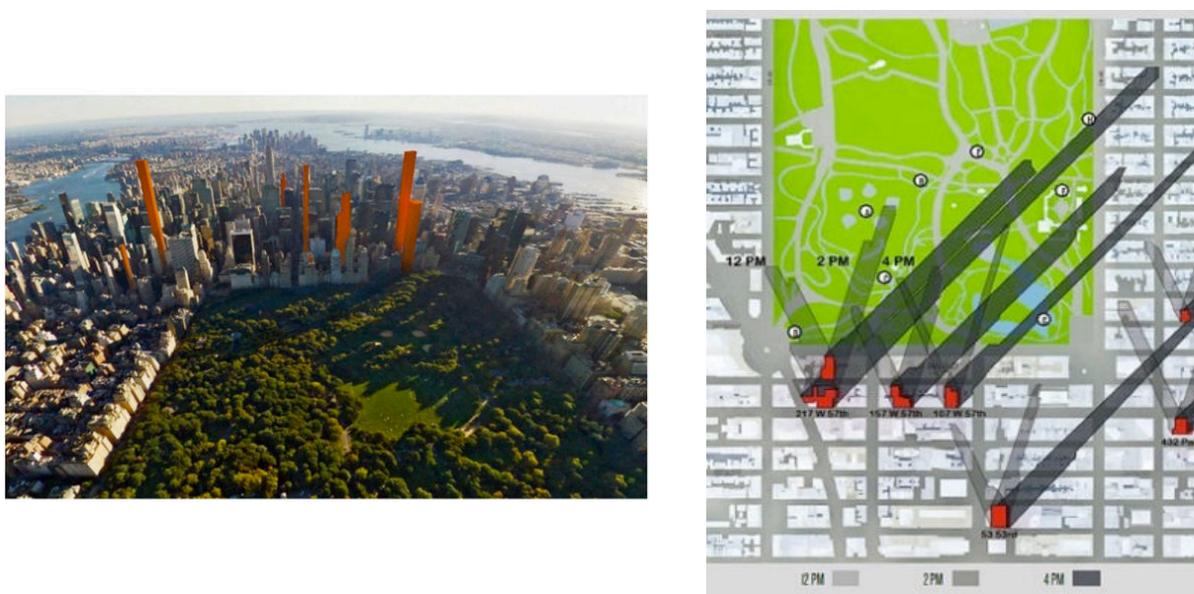
Figura 2 – Exemplo de modelagem de análise de sombreamento para o solstício de inverno – SEQR



Fonte: USA (2014).

Outro exemplo referente ao cuidado quanto ao nível de sombreamento provenientes de edificações, incidente em espaços públicos abertos na cidade de Nova Iorque, é a participação ativa da associação *Central Park Sunshine Task Force* que tem como missão avaliar o impacto de nova construções no entorno do *Central Park* (Figura 3), e fazer recomendações de mudanças políticas para que as Leis de Zoneamento da cidade atendem adequadamente às novas tendências e técnicas de construção para edifícios extremamente grandes e altos, a fim de proteger o acesso vital dos nova-iorquinos ao ar e ao sol luz (USA, 2019).

Figura 3 – Análise do impacto do sombreamento de novas edificações no Central Park



Fonte: Municipal Art Society *apud* Manhattan Community Board Five (2019).

Desde a década de 1990, também a cidade de Boston nos Estados Unidos, devido ao crescimento no número de construções, demonstrou preocupação quanto a quantidade de sombras provenientes das edificações projetadas sobre os espaços públicos como parques e praças. Leis estaduais restringiram novos edifícios fora do distrito do centro da cidade de lançar sombras em jardins e parques por mais de uma hora por dia (SEELYE, 2017).

Novos empreendimentos no entorno do Jardim Público da cidade de Boston foram cenário de estudos de projeções de sombras (Figura 4) realizados pelo desenvolvedor do projeto, onde foi possível averiguar as sombras que uma torre proposta lançaria durante uma parte do ano sobre o local (LEUNG, 2017).

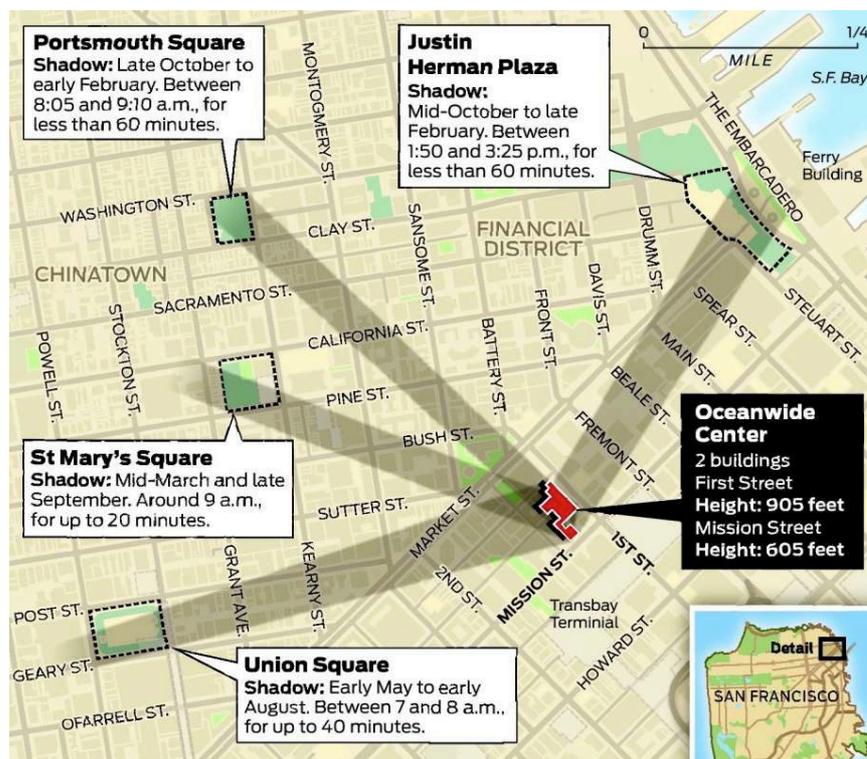
Figura 4 – Simulação da projeção de nova edificação em torre sobre parque em Boston



Fonte: LEUNG (2017).

Outro caso de análise de bloqueio solar, foi realizada para São Francisco (USA), onde se planejava construir um complexo de hotel, escritório e condomínio, projetado pelo arquiteto Norman Foster, o complexo *Oceanwide Center*, o qual incluiria dois arranha-céus, sendo uma torre residencial com aproximadamente 185 metros de altura e um complexo com hotel, residências e escritórios com aproximadamente 260 metros de altura. O mais alto dos dois edifícios seria o segundo mais alto da cidade, ultrapassado apenas pela Torre *Salesforce*, que está em construção e alcançará quase 300 metros de altura. Mas os críticos argumentam que os benefícios econômicos não justificam uma violação da Proposição K de 1984 - a Portaria da Luz do Sol - que impede a construção de qualquer edifício com mais de 12 metros que produza sombra adversa em espaços públicos de recreação e parques, a menos que a Comissão de Planejamento decida que a sombra é insignificante. O projeto em questão lançaria uma sombra na Praça Portsmouth, em *Chinatown*, entre 8h05 e 9h10 do final de outubro até o início de fevereiro (Figura 5), sombrearia também a Praça da Santa Maria, no mesmo bairro, em março e setembro, e também projetaria sombra em outra praça local, Justin Herman Plaza, desde meados de outubro até o final de fevereiro, e na Union Square desde o início de maio até o início de agosto (DINEENN, 2016).

Figura 5 – Simulação de sombreado provocado por nova edificação em São Francisco



Fonte: *San Francisco Planning Department apud Dineenn (2016).*

A proposta K foi aprovada pelos cidadãos de São Francisco em votação, em junho de 1984, em resposta a uma crescente preocupação com o impacto das sombras dos edifícios nos espaços públicos abertos da cidade. As análises de sombra são baseadas em um ano solar, de 21 de junho a 21 de dezembro para fornecer uma amostra de ângulos de sol representativos ao longo do ano solar. A unidade de medida de análise de sombras usado é denominada *Square-foot-hours*, onde 01 *square-foot-hours* corresponde a 0,09m² de espaço que o espaço público está à luz do sol por uma hora. O total de *Square-foot-hours* de sol ou o total de área acessível ao sol de um parque em São Francisco é determinado pela multiplicação do tamanho do parque em metros quadrados por 3.721, que é o número total de horas durante todo o ano entre uma hora após o nascer e uma hora antes do pôr-do-sol. São preferíveis sombras menores, e devem ser feitos esforços para evitar sombras nas áreas do parque onde o uso existente ou futuro do parque é intenso e onde uma nova sombra poderia ter efeitos prejudiciais na vegetação do parque (CALIFORNIA, 2017).

No Brasil, algumas cidades litorâneas preocupam-se também com o sombreado proveniente das edificações incidentes na orla marítima. Pode-se citar como exemplos as cidades do Rio de Janeiro, de Salvador e de Camboriú.

A cidade do Rio de Janeiro regulamentou, através do Decreto Nº 20.504 de 13 de setembro de 2001 (RIO DE JANEIRO, 2001), a análise e limites máximos de sombreamento de edificações permitidos nas praias municipais, considerando que os estudos de sombra, efetuados pela SMAC – Secretaria Municipal de Meio Ambiente, comprovaram a necessidade de estabelecer horários de sombreamento aceitáveis, tendo em vista que a inclinação dos raios de sol, nas primeiras horas da manhã e do entardecer, gera sombra com comprimento superior à altura do elemento edificado, tendendo ao infinito. Sendo que para obter o licenciamento de construção, entre outros itens, deve ser apresentado um estudo de sombras contendo gráfico de projeção da edificação na faixa de areia da praia, nas seguintes situações:

a) no equinócio de primavera ou de outono, no solstício de inverno, no intervalo das 7h às 10h e das 14h às 17h;

b) no solstício de verão no intervalo das 6h às 10h e das 15h às 19h.

Não sendo admitida, em nenhuma hipótese, a projeção de sombras provenientes de edificações a serem construídas na orla marítima sobre a faixa de areia das praias, incluindo o calçadão, quando houver ou constar projetado, nos períodos de:

I - solstício de inverno – das 8h até às 16h.

II - equinócio de primavera e de outono – das 7h30min até às 16h30min.

III - solstício de verão – das 7h até às 17h.

Em Salvador, a Lei 7.400 de 20 fevereiro de 2008, estabelece como diretriz o controle das alturas das edificações limitando o sombreamento das praias no horário compreendido entre 8h e 16h. Também estabelece os ângulos limites para as alturas das edificações em relação às praias buscando simplificar o cálculo da sombra produzida pelas edificações nos solstícios de verão e inverno. Já o Decreto nº 21.543, de 18 de janeiro de 2011, solicita que os projetos de empreendimentos localizados em áreas da Borda Marítima devam apresentar o estudo que demonstre o sombreamento gerado pela edificação com base em cartas solares, levando-se em conta a latitude, os azimutes das sombras e a altura do sol para os solstícios de verão e inverno para todas as horas compreendidas entre 8h e 16h daquelas datas. O comprimento da sombra deve ser calculado através de uma fórmula dada que engloba a altura da edificação até o limite máximo estabelecido no Mapa nº 08 da Lei nº 7.400/08 e de um Fator de Sombra fornecido no mencionado Decreto levando em consideração o solstício, os horários e o azimute (BAHIA, 2011).

Em Camboriú, Santa Catarina, arranha-céus de até 280 metros de altura têm provocado zonas de sombreamento na área da praia, a partir do meio da tarde (BATCHTOLD, 2015).

Já a Prefeitura de Itapema, Santa Catarina, encaminhou à Câmara de Vereadores, no final do ano de 2017, um projeto de lei que institui a autorização para que as construtoras aumentem o volume das obras, em troca do pagamento de taxas ao município. A área mais valorizada de Itapema, hoje, tem limites de sete andares para a primeira quadra após a praia, e de até 13 andares para a segunda. O projeto deixa de lado a limitação, mas virá acompanhado de outra proposta, para evitar que a sombra tome conta da praia. O projeto de Lei do Cone de Sombreamento prevê cálculos que demonstrem o ângulo da sombra dos edifícios sobre a areia e o mar, e estabeleçam até onde as construções podem crescer. O parâmetro será o sol das 16h do dia 31 de dezembro, no auge do verão. A proposta de estudar o cone de sombreamento antes da aprovação de edifícios em Itapema evitará o fenômeno da sombra dos prédios na Praia Central de Balneário Camboriú (SPAUTZ, 2017).

Segundo Miranda *et al.* (2017), ainda existem poucas análises de projeções de sombras sendo feitas com o intuito de avaliar o impacto de novas construções principalmente devido à não disponibilidade das ferramentas necessárias. Ferramentas estas baseadas principalmente em Sistemas de Informações Geográficas.

2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

De acordo com Huisman e By (2009), SIG – Sistemas De Informações Geográficas, é um sistema que fornece conjuntos de recursos para manipular dados georreferenciados.

Segundo Soares (2002) são usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos. São sistemas automatizados que comportam diferentes tipos de dados e aplicações, em várias áreas de conhecimento. São utilizados para otimização de tráfego, controles cadastrais, gerenciamento de serviços de utilidade pública, levantamento demográfico, sistema de cartografia digital, administração de recursos naturais, monitoramento costeiro, controle de epidemias, planejamento urbano, entre outras aplicações.

Essas informações geográficas podem conter tanto uma referência geográfica explícita, tal como latitude e longitude, como também uma referência implícita, tal como um endereço, código postal, identificador de floresta, nome de uma estrada etc. (Figura 6).

Existem vários softwares de SIG disponíveis no mercado sendo softwares proprietários e livres. Dentre os softwares proprietários, o mais conhecido é o ArcGIS[®], mas podem ser citados igualmente Visual SIG e o Transcad entre outros. Já dentre os softwares livres, pode-se citar o QGIS, SAGA GIS e SPRING.

Figura 6 – Compilação de dados/informações geográficas



Fonte: Icarto.com (2017).

De acordo com Soares (2002), os Sistemas de Informação Geográfica possuem três componentes principais: hardware, conjunto de softwares aplicativos e um contexto organizacional apropriado incluindo pessoal capacitado. Nele é possível associar informações ou atributos (dados não-geográficos) com lugares (dados geográficos).

O hardware de um SIG é composto do computador com sua capacidade de armazenamento para os dados e programas; uma mesa digitalizadora ou um scanner, usados para converter mapas e documentos na forma a serem usados pelos programas aplicativos; e um plotter ou impressora ou algum tipo de dispositivo de saída usado para apresentar o resultado do processamento dos dados. O Software de SIG pode ser dividido em 5 componentes funcionais:

- Entrada de Dados e Verificação;
- Armazenamento de Dados e Gerenciamento de Banco de Dados;
- Saída de Dados e Apresentação;
- Transformação dos Dados;
- Interface com o usuário.

Como exemplos de instituições que disponibilizam informações espaciais pode-se citar IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, INPE/TOPODATA – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, Águas Paraná e o INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Além do *OpenStreetMap*, um exemplo de dados colaborativos disponíveis a todos de forma aberta.

Estes sistemas trabalham com diferentes tipos de dado, sendo eles: Dados Vetor e Dados Raster. Onde o chamado Dado do Vetor, ou arquivo no formato *shapefile*, é armazenado como uma série de coordenadas pares X e Y, usada para representar pontos, linhas e áreas, e podem conter informações relacionadas ao dado, os chamados atributos

vetoriais. Já os dados raster, ou arquivo formato raster, são armazenados como uma grade de valores, compostos por linhas (horizontais) e colunas (verticais) de pixels, um exemplo são as imagens de satélite disponibilizadas por meio de Sensoriamento Remoto (QGIS, 2017).

2.2.1 Sensoriamento Remoto

Existem algumas plataformas que disponibilizam, sob licenças de uso, imagens de sensoriamento remoto em alta resolução, porém com metadados restritos, entre eles o *Bing Maps*, o *Google Earth*[®] e o *Google Maps*[®]. Os dois últimos possuem a mesma base, que são imagens de satélite adquiridas de grandes empresas como, por exemplo, a *Digital Globe*[®]. Enquanto o *Google Maps*[®] é acessado através de um navegador, tem configuração bidimensional e sua função principal é mais para o serviço de busca de informações, o *Google Earth*[®] é um aplicativo que deve ser baixado e instalado no disco rígido do computador e nele é possível se obter vistas tridimensionais. Já o *Bing Maps*[®] é um dos concorrentes do *Google Maps*[®], sendo um serviço ofertado pela Microsoft, oferecendo imagens de satélite e ortofotos. Sua cobertura varia de acordo com a região, sendo mais detalhada nos EUA e Reino Unido. Existem também outras plataformas gratuitas de acesso a imagens de satélite, como as do INPE, da NASA, e da Agência Espacial Europeia.

2.3 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E GEOMETRIA DA INSOLAÇÃO

As exigências humanas do conforto térmico estão relacionadas com o funcionamento do organismo humano, cujo mecanismo deve estar sempre produzindo calor para manter sua temperatura interna na ordem de 37°C (homeotermia). O conforto térmico pode ser conseguido quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maior esforço (NAKATA, 2010).

Para melhor entender os padrões de conforto humano, é preciso se reportar às variáveis de conforto térmico, que podem ser divididas em variáveis humanas e variáveis ambientais ou climáticas. As últimas estão diretamente relacionadas às variáveis climáticas, coletadas no ambiente através de medições ou calculadas através de dados coletados. As variáveis humanas estão relacionadas às atividades, à vestimenta e à complexidade física dos indivíduos (GIRALT, 2006).

Já a geometria da insolação lida com os aparentes caminhos do sol no céu e sua localização em diferentes datas e horários, em relação aos planos e volumes no espaço. A proximidade do Sol e o ângulo de incidência das radiações solares, em cada época do ano

contribuem na determinação de uma das variáveis climáticas, a temperatura, que é o elemento principal na composição do clima.

2.3.1 Variáveis Climáticas e Índices de Conforto Térmico em Ambientes Externos

Givoni (1976, *apud* ROMERO, 2000) afirma que o clima de uma dada região é determinado pelo padrão das variações dos vários elementos e suas combinações, destacando que as principais variáveis ou elementos climáticos que devem ser considerados no conforto humano são: radiação solar, comprimento de onda da radiação, temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações.

Segundo Lin *et al.* (2010), as variáveis climáticas afetam avaliações de conforto térmico, por exemplo, percepção térmica, preferência e satisfação. Influenciando, de acordo com Thorsson *et al.* (2007), na quantidade de tempo que cada pessoa permanece nos lugares. Quanto mais confortáveis as condições térmicas percebidas, mais tempo as pessoas gastam nos diferentes lugares.

Diferentes características da forma urbana afetam as variáveis climáticas, produzindo modificações no clima. Entre elas podem ser citadas a porcentagem de área pavimentada, a porcentagem de cobertura vegetal, a topografia, a orientação de ruas, a natureza das superfícies, densidade e altura das edificações. Estas duas últimas, atuando juntas ao projetarem sombra sobre os espaços públicos, produzem modificações no microclima como, a diminuição da temperatura e aumento da umidade do ar. Os mesmos são responsáveis também pela criação de massas térmicas que conservam calor, aumentando a temperatura, e pela maior reflexão de radiação solar para os pedestres nos espaços públicos (GIRALT, 2006).

De acordo também com Lin (2009), o ambiente térmico externo é impactado pelo ambiente construído no entorno, pelo sombreamento proveniente de árvores e objetos artificiais, pelo calor antropogênico, pelos diferentes tipos de cobertura da superfície do sol, por exemplo, pavimentações, pela evaporação e pela evapotranspiração de plantas.

Alguns fatores influenciam no uso e ocupação dos espaços públicos abertos de permanência, tais como os fatores climáticos e de conforto térmico, o acesso solar, a ergonomia e o design dos espaços, por esta razão vários são os estudos desenvolvidos nesta área. Segundo Nikolopoulou *et al.* (2001), a não condição de conforto pode provocar a sensação de angústia nos usuários do espaço público aberto, levando-os a evitar o uso dessas áreas. Os que analisam os fatores climáticos, em diferentes países e zonas climáticas, utilizam-se de índices de conforto para correlacionar o uso ao ambiente térmico.

O acesso solar, um dos fatores acima citados, pode incentivar a ocorrência de atividades ao ar livre e contribuir com o ciclo de crescimento da vegetação, já o sombreamento pode afetar o uso dos espaços públicos abertos (USA, 2014). Bui e White (2017) afirmam que o acesso solar e o sombreamento formam o caráter e o ritmo dos espaços públicos. Eles têm o poder de controlar o fluxo de tráfego de pedestres nas ruas e decidir quais praças terão atividade e comércio e quais ficarão improdutivas e desertas.

De acordo com Kántor e Unger (2010), para que se avaliem as condições de conforto e estresse térmico (para o frio ou para o calor) de um local de forma objetiva, é necessária a utilização de índices, os quais devem ser calculados a partir de parâmetros meteorológicos que influenciam a sensação térmica.

Os índices estabelecem zonas de conforto levando em consideração as variáveis humanas referentes aos usuários dos espaços, bem como as variáveis climáticas (GIRALT, 2006). Kántor e Unger (2010) afirmam que essas últimas são diretamente medidas no local ou simuladas por modelos numéricos. Se não houver uma estação micro meteorológica móvel disponível para medir a temperatura do ar, a umidade do ar, a velocidade do vento, bem como a radiação térmica (solar e terrestre) do nível do pedestre os dados da estação estacionária automática mais próxima podem ser usados.

Existem diversos índices que são usados para avaliação da situação de conforto e estresse térmico em espaços públicos abertos, entre eles o PMV – *Predicted Mean Vote*, ITS – *The Index of Thermal Stress*, PET – *Physiological Equivalent Temperature*, T_{NE} – Temperatura Neutra ao Exterior, TS – *Thermal Sensation*, SET – *Standard Effective Temperature*, entre outros (GIRALT, 2006).

2.3.1.1 Índice PET – Índice da Temperatura Fisiologicamente Equivalente

O PET ($^{\circ}\text{C}$), ou temperatura fisiologicamente equivalente (*Physiological Equivalent Temperature*), é um índice universal para caracterizar o bioclima térmico. É também usado para a avaliação das condições térmicas fisiologicamente significativas (MATZARAKIS *et al.*, 1999).

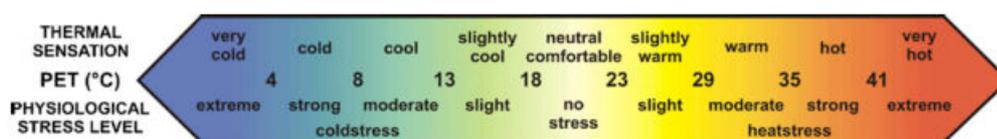
Adaptado às condições externas, considera as variáveis climáticas: temperatura, umidade do ar e velocidade do vento, temperatura radiante média, baseado na equação de equilíbrio térmico humano em estado de uniformidade, metabolismo de trabalho e vestimenta (NAKATA, 2010). Quanto as variáveis humanas, os valores calculados de PET podem ser calculados para uma pessoa padrão: 1.75m, 75kg, 35 anos de idade (KÁNTOR, UNGER, 2010).

O cálculo do índice pode ser realizado com a ajuda do modelo de radiação e bioclima *RayMan* desenvolvido de acordo com a Diretriz 3787 da *Verein Deutscher Ingenieure - VDI* (MATZARAKIS *et al.*, 2007, 2010).

O índice é calculado como aquela temperatura do ar para a qual o balanço de energia para as condições supostas desse ambiente interno fictício está em equilíbrio com a mesma temperatura média da pele e mesma taxa de sudação que as calculadas para as condições reais externas. De acordo com sua definição, valores de PET próximos de 20°C podem ser caracterizados como confortáveis (GIRALT, 2006).

De acordo com Matzarakis *et al.* (1999) as faixas de conforto podem variar de 4°C (estresse para o frio extremo) até 41°C (estresse para o calor extremo), passando pela faixa de conforto (sem estresse térmico) localizada entre 18°C e 23°C, (Figura 7).

Figura 7 – PET – Variação do índice PET para os diversos níveis de sensação térmica e estresse



Fonte: KÁNTOR e UNGER (2010).

2.3.2 Geometria da Insolação

No movimento de translação, a Terra percorre sua trajetória elíptica em um plano inclinado de 23°27' em relação ao plano do equador, definindo as estações nos dois hemisférios terrestres, pelos solstícios de verão e de inverno e pelos equinócios (LAMBERTS *et al.*, 1997).

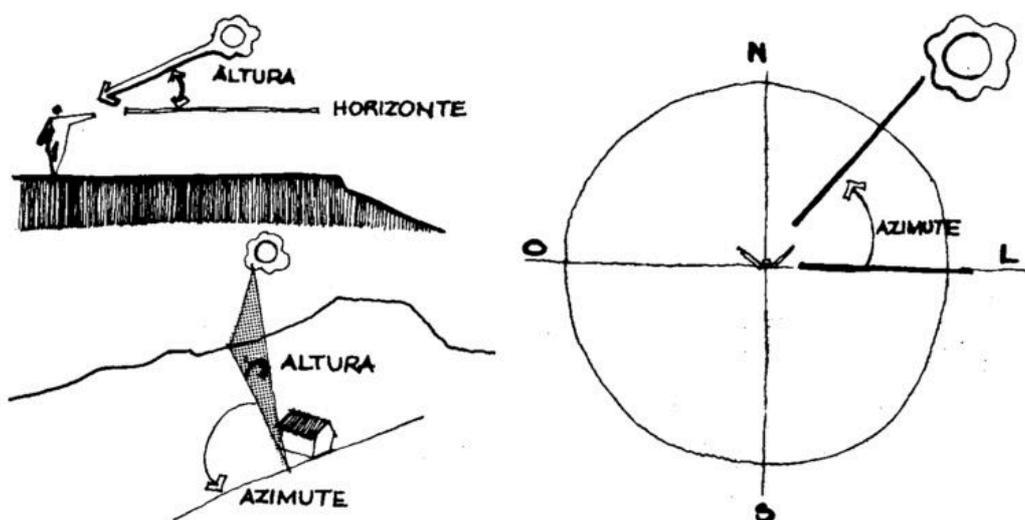
Já a latitude, a longitude e a altura sobre o mar são as coordenadas que determinam a posição de um ponto da superfície terrestre. A latitude sempre é referida à linha do Equador terrestre. Tomando como ponto de partida o Equador, a temperatura média do ar esfria-se paulatinamente para os Polos, mas o esfriamento não é constante. As isotermas não seguem rigorosamente os paralelos, desviando-se pelo efeito da altura, ventos, correntes marinhas e outros fatores do clima. Segundo Fitch (1971), o principal fator geográfico no meio é expresso pela latitude, já que sua distância a partir da linha do Equador determina a quantidade de energia solar que cada ponto vai receber (ROMERO, 2000).

De acordo com Frota e Schiffer (2001), na linha do Equador (Latitude 0°) a duração dos dias é igual à das noites. Nas localidades situadas nos trópicos (Latitude 23½°) o Sol apresenta a peculiaridade de estar a pino no solstício de verão ao meio dia. Em latitudes

intermediárias entre o Equador e o Trópico, terá o Sol a pino duas vezes por ano. As latitudes superiores a $23\frac{1}{2}^{\circ}$ se caracterizam por não ter o sol a pino em nenhuma data. Quanto maior a latitude, menor a quantidade de radiação solar e, portanto, temperaturas do ar menos elevadas.

Frota e Schiffer (2001) afirmam que para determinar a direção da radiação é necessário localizar a posição do sol por meio de dois ângulos: azimute e altura solar. O azimute é medido no plano do horizonte, a partir da direção norte. Já a altura solar é dada pelo ângulo entre o raio de sol e sua projeção no plano horizontal (Figura 8).

Figura 8 – Ângulos Solares – Altura solar e Azimute



Fonte: ROMERO (2000).

Para o cálculo da altura solar (α) são necessários valores de algumas variáveis relativas à Astronomia de Posição e à subsequente aplicação de equações, como, por exemplo, a partir da equação a seguir (Eq. 1):

$$\text{sen } \alpha = \text{sen } d \times \text{sen } f + \text{cos } d \times \text{cos } f \times \text{cos } w \quad (1)$$

Sendo:

α – altura solar

d - (delta) declinação solar em graus

f - latitude

w – ângulo horário

Algumas derivações do cálculo da altura solar são encontradas na literatura, entre elas a disponibilizada no meio digital pelo NOAA (*National Oceanic & Atmospheric Administration*).

2.3.2.1 NOAA - Cálculo do ângulo solar

NOAA – Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (*National Oceanic & Atmospheric Administration*), criada em 1970, é parte do Departamento de Comércio dos Estados Unidos. Organização americana que cuida de assuntos sobre meteorologia, atmosfera, clima, oceanos, e conduz pesquisas para melhorar a compreensão do meio-ambiente, tem como missão compreender e prever as mudanças climáticas, oceânicas e costeiras, compartilhar esse conhecimento e informação com os outros e conservar e gerenciar os ecossistemas e recursos costeiros e marinhos.

Os Laboratórios de Pesquisa da NOAA, localizados nos EUA, conduzem um programa integrado de pesquisa, desenvolvimento de tecnologia e serviços para melhorar a compreensão da atmosfera da Terra, oceanos e águas interiores e para descrever e prever mudanças que ali ocorrem (Figura 9). Dentre eles pode-se citar o ESRL – *Earth System Research Laboratory*, que tem como objetivo buscar uma compreensão ampla e abrangente do sistema terrestre. Dentro do ESRL, a Divisão de Monitoramento Global da NOAA /ESRL da realiza observações e pesquisas relacionadas às forças de fontes e dissipadores, tendências e distribuições globais de constituintes atmosféricos que são capazes de forçar a mudança no clima da Terra através da modificação do ambiente radiativo atmosférico, aqueles que podem causar esgotamento da camada global de ozônio, e aqueles que afetam a qualidade do ar (USA, 2016).

Figura 9 – Laboratórios NOAA nos EUA



Fonte: USA (2016).

Este laboratório, através da Divisão de Monitoramento Global, disponibiliza ao público em geral e a pesquisadores planilhas de Cálculos de Detalhes Solares – *Solar Calculation Details*, baseados em equações de Meeus (1999). Os resultados do nascer e do pôr-do-sol são teoricamente precisos dentro de um minuto para localizações entre +/- 72 °

latitude e dentro de 10 minutos fora dessas latitudes. No entanto, devido às variações na composição atmosférica, temperatura, pressão e condições, os valores observados podem variar de cálculos (USA, 2016).

Na planilha disponibilizada pelo NOAA, a partir da entrada de dados de longitude, latitude, time zone e data é possível obter dados referentes à posição solar para um determinado local. Entre eles a altura solar, ou também chamado ângulo de elevação solar (α), que provém do cálculo do ângulo solar zenital (Φ) (Eq.2). Este por sua vez é resultante do cálculo que engloba as variáveis: latitude, declinação solar e ângulo hora (Eq. 3) (USA, 2016).

$$\alpha = 90 - \Phi \quad (2)$$

$$\cos \Phi = \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos (ha) \quad (3)$$

Sendo:

α = altura solar

Φ = ângulo solar zenital

φ = latitude

δ = declinação solar

ha = ângulo hora

2.4 ESPAÇOS PÚBLICOS

Magnoli (1982 *apud* SCHLEE *et al.*, 2009) define os espaços livres urbanos como sendo os espaços livres de edificação. Segundo Hannes (2016) podem ser chamados também de espaços abertos, sendo estes públicos ou privados.

Lodoba e De Angelis (2005) afirmam que foi na Grécia Antiga que esses espaços assumiram a função pública ao serem considerados como locais de passeio, conversa e lazer da comunidade. E Benedet (2008) afirma que no Brasil, a origem destes espaços, está ligada geralmente aos adros coloniais em frente às igrejas que eram, em geral, espaços sem vegetação e serviam para comércio, festas religiosas e manifestações públicas.

De acordo com Ronaneli, Dalmolin e Faria (2019) o conceito de espaço público pode ser separado em duas vertentes, a esfera material e esfera imaterial. Segundo os autores, na esfera material os espaços públicos podem ser identificados e caracterizados como locais com possibilidade de acesso irrestrito e de apropriação pública.

Já na esfera imaterial o conceito de espaço público é focado na influência do espaço

público para o convívio social, para desenvolvimento de cidadania, de civilidade e de práticas políticas, ou seja, para práticas democráticas, indentedárias e de apropriação do espaço.

De acordo com Matos (2010), a palavra Público indica que os locais que englobam este espaço são abertos e acessíveis à todas as pessoas, e correspondem, essencialmente, a duas tipologias espaciais genéricas: os locais de permanência e os circuitos. Os espaços de permanência definem-se como cenários de atividade e comportamento, que estimulam ações como o simples passeio, o encontro com a natureza e com amigos, descansar, e brincar por exemplo.

Oliveira e Mascaró (2007) afirmam que os espaços denominados de permanência trazem inúmeros benefícios para a melhoria da habitabilidade do ambiente urbano, favorecendo o desenvolvimento humano e o relacionamento entre as pessoas. Além disto, segundo Robba e Macedo (2002), pode-se destacar também a função ambiental destes espaços, que teria o intuito de: melhoria na ventilação e na aeração urbana, melhoria da insolação de áreas muito adensadas, ajuda no controle da temperatura, melhoria na drenagem das águas pluviais com superfícies permeáveis, proteção do solo contra a erosão, proteção e valorização dos mananciais de abastecimento, dos cursos d'água, lagos e represas contra a contaminação e poluição.

Para Magnoli (2006) vínculo do espaço é fundamentalmente de localização em relação aos edifícios, isto é, para com as pessoas que os ocupam, em circulação ou em permanência. O enfoque de espaço livre enquanto objeto de desenho só é relevante desde que analisado em face das atividades e necessidades do homem urbano.

Segundo Carneiro (2010) os espaços de circulação são destinados ao deslocamento de veículos, pedestres ou de ambos. Incluem faixas de rolamento, canteiros centrais e calçadas. São geralmente lineares e contínuos. Os de permanência, usados preferencialmente por pedestres, apresentam uma configuração espacial descontínua e correspondem ao conjunto dos demais espaços públicos da cidade, como jardins, praças e parques. São lugares de convívio social, de expressão cultural, de encontro e de trocas (ideias, mercadorias, etc.). Agregam pessoas diferentes, em horários distintos, com interesses diversos.

Já Macedo (1995) classifica os espaços livres de edificação em: espaços verdes, áreas verdes, áreas de lazer, áreas de circulação (*apud* BENEDET, 2008).

Observa-se que um espaço livre pode apresentar diferentes características, englobando, assim, diversas funções. Como exemplo pode-se citar uma praça que representar uma categoria de espaço verde para a cidade, assim como também assumir funções de lazer e circulação (BENEDET, 2008).

Conforme salienta Hannes (2016), existem dezenas (se não centenas) de tipos de espaços livres: alguns desenhados pelo homem; outros, pela natureza. Considerando os espaços livres como os que não são construídos, abertos, de livre acesso ou não à população.

Este estudo tem seu foco na análise de sombreamento em um grupo de espaços livres urbanos de uso público, denominado aqui como espaços públicos abertos de convívio, que englobam jardins, praças, jardins ambientais, centros esportivos e largos, na cidade de Curitiba/PR.

2.4.1 Funções e Atividades dos Espaços Públicos Abertos

De acordo com Minda (2009) na busca da qualidade urbana pode-se destacar a importância da função dos espaços públicos abertos ressaltando algumas das mais importantes: elemento unificador que estrutura, ordena e modela a cidade; pode colaborar à conservação dos recursos naturais e ecossistemas, à redução dos níveis de contaminação e desta forma contribuir para o fortalecimento de um meio ambiente mais adequado e confortável, quando o projeto de espaço considera os aspectos ambientais da cidade; e gera espaços de convívio e socialização nas diferentes escalas urbanas, o que possibilita que todos os habitantes da cidade possam aproveitá-los.

Lodoba e De Angelis (2005) afirmam que os espaços públicos abertos de convívio são de extrema importância para a qualidade da vida urbana. Elas agem simultaneamente sobre o lado físico e mental do Homem, absorvendo ruídos, atenuando o calor do sol; no plano psicológico, atenuam o sentimento de opressão com relação às grandes edificações; constituem-se como eficaz filtro das partículas sólidas em suspensão no ar, contribuem para a formação e o aprimoramento do senso estético, entre tantos outros benefícios.

Segundo Benedet (2008) os espaços públicos abertos podem apresentar várias formas de uso: como alternativa para a amenização das condições climáticas, melhoria da qualidade do ar e da insolação; como espaço destinado ao lazer passivo e ativo, e articulador da circulação de pedestres; como local de convivência dos moradores das proximidades, possibilitando atividades recreativas e encontros. Equipamentos como quadras esportivas, brinquedos infantis, anfiteatros e bancos são os elementos que facilitam sua utilização por parte dos moradores e visitantes. Segundo Gehl (2011) algumas atividades desenvolvidas nestes espaços são particularmente dependentes da qualidade destes espaços, sendo estas as atividades opcionais, recreativas e, por consequência, parte considerável das atividades sociais. São essas atividades especialmente atraentes que desaparecem quando as condições são pobres e que prosperam quando as condições são favoráveis.

Segundo Daniel (2013), os principais elementos do conforto ambiental como temperatura, velocidade e umidade do ar (variáveis climáticas), e acústica – são afetados e afetam a morfologia espacial das praças públicas. Cada região tem suas próprias condições climáticas que devem servir de base para soluções em cada caso particular. A importância desse conforto é no sentido de assegurar condições aceitáveis de permanência nas praças, em todas as épocas do ano. Além disso, ainda segundo a autora, é importante que se ofereçam oportunidades de experimentar as diversas nuances do clima, sentar num espaço sombreado ou ensolarado, por exemplo, a qualquer hora do dia.

De acordo Capeluto e Shaviv (1997) durante a fase de projeto conceitual—de planejamento urbano europeu e norte americano, o profissional trata de diferentes características geométricas relacionadas à altura do edifício em relação à orientação e largura dos espaços abertos e das calçadas para pedestres. Estes incluem a determinação da proporção dos edifícios, os espaços abertos e subdivisão da terra. Cada um desses tópicos é complexo por si só, e a determinação da melhor solução de design se torna especialmente complicada devido a influências mútuas. Por exemplo, o tamanho dos espaços abertos influencia a exposição dos edifícios ao sol de inverno, ou pode criar o sombreamento de verão necessário. Evidentemente, esta inter-relação depende da geometria dos edifícios ao longo das ruas e dos espaços abertos e da distância entre eles, bem como a geometria das ruas e dos espaços abertos. O objetivo nesta etapa é conseguir um projeto que irá garantir a exposição das elevações do edifício e as calçadas para pedestres ao sol durante um período desejado no inverno. Além disso, o projeto deve garantir sua proteção contra o sol indesejável do verão. A concepção de bairros urbanos, sem considerar estes fatores desde o início pode causar condições de desconforto dentro dos edifícios, nas calçadas e nos espaços abertos.

Jámbor e Szilágy (1984) *apud* Nucci e Cavalheiro (1998) sugerem uma regulamentação dos padrões de espaços livres., afirmando que em cidades com mais de 10.000 habitantes um total de 21 a 30 m² de espaços livres públicos por habitante deve ser assegurado, e divididos da seguinte forma:

- de 7 a 10 m²/hab. devem estar junto às habitações formando jardins residenciais isolados dos distúrbios do tráfego, indústrias, etc.;
- de 7 a 10 m²/hab. devem formar parques de vizinhança públicos, situados no máximo a 400 m das residências. Devem facilitar, diariamente e nos finais de semana, as atividades esportivas e recreação ao ar livre;
- de 7 a 10 m²/hab. devem formar parques urbanos ou distritais de 20 a 80 ha, com um raio de ação de 2 a 3 km.

Já a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) propôs como índice mínimo para áreas verdes públicas destinadas à recreação o valor de 15 m²/habitante (SBAU, 1996 *apud* TOLEDO; SANTOS, 2008).

De acordo com alguns autores, Medeiros (1975), Lapoix (1979), Troppmair e Galina (2003), as análises não podem se preocupar apenas com a quantificação dos espaços livres, é necessário considerar o padrão de distribuição e a importância de uma distribuição regular pela cidade, evitando a concentração em determinadas regiões (GOMES; QUEIROZ, 2016).

Outros índices relacionados aos espaços públicos abertos são apresentados também por Nucci e Cavalheiro (1998), com ênfase para os parques e praças (Figura 10), podendo-se observar sugestões de metragem quadrada por habitante, área mínima, distância da residência do usuário até o espaço. Para os autores, os parques de bairros, que além de terem funções recreacionais apresentam funções paisagísticas ou bioclimáticas, devem estar entre 100m e 1000m de distância das residências ou do trabalho para atender convenientemente a população.

Figura 10 – Sugestão de índices urbanísticos para espaços livres

categorias	m ² /hab	área mínima	distância da resid.	propriedade
vizinhança				
até 6 anos	0,75	150 m ²	até 100 m	públ. ou partic.
6 a 10 anos	0,75	450 m ²	até 500 m	públ. ou partic.
10 a 17 anos	0,75	5.000 m ²	1.000 m	públ. ou partic.
parque de bairro	6,0	10 ha	1.000 m ou 10 min.	público
parque distrital ou setorial	6,0 – 7,0	100 ha	1.200 m ou 30 min/veículo	público
parque regional	s/ ref.	200 ha área com água	qualquer parte da cidade	público
cemitério	4,5	s/ ref.	s/ ref.	públ. ou partic.
área para esporte	5,5	3 – 5 ha 1.500 hab.	perto das escolas	públ. ou partic.
balneário	1,0 1/10	2 ha 0,2 ha	perto das escolas	públ. ou partic.
horta comunitária	12,0	300 m ²	s/ ref.	públ. ou partic.
verde viário	s/ ref.	s/ ref.	junto ao sist. viário	público

Fonte: JANTZEN (1973) *apud* NUCCI e CAVALHEIRO (1998).

De acordo com Yang e Diez-Roux (2012) a distância de 400m é frequentemente usada como uma distância aceitável para caminhadas em pesquisas nos EUA, mas subestima a distância que algumas pessoas habitualmente caminham. Seu estudo mostrou que 65% de

todas as caminhadas analisadas alcançam mais de 400m. Os valores médios da distância caminhada ficaram em 800m, com duração de 14,9 minutos.

Thorsson *et al.* (2004) em seu estudo que teve como objetivo determinar a relação entre o ambiente térmico, o uso e o comportamento dos usuários em uma área de descanso de um parque em Gotemburgo na Suécia, também observaram que a maioria dos usuários moravam a uma curta distância do local.

Segundo Toledo e Santos (2008) os índices referentes à estes espaços são expostos de diferentes formas por diferentes pesquisadores, para diferentes cidades, sendo talvez, uma consequência da falta de consenso entre os conceitos.

2.4.2 Acesso Solar e Uso dos Espaços Públicos Abertos de Convívio

Em seus estudos Gehl (2011) pôde notar uma estreita relação entre qualidade externa e atividades ao ar livre. Em parte devido ao design do ambiente físico, que influencia os padrões de atividade em espaços públicos em cidades. Dentro de certos limites, dentre eles o social e o climático, é possível influenciar quantas pessoas e eventos usam os espaços públicos, quanto tempo duram as atividades individuais e quais tipos de atividade podem ser desenvolvidas.

Segundo Macedo (1995) três fatores devem ser sempre considerados na avaliação de qualquer espaço aberto: 1. Adequação funcional, ou seja, a correta conformação morfológica e dimensional, que permite sua utilização para determinada finalidade. 2. Adequação ambiental, que permite ao usuário condições de salubridade para o desempenho das mais diversas atividades. 3. Adequação estética que segue de acordo com padrões estabelecidos em função das mais diferentes expectativas sociais. Com relação a adequação ambiental, pode-se citar como exemplo a região Sul do Brasil, onde o ideal seria haver espaços com sombreamento moderado em dias de verão e a insolação plena em dias de inverno. Ainda de acordo com o autor, além do acesso à insolação, devem ser considerados também a ventilação adequada, qualidade e permeabilidade do solo e subsolo, estabilidade e rugosidades de pisos, declividades, graus de umidade.

De acordo com o Manual SEQR (USA, 2014), os usos que dependem da luz solar se dividem em passivo, como estar sentado ao sol, e ativo, como por exemplo, realizando atividades esportivas. Algumas áreas dependem da luz solar, tais como: áreas jardinadas, áreas de recreação, áreas de piscinas infantis e chafarizes e aspersórios. Conseqüentemente, a avaliação da sensibilidade de um espaço aberto à sombras se centra na identificação das condições existentes de suas instalações, usos e nos requisitos de luz solar para cada um.

Grandes áreas sombreadas podem resultar numa substancial redução na usabilidade do espaço aberto público.

Whyte (1980, *apud* GEHL, 2011) também enfatiza a importância da proteção contra condições climáticas negativas, excesso de calor ou frio, a fim de assegurar condições aceitáveis para as atividades ao ar livre (Figura 11).

Figura 11 – Uso de pedestres em Copenhague – Inverno e Verão



Fonte: GEHL (2011).

De acordo com Benedet (2008) os usos se transformam conforme o tempo, destacando-se diferentes grupos e classes sociais que se apropriam de certos espaços, determinando os usos predominantes. As diferentes aptidões face às atividades, ao encontro dos usuários e às formas de apropriação são influenciadas pelos elementos de projeto, sejam eles, simbólicos, funcionais ou ambientais.

Segundo Yezioro *et al.* (2002) é importante que os espaços públicos abertos de convívio tenham grande parte da área de cada espaço insolada no inverno. Embora o sombreamento seja muito importante no verão, deve-se considerar principalmente a exposição solar de inverno, pois o sombreamento no verão pode ser alcançado por soluções dinâmicas, como árvores decíduas ou por pérgolas com uma cobertura leve que pode ser dobrada ou retirada no inverno. Por outro lado, ainda segundo os autores, o acesso solar não pode ser alcançado no inverno se os edifícios no entorno bloquearem completamente o sol. O parâmetro que determina a insolação o local é a altura dos edifícios do entorno, sua orientação e suas proporções.

Yezioro *et al.* (2006) concluíram que, para a Latitude 32°N, a exigência de que pelo menos um terço da área da praça seja exposta ao sol de inverno durante cinco horas diárias seja uma demanda realista e coerente, gerando uma área insolada suficientemente grande para localizar diferentes funções, como áreas para se sentar e áreas de jogos. Para isto, segundo os autores, em geral, a altura dos edifícios ao redor da quadra deve ser inferior a 1/3 de sua

largura. Segundo os autores, estas recomendações podem ser aplicadas para as latitudes entre 26° e 34°.

Segundo Thorsson *et al.* (2004), um microclima confortável é um pré-requisito importante para o relaxamento ao ar livre. Desconforto em lugares de permanência pode afligir as pessoas, levando-as a evitar o uso destas áreas. Na pesquisa destes autores, num parque da cidade de Gotemburgo, na Suécia, durante o verão e o outono, as condições de calor e sol se mostraram-se ser fatores importantes relacionado com o uso. Criando uma variedade de microclimas, isto é, insolado, sombreado, protegido e subespaços expostos em locais públicos ao ar livre, aumenta-se a adaptação física e psicológica gerando como resultado, o uso de espaços ao ar livre poderá aumentado ao longo do ano.

A permanência de pessoas em espaços públicos é condicionada a vários fatores ambientais, como a insolação solar. Este fator específico determina o nível de conforto das pessoas que ficam em lugares públicos por um período de tempo. O tempo de permanência de uma pessoa em uma parte específica do espaço público, ou seja, um banco, está diretamente relacionado à quantidade de radiação solar que incide neste banco. Como resultado, os móveis e áreas projetadas para longas permanências nos espaços públicos devem fornecer certa quantidade de abrigo contra a radiação solar direta, para garantir que as atividades permaneçam nesses espaços (WALDRON; SALAZAR, 2013).

Tendo-se em vista todos estes fatores, apresentam-se na sequência alguns dos trabalhos relevantes.

2.5 ESTUDOS RELEVANTES

As pesquisas apresentadas na sequência estão divididas em três áreas que abrangem assuntos convergentes à pesquisa: estudos de fatores ambientais, de ergonomia e design; estudos dedicados a estimativa de sombreamento e acesso solar nesses espaços; e estudos de técnicas para o cálculo da altura das edificações a partir das sombras em imagens de satélite.

2.5.1 Estudos com Enfoque em Fatores Ambientais, de Ergonomia e Design

Mesmo não sendo um dos objetivos deste trabalho, o uso e a permanência são algumas das finalidades dos espaços públicos abertos, por isto sua importância. Por isto são apresentados na sequência estudos que avaliam fatores que podem influenciar este aspecto.

Os fatores que podem exercer influência nos espaços públicos abertos citados em pesquisas são: os fatores climáticos e de conforto térmico, o sombreamento, a ergonomia e o design dos espaços (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo dos estudos relevantes de fatores que podem influenciar o uso e permanência nos espaços públicos abertos

PESQUISAS DE FATORES CLIMÁTICOS E CONFORTO TÉRMICO				
AUTOR	ANO	LOCAL	ESTAÇÃO	ÍNDICE
Gehl	1971	Estados Unidos	-	-
Nikolopoulou <i>et al.</i>	2001	Cambridge - Reino Unido	Primavera, Verão e Inverno	PMV
Lo <i>et al.</i>	2003	Hong Kong – China	-	-
Nikolopoulou; Steemers	2003	Cambridge - Reino Unido	-	-
Thorsson <i>et al.</i>	2004	Gotemburgo – Suécia	Verão e Outono	PMV
Thorsson <i>et al.</i>	2007	Tóquio – Japão	Outono e Primavera	PET
Nikolopoulou; Lykoudis	2007	Atenas – Grécia	Verão, Outono e Inverno	-
Lin	2009	Taichung – Taiwan	Quente e Frio	PET
Kántor; Unger	2010	Szeged – Hungria	Primavera e Outono	PET
Boumaraf ;Tacherift	2012	Biskra – Argélia	Verão e Inverno	-
Piaskowy; Krüger	2017	Curitiba/PR – Brasil	Verão e Inverno	PET
Krüger <i>et al.</i>	2018	Curitiba/PR – Brasil	Verão e Inverno	PET
PESQUISAS DE SOMBREAMENTO				
AUTOR	ANO	LOCAL	ESTAÇÃO	ÍNDICE
LIN <i>et al.</i>	2010	Huwei Township – Taiwan	04 Estações	PET
LIN <i>et al.</i>	2013	Chiayi City - Taiwan	Estação Quente e Fria	PET
MARTINELLI <i>et al.</i>	2015	Roma – Itália	Verão	PET
HUANG <i>et al.</i>	2015	Taichung City – Taiwan	Estação Quente e Fria	PET
Piaskowy; Krüger	2016	Curitiba/PR – Brasil	Inverno	PET
Piaskowy; Krüger	2017	Curitiba/PR – Brasil	04 Estações	-
PESQUISAS DE ERGONOMIA E DESIGN DOS ESPAÇOS				
AUTOR	ANO	LOCAL	ESTAÇÃO	ÍNDICE
Benedet	2008	Santa Catarina – Brasil	-	-
Biondi; Neto	2012	Curitiba/PR – Brasil	-	-
Alves <i>et al.</i>	2013	Bauru/SP– Brasil	-	-
Niemeyer; Labaki	2014	Caraguatatuba/SP– Brasil	-	-

Fonte: Autoria própria (2019)

A seguir os estudos são apresentados separadamente de acordo com as categorias descritas anteriormente.

2.5.1.1 Pesquisas de fatores climáticos e de conforto térmico

Várias são as pesquisas dedicadas aos fatores climáticos e de conforto térmico como possíveis influenciadores no uso e permanência nos espaços abertos.

Gehl (1971 *apud* CHEN; NG, 2012) concluiu em seu primeiro estudo sobre a influência do microclima em atividades em ambientes externos, onde observou e quantificou

o número de pessoas sentadas em bancos sombreados ou com sol, e quais condições locais de sol ou sombra podem impactar de forma significativa o desejo do usuário em permanecer ou não no ambiente.

Outros estudos, em diversos países e diferentes zonas climáticas, examinaram a correlação entre o número de usuários num dado espaço público aberto e o microclima, representado por índices térmicos, com o intuito de entender como o planejamento ambiental impacta nos usuários (HUANG *et al.*, 2015).

Alguns destes estudos foram realizados em cidades com altas latitudes, como o estudo de Nikolopoulou *et al.* (2001), realizada em Cambridge, no Reino Unido, que teve como objetivo principal obter um melhor entendimento sobre as características microclimáticas e as implicações no conforto térmico que influenciam no uso dos espaços públicos abertos, focada em áreas de descanso. Através de entrevistas e medições *in loco* foram avaliados alguns espaços públicos abertos com diferentes tipos de tipologia, geometria, orientação e intensidade de uso. Ficou evidenciado que o acesso solar e condições de calor são importantes fatores de uso e permanência no espaço. Segundo os autores, para criar ambientes confortáveis deve-se levar em conta alguns fatores, primeiramente o ambiente térmico, e em segundo lugar os fatores de adaptação psicológica. Com isto, ressaltaram o papel do histórico térmico e expectativas dos usuários, em termos de adaptação psicológicas e física. Para os autores o design dos espaços públicos abertos é um fator muito importante para o meio urbano e para o entendimento da ampla variedade de efeitos que influenciam no conforto térmico com o intuito de conceber espaços que sejam atrativos durante as diferentes épocas do ano.

Já na sequência da pesquisa anterior, Nikolopoulou e Steemers (2003), ainda com estudo focado em áreas de descanso de Cambridge, Reino Unido, formaliza a ideia de avaliação da adaptação térmica em três níveis: físico, fisiológico e psicológico, dando ênfase no impacto de fatores da adaptação psicológica que engloba: os parâmetros naturalidade, expectativas, experiências, tempo de exposição, controle percebido e estímulo ambiental. Alguns destes são inerentes à qualidade do espaço e outros são mais pessoais. Ainda segundo os autores, a percepção térmica é um importante parâmetro que influencia na decisão do usuário sobre quanto tempo permanecer em determinado local, e a escolha de sentar na sombra ou no sol também afeta a quantidade de tempo de permanência no local.

Já a pesquisa de Thorsson *et al.* (2004) teve como objetivo determinar a relação entre o ambiente térmico, o uso e o comportamento dos usuários em uma área de descanso de um parque em Gotemburgo na Suécia. Como métodos, foram utilizadas entrevistas, observações

não invasivas e medições das variáveis climáticas. Foi constatado que o ambiente térmico, a acessibilidade e o design do espaço influenciam no uso do local. Os resultados mostraram que alguns dos usuários buscaram espaços com sol, porém em condições de calor algumas pessoas moveram do sol para a sombra. Já outros (entre 25 a 55%) buscaram diretamente a sombra nas mesmas condições climáticas, demonstrando a necessidade da criação de ambos os tipos de subespaços, propiciando o aumento tanto da adaptação física quanto da psicológica, o que resultaria no maior uso dos espaços públicos abertos durante o ano todo, segundo os autores.

O objetivo principal do estudo de Kántor e Unger (2010), na cidade de Szeged localizada na Hungria, foi recomendar uma metodologia para as investigações do conforto térmico em espaços públicos abertos, mais especificamente em locais de descanso no meio urbano. Com o intuito de visualizar os padrões de uso das áreas a partir de observações não invasivas, foram gerados mapas de visualização com o auxílio de um software de Sistemas de Informação Geográfica - SIG, facilitando a detecção da preferência dos usuários. Como as edificações e as árvores são agentes modificadores do fluxo de radiação solar, também foram mapeadas. Segundo os autores, o uso frequente dos espaços públicos abertos está diretamente ligado ao bom planejamento deste, oferecendo setores com diferentes condições de sombras, onde os usuários podem escolher a área que supre suas demandas e oferece a mais favorável condição microclimática para a atividade escolhida, diferindo a cada estação do ano.

Algumas outras pesquisas foram realizadas em cidades de menores altitudes e condições climáticas mais amenas, como a pesquisa de Nikolopoulou e Lykoudis (2007) que avaliou o efeito das condições microclimáticas no uso dos espaços abertos no Mediterrâneo, mais especificamente em Atenas, Grécia, durante as quatro estações do ano, através de monitoramento das variáveis climáticas, entrevistas e observações para avaliação das condições de conforto e percepção do ambiente. Já o uso destes espaços foi avaliado através de observações não invasivas dos tipos de atividades desenvolvidas, além dos padrões de uso divididos entre sol e sombra. Pôde-se observar que a temperatura do ar e a radiação solar foram os parâmetros mais dominantes em relação ao uso dos espaços. A distribuição espacial dos usuários demonstrou que, no verão, com temperaturas do ar mais altas, houve preferência pelas áreas com sombra, e no outono/inverno, as áreas iluminadas pelo sol foram mais populares. O tratamento microclimático adequado dos espaços, oferecendo diversidade ambiental nas diferentes estações do ano, com apropriada exposição solar ou sombra pode estimular o maior uso destes espaços, segundo os mesmos autores.

A pesquisa de Lin (2009) foi focada na correlação entre o ambiente térmico e o uso dos espaços abertos em regiões úmidas e quentes. Foram feitas medições climáticas e

levantamentos através de questionários, além de observações não invasivas (fotografias) na cidade de Taichung, Taiwan. Foi observado que, quando os valores dos índices térmicos estão elevados, poucas pessoas visitam o espaço, indicando que o ambiente térmico influencia significativamente o uso dos espaços abertos. Assim como Nikolopoulou *et al.* (2007), ficou demonstrado que temperaturas baixas em estações quentes e temperaturas altas em estações frias atraem usuários para os espaços públicos abertos de convívio. Além disto, estes resultados experimentais, quando comparados com resultados de pesquisas em regiões temperadas, indicaram que índices de conforto térmico baseados na equação de balanço térmico não conseguem explicar totalmente os efeitos do ambiente térmico em relação ao uso dos espaços públicos abertos pois fatores psicológicos incluindo experiência e expectativas também agem como importantes agentes no conforto térmico humano e impactam no uso destes espaços. Assim como evidenciado por Nikolopoulou (2001), e Nikolopoulou e Steemers (2003).

Já a pesquisa de Thorsson *et al.* (2007), realizada na cidade de Tóquio, o uso dos espaços públicos abertos foi investigado através de medições meteorológicas posicionadas no sol, sendo realizados: o cálculo do índice de conforto térmico para o índice PET (*Physiological Equivalent Temperature*), entrevistas para análise de percepção termal e uso dos espaços analisados, e observações não invasivas das atividades (comendo, bebendo, exercitando, conversando) e posições (sentados ou de pé no sol). A partir das análises, pôde-se concluir que o tempo de permanência dos usuários é largamente influenciado pela percepção subjetiva da condição térmica, quanto mais confortável é a percepção das condições térmicas, mais tempo o usuário permanece no local.

A pesquisa de Piaskowy e Krüger (2017b) teve como objetivo analisar as preferências de usuários em relação a situações de sol e sombra, em uma praça rodeada por edificações em Curitiba/Brasil, durante quatro dias de inverno e quatro de verão. Utilizou-se de observações discretas em alguns bancos da praça e adotou-se como parâmetro de conforto o índice PET, para compreender a relação entre as condições climáticas e o comportamento humano. Pôde-se concluir que os padrões de comportamento foram fortemente dirigidos por condições climáticas nos dias de observação, com mudanças perceptíveis, mesmo dentro de um espectro relativamente estreito de sensação térmica perto da neutralidade.

Já Krüger *et al.* (2018), em estudo no mesmo local, observaram que o maior número de visitantes na praça ocorre quando esta em torno de 20°C (escala PET). No fruí, a demanda por áreas iluminadas no sol não é atendido pelo fornecimento ou disponibilidade

destes espaços. Já no verão, quando áreas sombreadas são desejadas, a praça não tem muitas oportunidades de fornece-las, já que a maioria dos bancos estão totalmente expostos ao sol.

A proposta da pesquisa de Boumaraf e Tacherift (2012) foi de entender como os usuários usam os espaços públicos abertos em diferentes condições climáticas, como seu comportamento e percepção do espaço mudam com as variações climáticas em Briska, na Argélia. Para tanto, foram analisadas três praças utilizando-se de medições climáticas, vídeo observações e entrevistas durante dias de inverno e verão. Foi possível constatar a extrema dificuldade em separar aspectos funcional, social e de condições climáticas. E assim como os outros autores Nikolopoulou (2001), Nikolopoulou e Steemers (2003) e Lin (2009) pôde-se observar que somente o clima não é suficiente para classificar um espaço como agradável.

Na pesquisa de Lo *et al.* (2003), em Hong Kong, foram analisados através de questionários os fatores que influenciam o uso dos espaços públicos abertos sob a perspectiva dos usuários. Assim como Nikolopoulou *et al.* (2001), o microclima, ou seja, o ambiente térmico é considerado o fator mais importante, seguido pela paisagem, lugares para sentar, além da arborização e o acesso solar.

2.5.1.2 Pesquisas de sombreamento

Algumas pesquisas têm como foco o estudo do sombreamento como fator impactante do uso e permanência nos espaços abertos. Dentre elas a pesquisa de Huang *et al.* (2015) onde afirmam que entre os vários atributos ambientais dos espaços abertos, o sombreamento pode bloquear a radiação solar e influenciar significativamente os ambientes térmicos. Na pesquisa conduzida por estes autores, na cidade de Taichung City, Taiwan, foram estudados os padrões estáticos e dinâmicos de comportamento de usuários em uma praça situada do jardim público do Museu Nacional de Ciências Naturais. Foram realizadas simultaneamente medições dos parâmetros térmicos no sol e na sombra, e observações através de vídeos em duas estações do ano (quente e fria) para determinar o número e atividades dos usuários. Para avaliação do ambiente térmico foi utilizado o índice PET. Quanto ao uso do espaço, os resultados demonstraram que durante a estação fria o número de usuários foi maior e que durante a estação quente, o número de usuários diminuiu quando as temperaturas e o Índice PET ficaram mais altos. Durante a estação fria o número de usuários aumentou quando a temperatura subiu também. Foi observado também que tanto na estação quente como na fria, 75% dos usuários preferem primeiramente locais com sombra, indicando preferência por espaços com sombras provenientes de arborização para atividades de lazer/repouso, evitando-se a exposição direta ao sol. Pôde-se averiguar que a maioria dos usuários se basearam em

experiências passadas e em expectativas para escolher áreas com sombra, considerando que estas seriam mais confortáveis.

A pesquisa de Lin *et al.* (2010), em um campus universitário de Taiwan, analisou as condições de conforto térmico aplicando-se o índice térmico PET. Os resultados analíticos indicam que o Fator de Visão do Céu (FVC), que representa a porcentagem de céu livre em locais específicos, afeta significativamente os ambientes térmicos externos. Os resultados analíticos indicam que um FVC alto (com poucas obstruções no entorno) causa desconforto no verão e que um FVC baixo (mais obstruído, portanto mais sombreado) causa desconforto no inverno. Pôde-se concluir também que, como Taiwan possui clima quente e úmido, o sombreamento, no verão, deve ser fornecido por árvores e edifícios para aumentar o nível de conforto térmico. No entanto, como os taiwaneses têm baixa tolerância à temperatura fria, ainda na etapa de planejamento é recomendado evitar a criação de áreas com sombreamento excessivo.

Já na pesquisa de campo de Lin *et al.* (2013), conduzidas em um parque na cidade de Chiayi City, Taiwan, teve o intuito de avaliar o efeito do conforto e da adaptação térmica com enfoque em diferentes níveis de sombreamento e tipos de atividades. Utilizou-se de medições meteorológicas, estimativas de frequência de uso do parque, aplicação de questionários de conforto térmico, e análise de índice PET. O estudo revelou que, em áreas permanentemente com acesso solar, sem sombras, o número de visitantes aumenta seguindo o aumento nas condições térmicas em estações frias do ano, enquanto que o número de visitantes diminui durante as estações quentes. No entanto, o número de usuários em áreas com sombra aumenta quando há aumento do desconforto térmico, tanto em estações frias quanto em quentes. Quando há desconforto térmico por calor, os usuários tendem a mover-se das áreas com sol para as áreas de sombras, com o intuito de diminuir a percepção de desconforto térmico. Segundo os autores, como já relatado por outros, o conforto térmico dos usuários, além dos indicadores térmicos fisiológicos baseados no balanço energético, é diretamente influenciado também por suas experiências e expectativas de ambientes térmicos. Para as análises de uso dos espaços, da perspectiva da adaptação psicológica térmica dos usuários, foram definidos três tipos de áreas de acordo com o nível de sombras nos espaços sendo: 1. Espaços com pouca vegetação e áreas abertas; 2. Espaços sem bloqueio de sombras com intensa atividade; 3. Espaços com sombra (de ampla vegetação e edificações) e de uso predominantemente estático. Neste último caso, ocorreu uma positiva correlação entre o índice PET e o uso dos espaços durante o inverno, ou seja, o uso do espaço aumentou quando a condição térmica se tornou mais quente. Concluiu-se que a época em que há mais uso no espaço público aberto é

quando os usuários se sentem mais em conforto térmico. Além disto os fatores de adaptação como preferências sazonais e autonomia produzem mudanças no numero de usuários nos diferentes tipos de espaços abertos.

O estudo de Martinelli *et al.* (2015), em Roma, Itália, focou na relação entre padrões de sombra diários e presença de usuários e conforto térmico durante o verão numa praça com principal sendo o de descanso em bancos. Foram realizadas medições meteorológicas e observações não invasivas. Para a determinação do conforto térmico foi selecionado o índice PET, e para os padrões de sombra foram feitas simulações no modelo *RayMan* (MATZARAKIS *et al.*, 2010), através das quais foram estipuladas as porcentagens de áreas sombreadas da praça de hora em hora. Foi possível observar que a maioria dos usuários estavam sentados à sombra quando disponível, e o máximo de uso foi constatado quando havia maior área de sombra. Esta preferência por áreas com sombra foi correlacionada com os valores do índice de conforto térmico. Entre as recomendações dos autores, pode-se citar que ainda na fase de concepção dos espaços públicos abertos, é importante realizar análises de sombreamento; e que o uso de dispositivos de sombreamento deve estar em conformidade com os usos do local, propiciando sombras durante os momentos de maior necessidade.

O estudo de Piaskowy e Krüger (2016), realizado em Curitiba, teve como objetivo analisar o comportamento dos usuários de uma praça localizada numa área densa da cidade, durante alguns dias de inverno, para avaliar a influência das árvores e prédios adjacentes no uso do espaço. Utilizando-se de câmeras fotográficas, foram efetuadas observações não invasivas a partir de imagens fotográficas do comportamento dos visitantes em 10 bancos dispostos na praça. Foram avaliados: uso, tempo de permanência, e escolha entre alguns diferentes tipos de espaço sendo estes não sombreado, parcialmente sombreado por árvores, sombreado por edifícios, e com reflexos de fachadas envidraçadas. O índice PET foi utilizado como referência para entender as relações entre as condições climáticas e comportamento, variando nestes dias entre 16,6° C e 26.0° C, caracterizando intervalo de conforto térmico. A análise mostrou a predominância de condições de sombra nos bancos (52% dos casos), seguido por situações de meia sombra (33%), e posteriormente por situações de sol em 14% dos bancos. Observou-se que a maior frequência ocorreu nos bancos com sol, mesmo quando o índice PET assinalava estresse para o calor. Já quanto ao tempo de permanência, a pesquisa revelou que para períodos de longa permanência, o usuário movia-se de um banco para o outro alternando situações de sol/sombra com o intuito aparente de reduzir o estresse para calor (Sujeitos A1 e A2 – Tabela 2), e ocorrendo o comportamento oposto quando houve uma queda no índice (Sujeito L5 – Tabela 2).

Tabela 2 – Padrões de movimento de usuários da praça e valores correspondentes de PET

Fonte: Adaptado de Piaskowy e Krüger (2016).

SUJEITO	BANCO	CONDIÇÃO	PET	TEMPO DE PERMANÊNCIA (min)
A1	B1	Não sombreado	21.0	5
	B5	Parcialmente sombreado	22.0	23
A2	B1	Não sombreado	21.0	5
	B5	Parcialmente sombreado	22.0	23
L5	B4	Não sombreado	23.0	1.5
	B3	Parcialmente sombreado	21.0	5

Na sequência do estudo anterior, a pesquisa de Piaskowy e Krüger (2017a) teve por objetivo compreender o comportamento dos usuários em áreas de permanência utilizando-se de técnicas de observação não invasiva e sua relação com a sensação térmica estimada, durante as quatro estações do ano, além de apresentar análises quanto ao impacto do entorno no acesso solar durante uma faixa horária próximos dos solstícios de inverno e verão e dos equinócios na praça do Japão em Curitiba. Durante quatro dias de cada estação do ano de 2016, foi analisada a preferência dos usuários em relação à situação de acesso solar nos bancos quanto a situações ao sol, no sombreado por árvores e totalmente à sombra (decorrente de edificações do entorno), correlacionando-a com as faixas de estresse/conforto térmico do índice. Foi observado que o inverno foi a estação que obteve maior número de usuários nos bancos, seguida pela primavera e outono. O verão foi a estação que possuiu a menor quantidade de visitantes. Foi comprovado que, no verão, quando não há sombra, há preferência por bancos que estejam sombreados. No outono, a preferência também foi por bancos à sombra, seguido de sombreado e sol. No inverno, há a predominância da sombra proveniente das edificações no entorno. A maior quantidade de pessoas e média de tempo foi na sombra, possivelmente em decorrência da maior disponibilidade desta. Entretanto, do total de situações observadas, 24% concentraram-se nas 16% de situações disponíveis de sol, o que mostra a extrema relevância desta situação de acessibilidade solar. Pôde-se concluir que a maior quantidade de pessoas observada no inverno pode estar associada à necessidade de maior exposição solar em ambientes externos, especialmente para a população que vive no entorno da praça. E que durante o verão, houve a preferência por situações de sombreado, o que enfatiza a importância da vegetação em ambientes urbanos quando há temperaturas elevadas.

2.5.1.3 Pesquisas de fatores ergonômicos e do design dos espaços

Quanto aos estudos que analisaram a ergonomia e o design dos espaços como fator de influência no uso e permanência nos espaços, segundo Oliveira e Mascaró (2007) as pesquisas focam principalmente na análise qualitativa do ambiente, analisando a quantidade desses espaços juntamente com infraestrutura disponível, equipamentos, mobiliário urbano e estado de conservação e manutenção.

O estudo de Benedet (2008) teve como objetivo compreender o fenômeno de apropriação de praças públicas centrais em cidades de pequeno porte através de várias análises: análise documental, observação do comportamento dos usuários, observação do desempenho físico-ambiental, e entrevistas. Os resultados foram conquistados através da avaliação das diversas nuances, levando em conta a qualidade ambiental das áreas e do seu entorno. Chegou-se a conclusão que as características espaciais, assim como o desempenho ambiental, o entorno que circunda estes espaços influenciou substancialmente no comportamento dos indivíduos que usam o local, além da condição de cada pessoa, tanto ligada aos mecanismos biológicos como psicológicos, com fundo cultural, motivações, experiências e necessidades.

O trabalho de Biondi e Neto (2012) teve como objetivo caracterizar as praças de Curitiba através de sua distribuição espacial e toponímia. Foram calculados alguns índices: IAPH (índice de áreas de praças nas regionais por habitante), IAPR (índice de área de praça por regional), NPR (número de praças por regional), IAPH (índice de área de praça por habitante) que corresponde ao somatório das áreas das praças dividido pelo número de habitantes, e o IAPB (índice de área de praça por bairro) que é resultado da somatória da área das praças do bairro, dividido pela área do bairro, multiplicado por 100. Como resultado, observou-se que os maiores valores destes índices nas regionais variaram em função da taxa de urbanização.

Niemeyer e Labaki (2014) realizaram um levantamento físico-ambiental em 101 praças existentes na cidade de Caraguatatuba para avaliar, através de levantamento fotográfico e de parâmetros qualitativos e quantitativos, sendo: atributos paisagísticos como acessibilidade, iluminação, pavimentação, arborização, mobiliários entre outros, além de área, localização, e distância do centro. A pesquisa revelou uma percepção negativa e não favorável para 69% das praças, sendo que espaços vazios representam significativa parcela destes. Pôde-se também averiguar que os itens acessibilidade, iluminação e pavimentação foram os

de maior ocorrência no universo pesquisado, e segundo os autores, atributos estes que não contribuem de forma relevante na humanização destes espaços.

2.5.2 Estudos com Enfoque na Estimativa de Sombreamento e Acesso Solar em Espaços Públicos Abertos

Oke (1988) afirma que o acesso solar é importante para proporcionar luz diurna suficiente para contribuir para o conforto e atitude psicológica dos pedestres. Além disso, segundo Waldron e Salazar (2013) o uso dos espaços públicos abertos pode ser condicionado pela disponibilidade de radiação solar e pode ser prejudicado pelos anteparos edificados no entorno.

Alguns estudos foram desenvolvidos com o objetivo principal de apresentar métodos de quantificação do sombreamento e acesso solar em ambientes públicos abertos tais como: Yezioro e Shaviv (1994), Leveratto (2002), Bourbia e Awbi (2004), Yezioro *et al.* (2006), Ribeiro *et al.* (2010), Waldron e Salazar (2013), Piaskowy e Krüger (2015) e Miranda *et al.* (2017).

Tendo-se em vista que o sombreamento entre edifícios e outros elementos, como árvores, é considerado um dos atributos que podem determinar se um lugar será agradável ou desconfortável durante os diferentes horários do dia ou ao longo do ano, Yezioro e Shaviv (1994) foram precursores no desenvolvimento de um método para visualizar e analisar o 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) realizou um estudo na cidade de Buenos Aires, Argentina, com a finalidade de analisar hipotéticas modificações na forma urbana para permitir maior acesso solar no inverno e, assim, melhorar as condições climáticas locais, aumentando o uso desses locais durante o ano. Simulações foram feitas para avaliar os efeitos, vantagens e limitações do método proposto. 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 o acesso solar no período de inverno entre as 10:00 horas e 14:00 horas nestes espaços.

Bourbia e Awbi (2004) avaliaram o efeito da altura do edifício e da largura da rua no sombreamento das superfícies da rua e no solo para diferentes orientações, em cânions

urbanos na cidade de clima quente e árido El-Oued, Argélia, e como essas afetam as temperaturas das superfícies.

Partindo-se do princípio que a geometria das praças e as alturas das edificações no entorno afetam o microclima e criam zonas de sombras e, conseqüentemente, determinam se o local será termicamente confortável ou não durante diferentes horas do dia e durante todo o ano, Yezioro *et al.* (2006) apresentam 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 no entorno influenciam a insolação da praça no inverno, a partir do método desenvolvido por Yezioro e Shaviv (1994). Após a análise dos resultados, recomendam que pelo menos um terço da área da praça deveria estar exposta ao sol durante cinco horas diárias, e que em geral, a altura dos edifícios em torno da praça deveria ser inferior a 1/3 de sua largura. Segundo os autores estas recomendações são válidas para o intervalo de 26-34° de Latitude Norte, onde o padrão e o tamanho do sombreamento e insolação não mudam significativamente.

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*[®], cuja aplicação poderia se dar em estudos de climatologia urbana e no planejamento urbano. Foram consideradas duas variáveis urbanas, sendo o Fator de Visão do Céu - FVC e a orientação da malha urbana. A metodologia foi validada através de uma aplicação na orla marítima de João Pessoa, Paraíba. Foi observado que os pontos com menores valores de horas de exposição estão em locais com índices baixos de FVC e em ruas orientadas no eixo Norte-Sul, e que as ruas com orientação da malha urbana que coincidem com a trajetória aparente do sol tendem a estar mais expostas à radiação solar. Estas observações podem ser utilizadas no planejamento dos espaços urbanos e na orientação dos planos de arborização urbana.

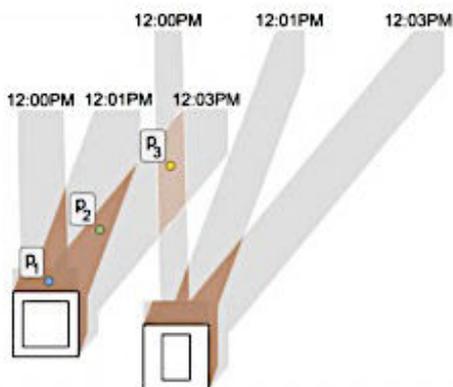
Waldrom e Salazar (2013) utilizaram-se de ferramentas para calcular as áreas de radiação solar em espaços públicos abertos através de simulações considerando um ano solar a cada 15 dias, das 7h às 17h com intervalo de meia hora, na latitude da cidade de Bogotá, na Colômbia, situada na zona tropical. Os resultados obtidos nas simulações de insolação foram processados e convertidos em dados de permanência criando-se graus de tolerância à radiação solar, a fim de prever as áreas dos espaços públicos onde seria mais provável que os usuários preferissem permanecer em diferentes períodos de tempo. Os 05 níveis de tolerâncias foram estabelecidos a partir da observação de comportamento de usuários, levando-se em conta o tempo de exposição solar em espaços públicos naquele país, sendo: 1. Permanência longa:

áreas sombreadas para ficar por longos períodos do dia. Máxima Insolação Média de 25%. 2. Permanência curta: áreas sombreadas para permanecerem para diferentes períodos do dia. Máxima Insolação Média de 50% da área. 3. Pausa: Áreas sombreadas desprotegidas que eventualmente proporcionam sombra para ficar por curtos períodos de tempo. Máxima Insolação Média de 75%. 4. Tráfego lento: áreas isoladas com eventual proteção solar. Máxima Insolação Média de 87%. 5. Tráfego rápido: áreas isoladas com presença de sombra mínima ou nula. Máxima Insolação Média de 100%. Concluíram que a definição destes intervalos é importante, pois eles podem ser usados para medir a duração da permanência que uma pessoa está disposta a suportar, com base em exposição solar específica.

O estudo de Piaskowy e Krüger (2015) teve como objetivo analisar o impacto das altas edificações em três áreas de estudo localizadas em eixos estruturais na cidade de Curitiba. A verticalização dos prédios ao longo do eixo estrutural forma cânions urbanos – corredores de prédios altos em sequência, o que pode ocasionar acesso limitado à luz natural. O estudo utilizou o software *Google SketchUp*[®] para a simulação do sombreamento. As quantidades de sombreamento em porcentagem foram confrontadas para obtenção de um comparativo entre as três situações distintas de urbanização e orientação solar para verificar qual das situações urbanísticas possui um sombreamento menor. Também foi feita a análise com o uso do envelope solar para confrontar a altura das edificações existentes, dimensionando o número ótimo de pavimentos dos edifícios localizados na via principal (Setor Estrutural) de forma que os mesmos não ofereçam sombreamento em seu entorno imediato em períodos do ano e faixas de horário específicos. Foi constatado que o alto adensamento ocasiona perda na qualidade ambiental urbana devido à presença de sombras durante o período frio do ano nos locais analisados. A aplicação do conceito de envelope solar, propondo um limite para o número de pavimentos, poderia resultar em um aumento na quantidade de horas de incidência solar sobre o local de estudo.

Miranda *et al.* (2017) desenvolveram um algoritmo para a visualização de mapas de acúmulo de sombras na cidade de Nova Iorque. De acordo com New York University (2017) e Bui e White (2017) o acúmulo de sombras apresenta o número total de minutos que um determinado ponto permanece na sombra ao longo de um dia, tendo em vista que as sombras se movem linearmente dentro de um curto intervalo de tempo. pode-se observar o acúmulo resultante das sombras de duas edificações, onde o ponto P_1 acumula mais minutos de sombras do que o ponto P_2 , portanto é representado mais escuro pois permaneceu em sombra por mais tempo (Figura 12).

Figura 12 – Tempo de exposição à sombra em diferentes pontos - acúmulo de sombras



Fonte: MIRANDA *et al.* (2017).

O algoritmo de acúmulo de sombras foi desenvolvido para a criação de um sistema de análise visual interativa chamado *Shadow Profiler* que permite que os usuários explorem e analisem as sombras em uma cidade (Figura 13). Passando o cursor pelo mapa, é possível obter dados estatísticos da quantidade de sombreamento de cada ponto ou local visualizado no mapa, nos solstícios de inverno e verão e nos equinócios. As análises dizem respeito à área da sombra, à avaliação positiva ou não da sombra em relação ao conforto dependendo da data analisada, e ao impacto do sombreamento devido à implementação de novos edifícios (MIRANDA *et al.*, 2017).

Figura 13 – Mapa de acúmulo de sombras para Nova Iorque no solstício de inverno e no solstício de verão



Fonte: BUI; WHITE (2017).

Segundo Bui e White (2017), este recurso permite que os planejadores e arquitetos da cidade testem o impacto das sombras ao longo do tempo para diferentes cenários, como a substituição de edifícios existentes por propostas para avaliar o efeito dos novos empreendimentos imobiliários.

2.5.3 Estudos com Enfoque no Cálculo da Altura das Edificações a Partir das Sombras Presentes em Imagens de Satélite

Métodos baseados em algoritmos para extração de sombras com intuito de estimar a altura das edificações são estudados desde a década de 1980 (IRVIN; MCKEOWN, 1989).

Segundo Peeters e Etzion (2012), o sensoriamento remoto tem sido usado, combinado com técnicas de processamento de imagens, com o intuito de proporcionar ferramentas que podem ser empregadas em estudos quantitativos dos padrões físicos e layouts da forma urbana. Bem como Shettigara e Sumerling (1998) já haviam salientado que este procedimento tem aplicações significativas em monitoramento urbano e estudos ambientais.

São inúmeras as pesquisas que aprofundam métodos automatizados de segmentação e classificação de objetos em imagens para obtenção de altura das edificações a partir de imagens de satélite tais como: Irvin e Mckeown (1989), Cheng e Thiel (1995); Cordova (2005), Clua e Carrara (2007) Lee e Kim (2010), Comber *et al.* (2012), Peeters e Etzion (2012), Huang e Zhang (2012), Raju *et al.* (2014), Kadhim *et al.* (2015), Dini *et al.* (2014), Liasis e Stravou (2016), Qi *et al.* (2016), Biljecki *et al.* (2017).

Como por exemplo, pode-se citar a pesquisa de Comber *et al.* (2012) cujo método complementa as abordagens existentes para extrair alturas de construções que requerem especificações precisas das características geométricas dos dados de detecção remota e/ou grandes quantidades de dados pré-existentes, sendo que a abordagem é adequada para análises que requererem medidas aproximadas de altura de edifícios.

Na linha de pesquisa com aplicação de extração de sombras e segmentação com finalidades de análises urbanas, pode-se citar Peeters (2016) e Wang *et al.* (2016). Sendo que Peeters (2016) aplicou um método automatizado de análises de clima urbano, mais especificamente em extensão do acesso solar que foi aplicado em um estudo de caso em pátios internos residenciais, durante o verão, na cidade de Marrakesh. Foi adotado o critério paramétrico de 100% de sombra no pátio às 14h com a finalidade de checar se os pátios estavam sombreados durante o horário mais quente do dia nesta cidade, sendo que os resultados demonstraram que a maioria dos pátios analisados (53%) estavam sombreados no

horário desejado. Já Wang *et al.* (2016) aplicaram um método de reconstrução em 3D de edifícios residências a partir de sombras de uma cidade localizada na China com o intuito de obter a distribuição populacional usando imagens de satélite.

Baseando-se nestes aspectos descritos, no próximo capítulo iremos abordar a metodologia proposta para o trabalho.

3 METODOLOGIA

A metodologia proposta para esta pesquisa é dividida em três partes, subdivididas de acordo com o apresentado a seguir (Figura 14):

a) Parte 1 – Definição dos espaços a serem analisados

1. Levantamento de dados da cidade escolhida para a realização do estudo, bem como dos espaços públicos abertos de convívio existentes nela;
2. Desenvolvimento de método para seleção dos espaços que serão analisados através da ferramenta de avaliação desenvolvida;

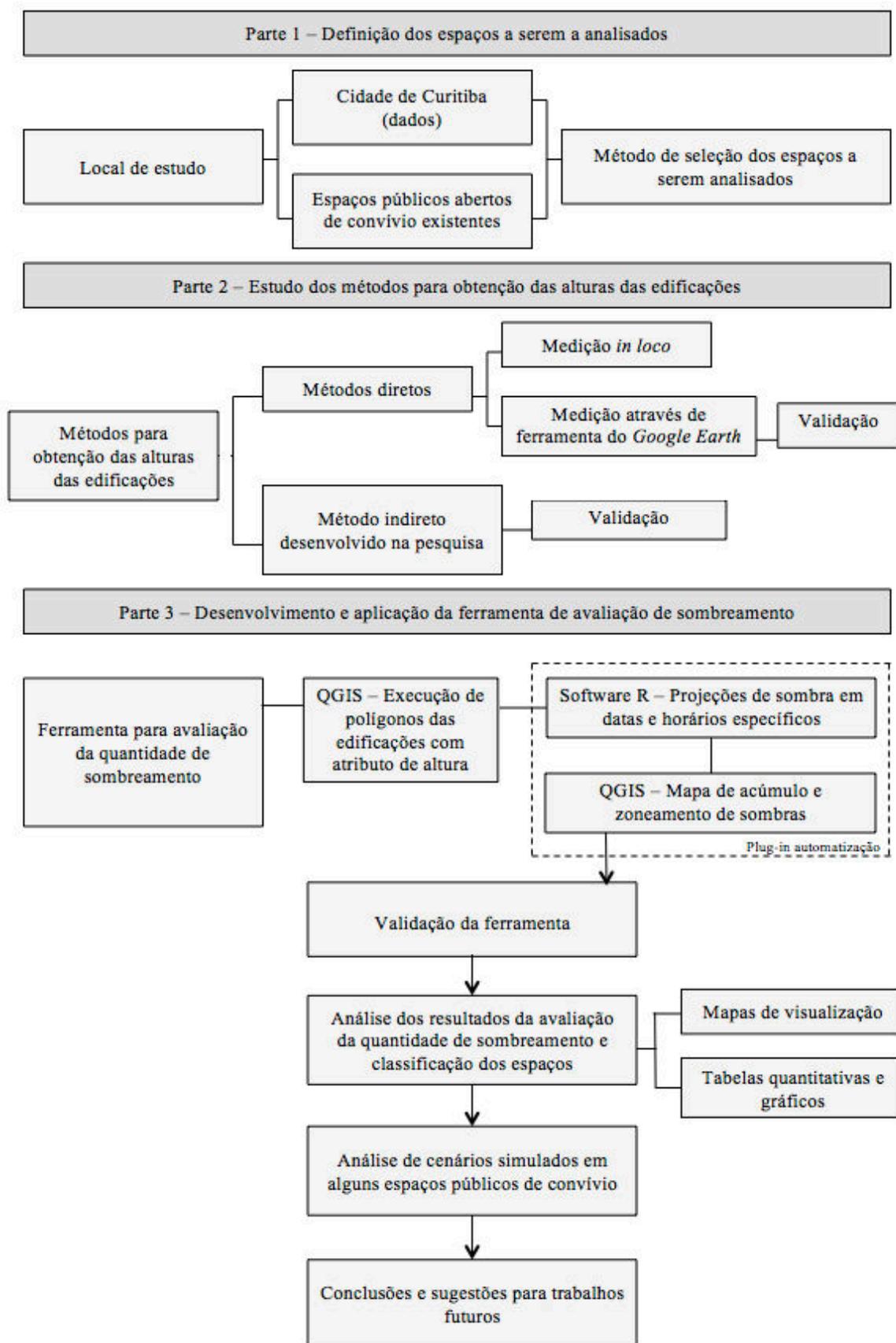
b) Parte 2 – Estudo dos métodos para obtenção das alturas das edificações

1. Estudo dos diferentes métodos, diretos e indireto, para a obtenção das alturas das edificações, sendo: medição *in loco*, medição através da ferramenta disponibilizada pelo software *Google Earth Pro 3D*[®], método indireto desenvolvido neste trabalho;

c) Parte 3 – Desenvolvimento e aplicação de ferramenta para avaliação da quantidade de sombreamento.

1. Desenvolvimento da ferramenta através de diferentes softwares;
2. Validação do método indireto para obtenção das alturas das edificações de aplicação da ferramenta em um dos espaços selecionados para validação do método;
3. Análise dos resultados da quantidade de sombreamento incidente sobre os espaços selecionados, através de mapas de visualização e tabelas quantitativas, e posterior classificação dos espaços quanto ao nível de sombreamento.
4. Análise de cenários futuros em alguns espaços selecionados;
5. Conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

Figura 14 – Organograma geral das etapas propostas para a pesquisa



Fonte: autoria própria (2018).

3.1 DEFINIÇÃO DOS ESPAÇOS A SEREM ANALISADOS

3.1.1 Local de Estudo

Curitiba, capital do estado do Paraná (Figura 15), ocupa uma área de aproximadamente 435 km² (IBGE, 2017). Dividida em 75 bairros que estão agrupados em nove regionais administrativas, sendo: Bairro Novo, Boa Vista, Boqueirão, Cajuru, CIC, Matriz, Pinheirinho, Portão e Santa Felicidade.

Localiza-se no Primeiro Planalto do Paraná com uma altitude média de 934m 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 - *Coordinated Universal Time* igual a - 03.

De acordo com o IPPUC (2019), vários são os fatores que interferem na característica climática de Curitiba. A sua localização em relação ao Trópico de Capricórnio, a topografia do primeiro planalto, sua altitude média, como também a barreira geográfica natural da Serra do Mar, são os principais fatores.

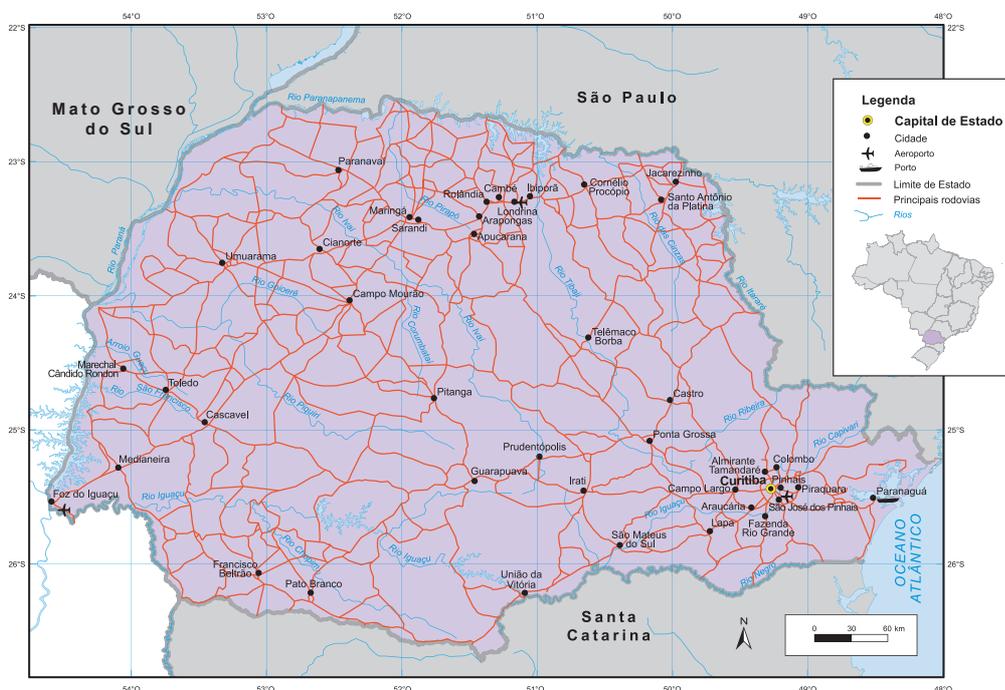


Figura 15 – Mapa de localização da cidade de Curitiba
Fonte: IBGE (2019).

3.1.2 Características do Clima

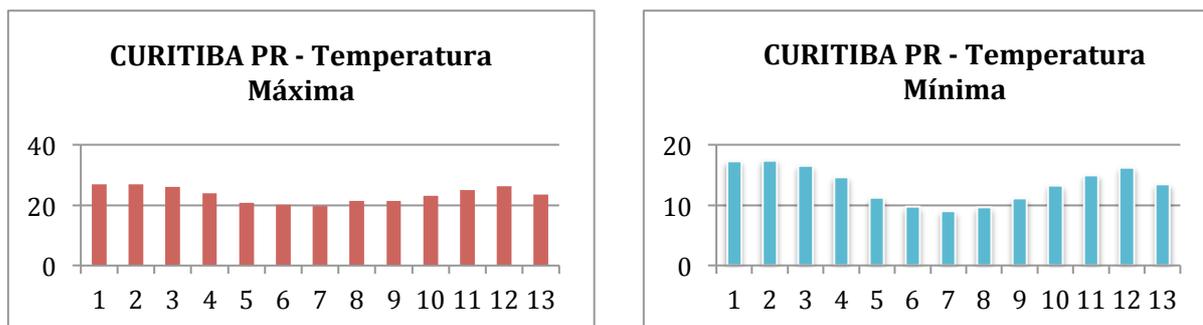
Segundo a classificação de Köppen, a cidade de Curitiba localiza-se em região climática do tipo Cfb, com clima subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes e ocasionais precipitações de neve.

De acordo com o INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (BRASIL, 2018), baseando-se nas Normais Climatológicas do Brasil, com dados coletados da Estação Meteorológica de Curitiba localizada na Latitude Sul 25° 43', Longitude Sul 49° 27', para o período de 1981 a 2010, Curitiba apresenta temperatura mínima média anual de 13,4°C, variando entre 9,0°C no mês de julho e 17,4°C no mês de janeiro. As menores temperaturas, abaixo dos 10°C, são registradas nos meses de junho, julho e agosto, sendo que o número de dias do ano com temperatura menores que 10°C é de 74 dias. Já a temperatura máxima média anual é de 23,5°C, variando de 19,7°C no mês de julho e 26,8°C no mês de janeiro e fevereiro. As temperaturas mais altas, acima dos 25°C são registradas nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, sendo que o número de dias com temperatura maior ou igual a 25°C é de 156 dias (Tabela 3 e Figuras 16 e 17).

Tabela 3 – Dados Normais Climatológicas - período 1.981-2.010
Fonte: Adaptado de INMET (2018).

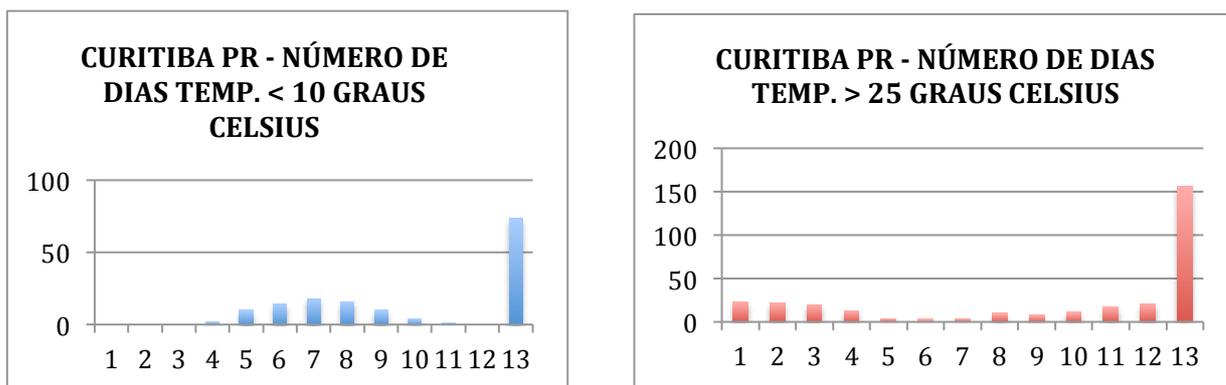
Meses	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Ano
Temperatura Mínima (°C)	17,2	17,4	16,5	14,6	11,2	9,7	9,0	9,6	11,1	13,2	14,9	16,2	13,4
Temperatura Máxima (°C)	26,8	26,8	26,0	24,0	20,8	20,1	19,7	21,5	21,4	23,1	25,0	26,2	23,5
Número de dias com temperaturas menor ou igual a 10 C° (dias)	0	0	0	2	10	14	18	16	10	4	1	0	74
Número de dias com temperaturas maior ou igual a 25 C° (dias)	23	22	20	13	4	3	4	10	8	11	17	21	156

Figura 16 –Variação das normais de temperaturas máxima e mínima – período 1.981-2.010



Fonte: autoria própria (2019).

Figura 17 – Números de dias com temperaturas menores de 10°C e maiores de 25°C - Período 1.981-2.010



Fonte: autoria própria (2019).

De acordo com Danni-Oliveira (1999) as mudanças de temperatura no transcorrer dos dias e das estações do ano que ocorrem em Curitiba são resultantes das trocas meridionais dos fluxos de ar que se individualizam nos centros de ação presentes na América do Sul. De todos, especialmente quatro são responsáveis pelos mecanismos das trocas de ar que se produzem no Brasil Meridional: o Anticiclone subtropical do Atlântico, o Anticiclone Migratório Polar, a Depressão do Chaco, e a Zona de Convergência Intertropical.

Conforme o Zoneamento Bioclimático Brasileiro estabelecido pela NBR – Norma Técnica Brasileira 15220-3 (ABNT, 2005), Curitiba se encontra na mais fria das oito zonas climáticas brasileiras, a Zona Bioclimática 1, que corresponde a apenas 0,8% do território nacional. Sendo a mais fria entre as capitais brasileiras, apresenta desconforto térmico por frio durante a maior parte do ano, porém com mais intensidade no inverno (SCHMITZ; MENDONÇA, 2011).

Portanto a necessidade de amplo acesso solar nos espaços públicos abertos de convívio na cidade de Curitiba/PR é importante, principalmente nas épocas de frio intenso.

3.1.3 Características do Uso do Solo

Até o começo do século XX, Curitiba era uma pequena vila que havia se constituído como ponto de passagem e parada para atender as atividades ligadas à extração de ouro, no século XVII, e ao tropeirismo, no século XVIII. Após 1830, começou a adquirir uma dinâmica mais urbana em virtude da produção da erva-mate. O povoado inicial se localizava, no século XVII, às margens do rio Atuba, região nordeste de Curitiba. Como era uma área muito úmida, os moradores posteriormente se transferiram para o que se tornaria o Largo da Matriz, hoje Praça Tiradentes, marco zero da cidade. Foi entre meados do século XIX e começo do século XX em que se forma o espaço urbano de Curitiba, quando começaram a se definir os elementos da estrutura intra-urbana, ou seja, quando passou a ser possível

diferenciar o centro, as áreas residenciais e a formação das futuras áreas industriais. Pode-se dizer que o espaço urbano de Curitiba não sofreu grandes transformações na primeira metade do século XX. Em 1933 foi inaugurado o primeiro arranha-céu de Curitiba. O prédio estava localizado na área da Cinelândia, no Centro. A área urbana se expandiu e o Centro tornava-se cada vez mais centro, com seus primeiros arranha-céus e com a concentração de quase tudo que a cidade oferecia (PILOTTO, 2010).

Curitiba teve seu primeiro Plano Diretor, para organização formal do espaço urbano, desenvolvido em 1943 pelo urbanista francês Alfred-Donat Agache, responsável também pelos planos implantados nas cidades do Rio de Janeiro e de Porto Alegre (SANTOS, 2015).

Segundo Rodrigues (2010), transformando-se de uma cidade rural para uma sociedade urbana, o Plano Agache tinha como por objetivo colocar em prática as possíveis soluções dos problemas da nova sociedade urbana que se consolidava na cidade. Conforme pesquisa de Agache, os três problemas principais seriam falta de saneamento dos rios, congestionamento das vias na região central e falta de órgãos funcionais. Agache implanta também o conceito de Zoneamento, separando a cidade por funções. Já na década de 60, estes planos de urbanização passaram a se tornar obsoletos.

Em 1966 foi implantado o plano Wilhelm-IPPUC, sendo conhecido como o único plano de urbanização a ser de fato implantado em uma capital brasileira. Devido à preocupação com o crescimento acelerado da população, foram instituídas as vias estruturais que ligam o centro aos demais pontos da cidade. Este plano desenvolveu o Zoneamento aplicado até os dias de hoje na cidade, como meio de organização da cidade, sugerindo a divisão geral do município de acordo com a ocupação e o uso do solo, com legislações que regulam o tipo de construção feita nestes locais.

De acordo com Pilotto (2010), a partir dos anos 1970 novas transformações no espaço intra-urbano de Curitiba puderam ser verificadas, entre elas: a implantação e verticalização dos Setores Estruturais; a formação do novo centro, no Batel; a mudança de localização da área industrial, com a criação da CIC – Cidade Industrial de Curitiba; o crescimento das ocupações irregulares; e a consolidação de uma série de subcentros de comércio e serviços. Nesse período, o processo de verticalização que havia iniciado no Centro se estendeu para bairros limítrofes, como o Batel, Bigorrião, Alto da XV e Centro Cívico.

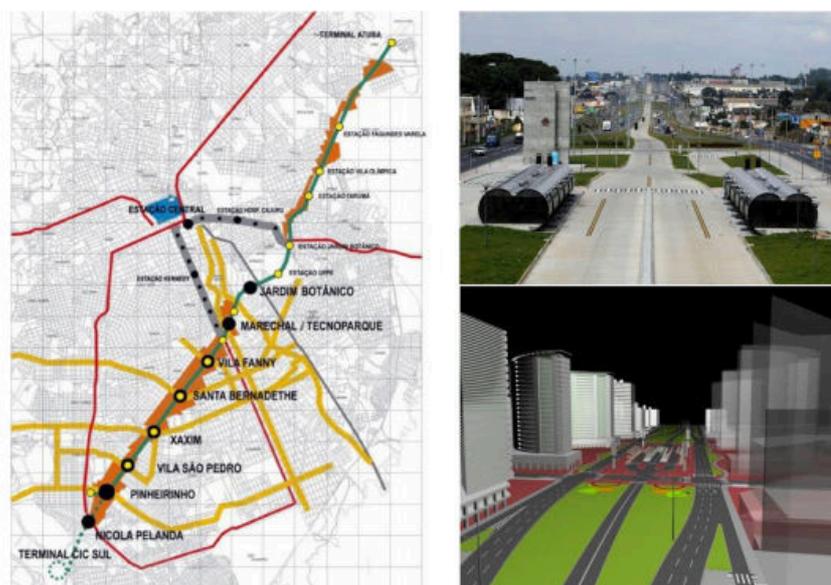
Ainda segundo a mesma autora, a localização da verticalização em Curitiba esteve associada às duas áreas de residência das camadas de alta renda e à implantação dos Setores Estruturais (ou eixos estruturais) nos anos de 1970 e 80. Eles foram propostos no Plano Diretor de Curitiba de 1966, com o objetivo de que o Centro crescesse ordenadamente ao

longo dos Setores Estruturais. Entre 1970 e 90 verificou-se grande crescimento populacional na área metropolitana de Curitiba.. Junto com esse crescimento, houve aumento das favelas, loteamentos irregulares e clandestinos, que se localizaram, em sua maior parte, na região sul de Curitiba. A localização da área industrial foi alterada com a implantação da CIC, à sudoeste, onde também cresceram áreas populares e informais. Para atender a população da grande região sul popular, subcentros de comércio e serviços se constituíram. A verticalização se estendeu para bairros além do Centro que começou a perder população. Ao mesmo tempo, o Batel começou a ter características de bairro comercial, um centro voltado às camadas de alta renda. A partir dos anos 1990, a estruturação do espaço intra-urbano da área metropolitana de Curitiba passou a ser tensionada pela: consolidação do Batel como centro novo e decadência do Centro; expansão da área residencial das camadas de alta renda à oeste, com o surgimento do Ecoville, que trata-se do bairro Mossunguê, uma continuação do Setor Estrutural Oeste, onde foi criada a Zona Nova Curitiba em 1994 (Decreto nº 901/94). A verticalização no Ecoville foi intensa nas décadas de 1990 e 2000, bem como o desenvolvimento imobiliário da região, que além dos edifícios residenciais de alto padrão, contou com a instalação de diversos serviços ligados às camadas de alta renda, e a localização dos condomínios fechados; e nova localização das indústrias na Região Metropolitana de Curitiba.

De acordo com Leal (2012), atualmente os empreendimentos imobiliários e as iniciativas privadas - empresariais ou comunitárias, se submetem às disposições urbanísticas de Ocupação e Uso do Solo, regidas pelo Zoneamento em vigor, as quais foram fixadas pela Lei Municipal nº 9800/2000, bem como nos seus decretos complementares, destacando-se como característica a localização dos setores estruturais e a verticalização.

Segundo Schmitz e Mendonça (2011) a Lei Municipal nº 9800/2000, alterou a configuração linear da cidade para pluriaxial e, visando o horizonte futuro de crescimento populacional, foram definidos novos eixos de adensamento. Estavam incluídos novos parâmetros de Uso e Ocupação do Solo para os terrenos ao longo do trecho urbano da antiga rodovia BR-116, que está sendo integrado à malha urbana e transformado no sexto eixo de transporte curitibano: a Linha Verde, cujos parâmetros urbanísticos visam o adensamento populacional e a verticalização (Figura 18).

Figura 18 – Linha Verde – Curitiba/PR



Fonte: Schmitz e Mendonça (2011).

De acordo com Martins (2017) houveram posteriores revisões no Plano Diretor Municipal ao longo dos anos, tendo a última iniciado em 2015, inclusive com a nova Lei de Zoneamento e Uso de Solo, cujas mudanças principais tangem reequilibrar o uso misto das áreas de grande adensamento, alterações de coeficientes básicos para áreas de adensamento, construções de dois andares de subsolo, entre outros.

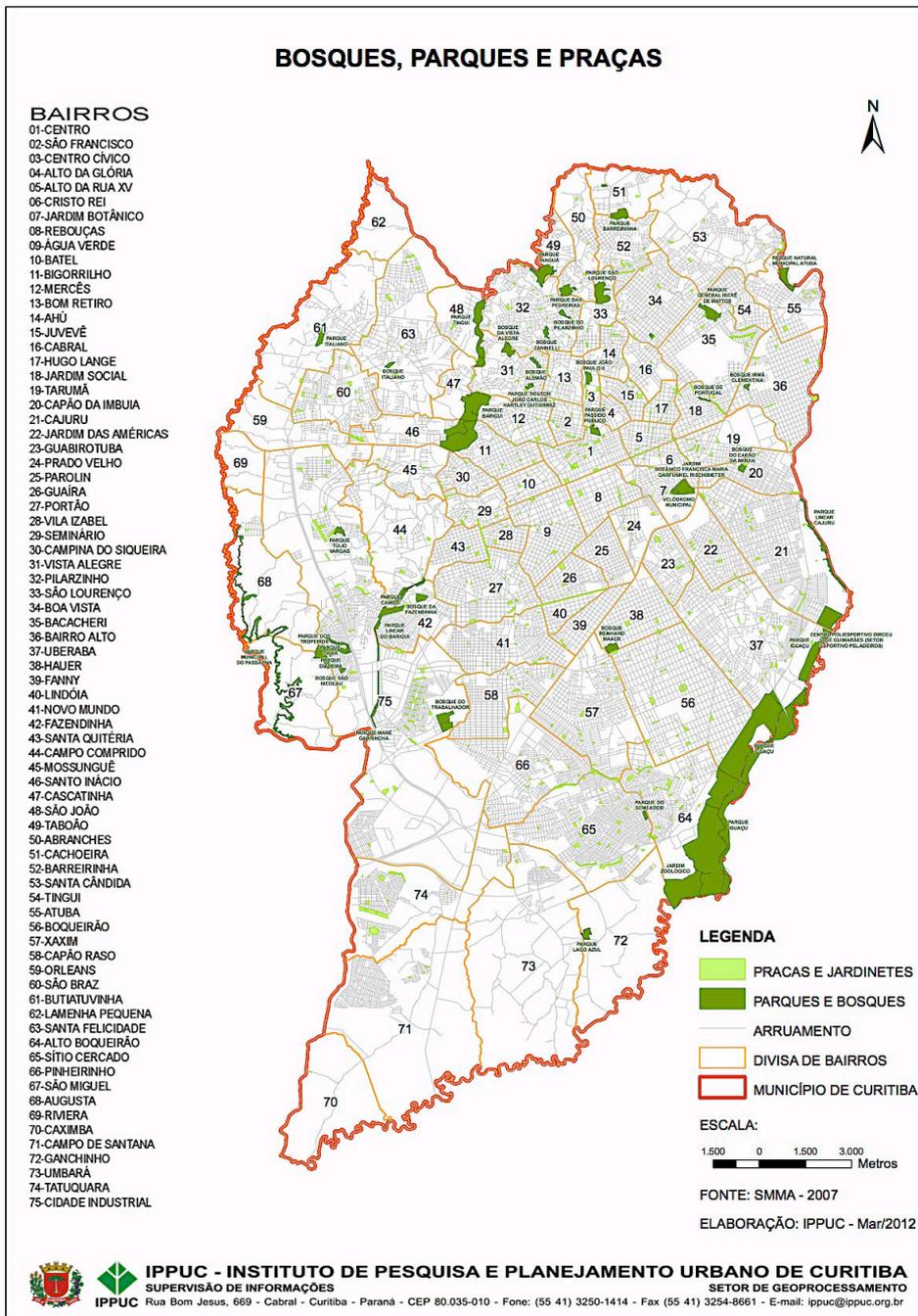
3.1.4 Espaços Públicos Abertos em Curitiba

Idealizadas ainda no Plano Agache, a cidade de Curitiba é conhecida nacionalmente pelo número e qualidade de suas áreas verdes urbanas. Segundo IPPUC (2010), Curitiba está entre as grandes cidades do mundo premiadas pela edição 2010 da competição WDC – *World Design Capital* ou *Capital Mundial do Design* – realizada em Seul, na Coreia do Sul. Curitiba foi escolhida na categoria Política de Desenvolvimento Urbano e é citada como uma cidade que tem um plano diretor para orientar o crescimento, contemplando transportes, circulação, uso da terra e meio ambiente de forma integrada. Inclui ainda medidas de preservação de áreas verdes e das heranças históricas e culturais (BIONDI; NETO, 2012).

Segundo Paraná (2017), a cidade de Curitiba possui cerca de 64 m² de área verde por habitante.

De acordo com o IPPUC (2010), Curitiba possui 453 praças, totalizando uma área de 2.705.038 m² (IPPUC, 2010). Além disto, possui inúmeros jardins, jardins ambientais, parques, bosques e largos (Figura 19).

Figura 19 – Mapa de bosques, parques e praças na cidade de Curitiba – em 2007



Fonte: IPPUC (2010).

De acordo com Paraná (1983), o Decreto 427/83 da Prefeitura Municipal de Curitiba, que define critérios para denominação de áreas públicas ajardinadas, são consideradas praças os locais de áreas com mais de 2.500m² admitida a aproximação de 10% e jardins como áreas com menos de 2.500m².

O portal do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba disponibiliza vários dados referentes à cidade em meio digital, através do link denominado Curitiba em

Dados. Dentre eles informações relacionadas aos bairros e administrações regionais, espaços públicos abertos como praças e parques, incluindo indicadores, dados históricos, estatísticos, mapas, planilhas e imagens (IPPUC, 2015).

Com relação aos dados referentes às denominadas Áreas Verdes e de Lazer, a Prefeitura Municipal (IPPUC, 2015) disponibiliza diversas planilhas em formato Excel com diferentes estatísticas a partir de diferentes critérios. Como dados referentes a Bosques, Eixos de Animação, Jardins Ambientais, jardinetes, largos, parques e praças entre outros (Figura 20).

Figura 20 – Dados relacionados às Áreas Verdes e de Lazer em Curitiba

Tipo de Áreas de Lazer ¹	Período	
	2012	
	Nº de Unidades	Área em m ²
Bosques	16	738.396
Bosque de Preservação	1	11.000
Parques	22	19.125.905
Praças	452	2.265.831
Jardinetes	461	454.601
Largos	56	61.395
Núcleos Ambientais	31	12.897
Eixos de Animação	18	547.680
Jardim Ambiental	2	35.621
RPPNM ²	5	39.141
Total de Áreas de Lazer	1.064	23.292.467

Fonte: IPPUC (2015).

Como exemplo, o arquivo digital denominado Áreas de lazer por tipo e extensão, que apresenta os tipos de áreas existentes, o número de unidades e suas respectivas áreas. Os dados, referentes ao ano de 2012, apresentam os espaços divididos em: Bosques, Bosques de Preservação, Parques, Praças, Jardinetes, Largos, Núcleos Ambientais, Eixos de Animação, Jardim Ambiental e Reservas Particulares/Patrimônio Natural Municipal.

Os arquivos com informações referentes a cada tipo de área de lazer, como por exemplo os Eixos de Animação, abrangem as seguintes informações: Regional a que o espaço pertence, nomenclatura, localização e respectiva área.

Além das informações disponibilizadas em planilha formato Excel, são disponibilizados também arquivos de dados geográficos em formato *shapefile* ou *dwg* pelo IPPUC (2019). Os arquivos são referentes a Mapas de Arruamento, Praças e jardinetes, Parques e Bosques, Altimetria, Divisas, Cadastro Técnico, Ocupação Irregular, Equipamentos

urbanos, Ciclovias, Hidrografia, Meio Ambiente, Locais de Votação e Zonas Eleitorais, Zoneamento consolidado.

A partir destes arquivos disponibilizados em meio digital foi possível realizar a seleção dos espaços a serem analisados neste trabalho, cujo método será descrito no próximo tópico. Dois tipos de análises serão efetuadas, sendo a primeira relacionada ao cenário atual de edificações no entorno e posteriormente alguns espaços serão analisados com base em possível cenário futuro de edificações no entorno.

3.1.5 Método de Seleção dos Espaços Públicos Abertos de Convívio em Curitiba para Análise do Sombreamento em Cenário Atual

A seleção dos espaços públicos abertos de convívio em Curitiba que serão analisados neste estudo foi feita a partir de arquivos de dados geográficos em formato *shapefile* disponibilizados pela Prefeitura Municipal. Portanto para a realização das respectivas análises foi escolhido o software de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) livre QGIS.

Os critérios adotados para a seleção foram três, sendo: o Zoneamento no qual o espaço está inserido, a quantidade de arborização presente no espaço, e a altura das edificações existentes no entorno imediato do espaço.

A análise da quantidade de arborização em cada espaço foi feita a partir de imagens áreas disponibilizadas pelo *Google*[®] inseridas no software QGIS, e a classificação do entorno foi feita a partir de análises visuais através do *Google Earth Pro 3d*[®].

Os arquivos em formato *shapefile* selecionados foram:

1. O arquivo Praças e jardins que engloba além destes, os espaços denominados pela Prefeitura Municipal como: Centro Esportivo, Eixo de Animação, Jardim, Jardim ambiental, Jardimete, Largo, Núcleo ambiental e Praças, num total de 1.016 espaços;
2. O arquivo Zoneamento polígonos (atualizado no ano de 2015);
3. O arquivo Arruamento Quadras (atualizado no ano de 2018);
4. O arquivo Divisa de Bairros (atualizado no ano de 2018).

3.1.5.1 Seleção de Zoneamentos

O Zoneamento foi considerado como critério inicial das análises já que, a princípio, ele delimita a altura das edificações presentes no local. A altura mínima de 6 pavimentos foi definida como critério limitante de interesse para seleção dos Zoneamentos. Os parâmetros de análise foram: o número de pavimentos permitido pela Lei nº 9800/2000, o número de pavimentos permitido a partir da compra de Potencial Construtivo instituído no Decreto nº

933/2014, e o número pavimentos permitido na nova proposta Lei de Zoneamento em estudo pela Prefeitura Municipal de Curitiba. Dos 50 Zoneamentos existentes foram selecionados 13 tipos (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise dos zoneamentos da cidade de Curitiba/PR

	ZONEAMENTO	NÚMERO DE PAVIMENTOS PERMITIDO LEI 9800/2000	NÚMERO DE PAVIMENTOS DECRETO 933/2014	NÚMERO PAVIMENTOS NOVO ZONEAMENTO	NÚMERO DE ESPAÇOS PÚBLICOS ABERTOS
1	Apa do Iguaçu	2	-	-	7
2	Apa do Passaúna	2	-	-	13
3	Polo da Linha Verde	Livre	-	Livre	8
4	Setor Especial Comendador Franco	4	10	4	6
5	Setor Especial Santa Felicidade	2	-	-	2
6	Setor Especial Comercial do Umbará	2	-	-	0
7	Setor Especial Conector	4	-	8	19
8	Setor Especial da Linha Verde	6	-	10	5
9	Setor Especial de Habitação Interesse Social	2	-	-	114
10	Setor Especial de Ocupação Integrada				7
11	Setor Especial do Centro Cívico	Livre/6	10	6	15
12	Setor Especial do Parque Tanguá	-	-	-	1
13	Setor Especial do Polo Software	4	-	-	0
14	Setor Especial Eng. Costa Barros	4	6	6	0
15	Setor Especial Estrutural	Livre	-	-	43
16	Setor Especial Histórico	-	-	-	7
17	Setor Especial Institucional	4	-	-	4
18	Setor Especial Linhão do Emprego	4	-	-	10
19	Setor Especial Marechal Floriano	4	10	10	6
20	Setor Especial Nova Curitiba (Via Ext.)	Livre	-	Livre	6
	Setor Especial Nova Curitiba (Demais vias)	Livre	-	Livre	-
21	Setor Especial Pres. Affonso Camargo	4	10	-	1
22	Setor Especial Pres. Wenceslau Braz	4	10	10	10
23	Setor Esp. Residencial - Áreas Verdes – CIC	4	-	-	1
24	Zona Central	Livre	Cone	Cone	13
25	Zona de Contenção	2	-	-	3
26	Zona de Serviços 1	2	2	-	19
27	Zona de Serviços 2	2	2	-	5
28	Zona de Serviços 2 – Linha Verde	-	-	-	1
29	Zona de Transição da Linha Verde	4	-	10	37
30	Zona de Transição Marechal Floriano	4	4	-	5
31	Zona de Transição Nova Curitiba (Via Ext.)	6	8	8	15
	Zona de Transição Nova Curitiba (Demais)	6	6	6	-
32	Zona de Uso Misto	4	-	6	4
33	Zona Esp. de Serviços	-	-	-	0
34	Zona Esp. Desportiva	4	-	-	0
35	Zona Esp. Desportiva Linha Verde	4	-	8	6
36	Zona Esp. Educacional	-	-	-	0
37	Zona Esp. Militar	4	-	4	1

38	Zona Industrial	-	-	2	6
39	Zona Industrial Linha Verde	-	-	-	0
40	Zona Residencial 1	2	-	2	39
41	Zona Residencial 2	2	-	2	227
42	Zona Residencial 3	3	4	3	184
43	Zona Residencial 4	6	8	8	131
	Zona Residencial 4 Linha Verde	6	-	10	1
	Zona Residencial 4 Batel/Alto Da XV	-	10	10	-
	Zona Residencial 4 Rebouças	-	8	8	-
44	Zona Residencial Alto Da Glória	2	8	-	-
45	Zona Residencial Batel	2	4	-	5
46	Zona Residencial de Ocupação Controlada	2	4	2	6
47	Zona Residencial Mercês	2	8	-	1
48	Zona Residencial Passaúna	2	-	-	1
49	Zona Residencial Santa Felicidade	2	4	-	17
50	Zona Residencial Umbará	2	4	-	4
	Número total de espaços em todos os Zoneamentos				1016
	Número total de espaços nos Zoneamentos selecionados				310

Legenda:

 Zoneamentos selecionados

Fonte: autoria própria (2019).

Os Zoneamentos selecionados foram: Polo da Linha Verde, Setor Especial Conector, Setor Especial da Linha Verde, Setor Especial do Centro Cívico, Setor Especial Estrutural, Setor Especial Marechal Floriano, Setor Especial Nova Curitiba, Setor Especial Pres. Wenceslau Braz, Zona Central, Zona de Transição da Linha Verde, Zona de Transição Nova Curitiba, Zona Residencial 4 e Zona Residencial Mercês (Tabela 5 e Figura 21).

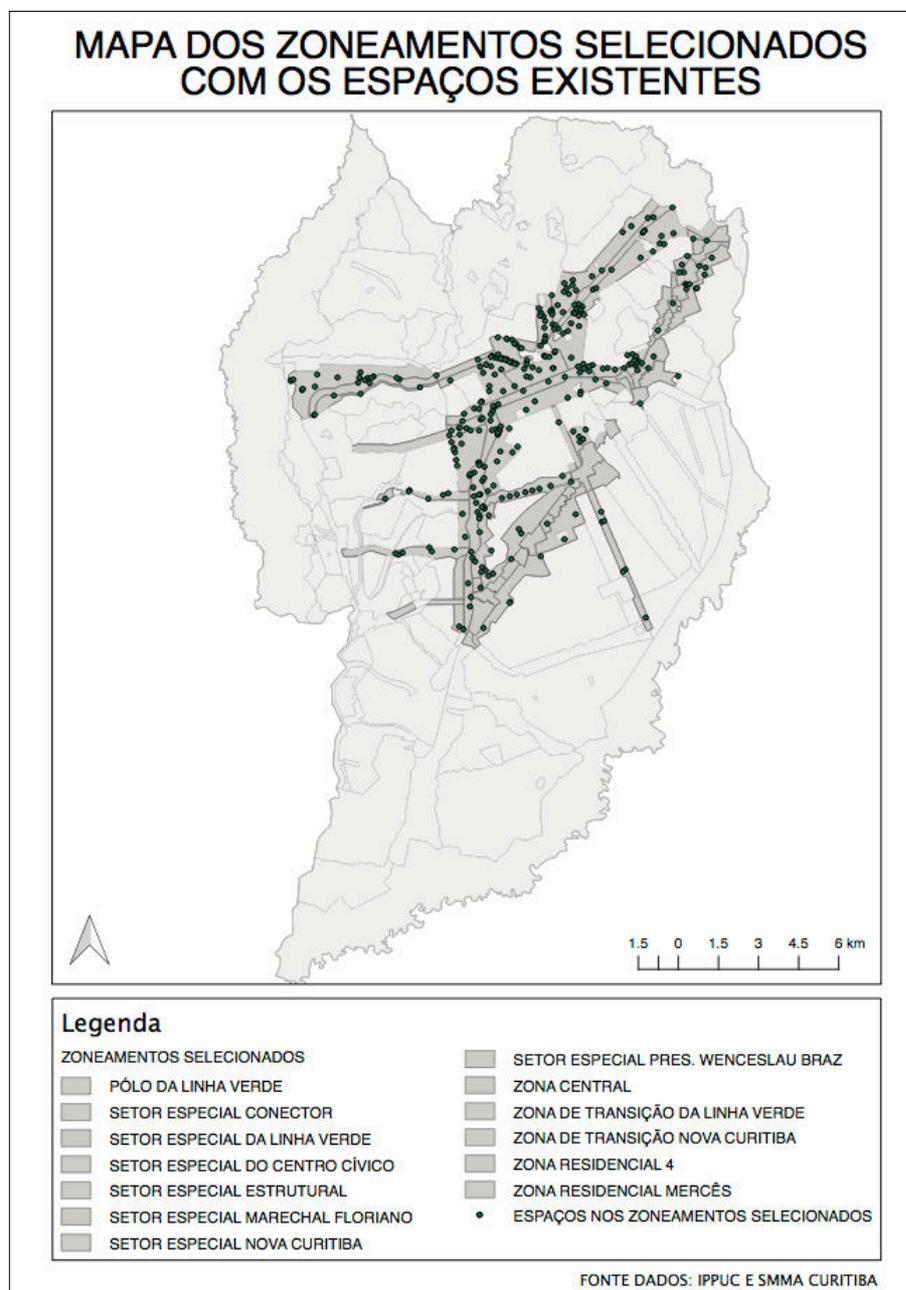
Tabela 5 – Resumo dos zoneamentos selecionados

	ZONEAMENTO	NÚMERO DE PAVIMENTOS PERMITIDO LEI 9800/2000	POTENCIAL CONSTRUTIVO DECRETO 933/2014	NÚMERO PAVIMENTOS COM POTENCIAL CONSTRUTIVO	QUANTIDADE DE ESPAÇOS PÚBLICOS ABERTOS
1	Zona Residencial Mercês	2	8	-	1
2	Setor Especial Conector	4	-	8	19
3	Setor Especial Marechal Floriano	4	10	10	6
4	Setor Especial Pres. Wenceslau Braz	4	10	10	10
5	Zona de Transição da Linha Verde	4	-	10	37
6	Setor Especial da Linha Verde	6	-	10	5
7	Zona de Transição Nova Curitiba (Via Ext.)	6	8	8	15
8	Zona Residencial 4	6	8	8	131
	Zona Residencial 4 Linha Verde	6	-	10	1
9	Polo da Linha Verde	Livre	-	Livre	8
10	Setor Especial Estrutural	Livre	-	-	43
11	Setor Especial Nova Curitiba (Via Ext.)	Livre	-	Livre	6
	Setor Especial Nova Curitiba (Demais Vias)	Livre	-	Livre	-
12	Zona Central	Livre	Cone	Cone	13

13	Setor Especial do Centro Cívico – Cândido de Abreu/Demais	Livre/6	10	6	15
----	---	---------	----	---	----

Fonte: autoria própria (2019).

Figura 21 – Mapa dos zoneamentos selecionados e os respectivos espaços existentes



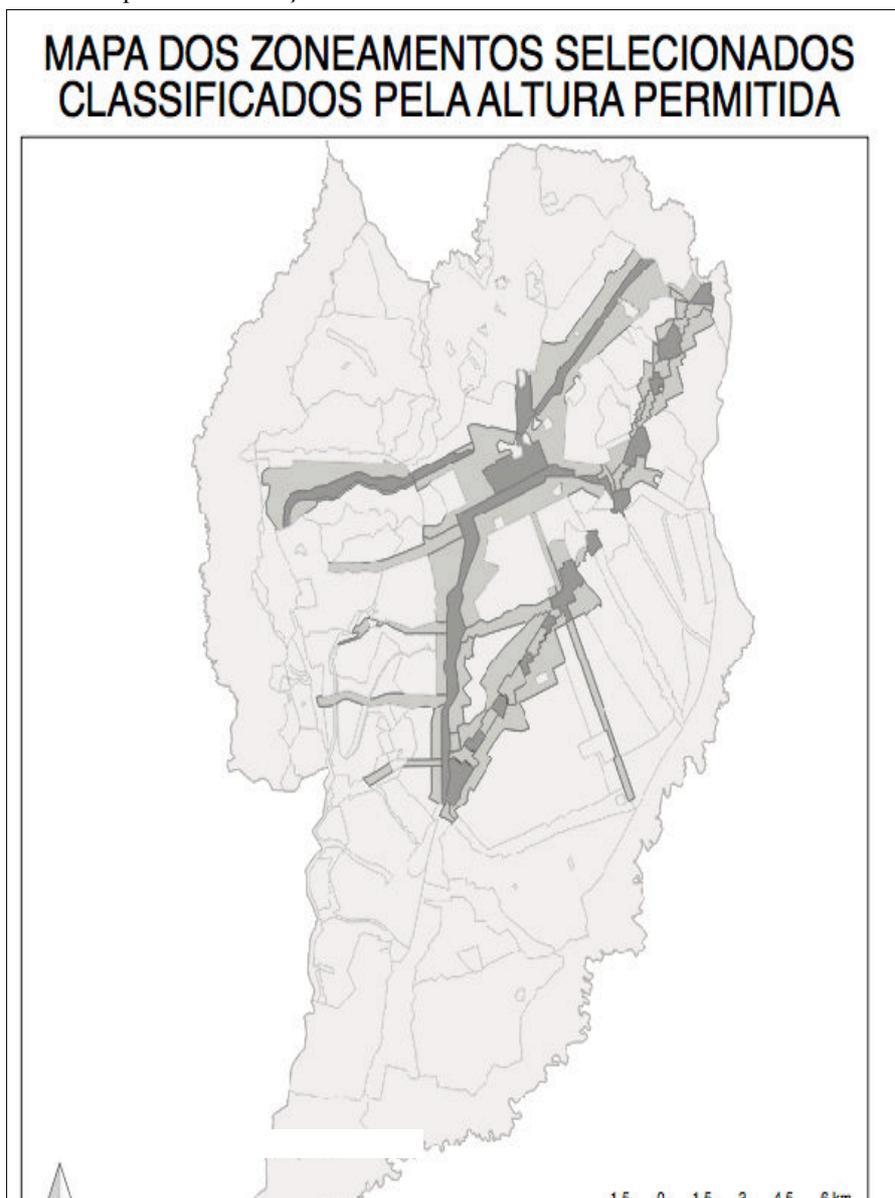
Fonte: autoria própria (2018).

A Zona Residencial Alto da Glória não foi selecionada, mesmo podendo atingir oito pavimentos conforme o Decreto 933/2014, por não conter espaços públicos abertos neste zoneamento. Assim como: a Zona de Transição Nova Curitiba (Demais vias), Zona

Residencial 4 Batel/Alto da XV, Zona Residencial 4 Rebouças, Setor Especial Nova Curitiba (Demais Vias).

Analisando-se o número de pavimentos permitido na Lei nº 9800/2000, dos 13 tipos de zoneamento selecionados, 06 possuem altura máxima permitida livre. Os demais zoneamentos selecionados, possuem menos entre 02 e 06 pavimentos permitidos pela Lei nº 9800/200, mas com possibilidade de acréscimo de altura com a aquisição do Potencial Construtivo podendo chegar a 10 pavimentos (Figura 22).

Figura 22 – Mapa de classificação dos zoneamentos selecionados de acordo com altura permitida



Fonte: autoria própria (2018).

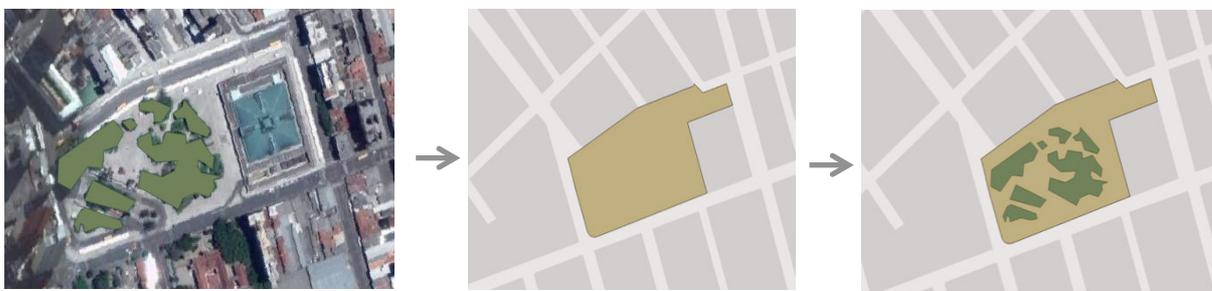
3.1.5.2 Seleção dos espaços públicos abertos de convívio

O número total de espaços existentes no arquivo formato *shapefile* Praças e Jardinetes disponibilizado pelo IPPUC (2015) é de 1.016 unidades. Para a seleção dos espaços públicos abertos de convívio foram analisados cada um dos espaços contidos nos Zoneamentos selecionados, num total de 310 unidades. Foram analisados os seguintes critérios: altura das edificações no entorno imediato, quantidade de arborização no espaço, e número de bancos em cada um dos espaços. Para cada um dos critérios foram adotados valores para pontuação entre 1 e 3, sendo o primeiro a pontuação mínima e o outro a pontuação máxima.

Como as edificações no entorno imediato são as responsáveis pelo possível sombreamento dos espaços públicos abertos, a análise visual das alturas é um importante critério para definição dos espaços que serão analisados. No estudo, as edificações foram classificadas como: existência de somente edificações baixas de até 4 pavimentos no entorno (1 ponto), existência de edificações no entorno altas e baixas (2 pontos), e existência de somente edificações altas, com mais de 6 pavimentos, no entorno (3 pontos). Este critério foi avaliado visualmente através do *Google Street View*[®].

Como a proposta do estudo é de se efetuar análises de sombreamento por meio de sensoriamento remoto, dependendo da quantidade de arborização no local os espaços ficam impossibilitados de serem analisados, portanto o segundo critério escolhido como critério de seleção foi a quantidade de arborização no espaço. Os espaços foram classificados como: espaços com mais de 60% da área arborizada (1 ponto), espaços com área arborizada entre 30 e 60% (2 pontos), e espaços com até 30% da área arborizada (3 pontos). Este critério foi avaliado através de ferramenta do QGIS, com auxílio do arquivo tipo raster da imagem de satélite do *Google*[®] (Figura 23).

Figura 23 – Esquema demonstrativo da análise do critério quantidade de arborização



Fonte: autoria própria (2018).

O terceiro critério, número de bancos de permanência disponíveis no espaço, foi escolhido levando-se em consideração que este é um dos fatores que podem influenciar e

contribuir para a permanência de usuários no local. Os espaços foram classificados como: não possuindo bancos (1 ponto), presença de um banco (2 pontos), e presença de vários bancos (Tabela 6). Foram observados também os equipamentos presentes em cada um dos espaços analisados.

Tabela 6 – Sistema de Classificação dos critérios de seleção dos espaços

Critério	Pontuação		
	1 Ponto	2 Pontos	3 Pontos
Edificações no entorno	Edificações baixas	Edificações mescladas	Edificações altas
Arborização	Mais de 60% da área total do local	Entre 30 e 60% da área total do local	Até 30% da área total do local
Número de bancos de permanência	Nenhum banco	Um banco	Vários bancos

Fonte: autoria própria (2019).

Para ser selecionado, foi definido que o espaço deveria ter pelo menos um dos critérios avaliados com pontuação igual a 3 (Tabela 6 e Apêndice B).

Os espaços avaliados com o critério edificações no entorno imediato com pontuação igual a 1 ou seja, presença somente de construções baixas, foram desconsiderados a princípio, mesmo que os outros dois critérios tivessem pontuação igual a 3, devido a mínima projeção de sombreamento sobre os espaços, e poderiam ser considerados para estudos futuros.

Os espaços com muita cobertura vegetal, avaliados com pontuação igual a 1, também foram desconsiderados mesmo que os outros critérios fossem avaliados com pontuação igual a 3.

Somente um dos espaços analisados obteve pontuação máxima (3 pontos) nos três critérios, 14 espaços com avaliação máxima em 2 critérios, e 10 espaços com avaliação máxima em um critério (Tabela 7).

Tabela 7 – Resultado da avaliação dos espaços

Avaliação	Número De Espaços
3 critérios com pontuação igual a 3	1
2 critérios com pontuação igual a 3	14
1 critério com pontuação igual a 3	10
Total de espaços selecionados	25

Fonte: autoria própria (2019).

Desta forma, foram selecionados 25 espaços públicos abertos de convívio para análise, em oito diferentes zoneamentos (Tabela 8 e Apêndice C).

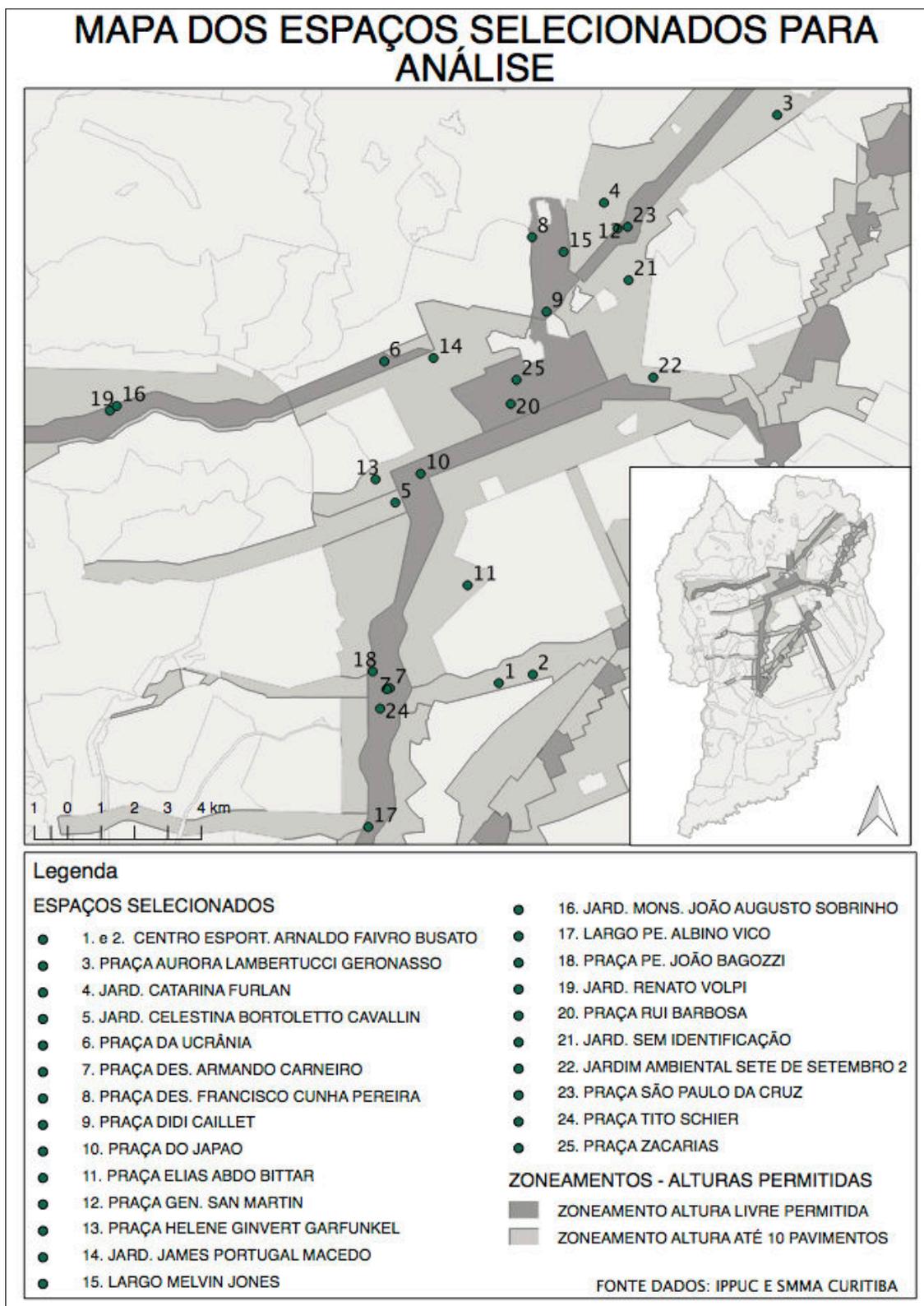
Tabela 8 – Espaços selecionados

	TIPO	DENOMINAÇÃO	ZONEAMENTO	CRIT. 01	CRIT. 02	CRIT. 03
1	Jardinete	Celestina Bortoletto Cavallin	Setor Especial Conector	3	2	3
2	Praça	Des. Francisco Cunha Pereira	Setor Especial do Centro Cívico	3	2	2
3	Largo	Melvin Jones	Setor Especial do Centro Cívico	2	2	3
4	Praça	Didi Caillet	Setor Especial do Centro Cívico	3	3	3
5	Praça	Tito Schier	Setor Especial Estrutural	2	2	3
6	Praça	Pe. João Bagozzi	Setor Especial Estrutural	3	2	3
7	Praça	Des. Armando Carneiro	Setor Especial Estrutural	3	2	3
8	Praça	São Paulo Da Cruz	Setor Especial Estrutural	2	3	3
9	Praça	Gen. San Martin	Setor Especial Estrutural	3	2	3
10	Largo	Pe. Albino Vico	Setor Especial Estrutural	1	2	3
11	Praça	Da Ucrânia	Setor Especial Estrutural/ Residencial Mercês	2	2	3
12	Praça	Do Japão	Setor Especial Estrutural	2	3	3
13	Jardinete	Renato Volpi	Setor Especial Nova Curitiba	2	2	3
14	Centro Esp.	Arnaldo Faivro Busato 4	Setor Especial Pres. Wenceslau Braz	3	2	2
15	Centro Esp.	Arnaldo Faivro Busato 6	Setor Especial Pres. Wenceslau Braz	3	2	2
16	Praça	Rui Barbosa	Zona Central	3	2	3
17	Praça	Zacarias	Zona Central	3	2	3
18	Jardinete	Mons. João Augusto Sobrinho	Zona de Transição Nova Curitiba	3	3	2
19	Praça	Aurora Lambertucci Geronasso	Zona Residencial 4	2	2	3
20	Praça	Elias Abdo Bittar	Zona Residencial 4	3	1	3
21	Praça	Helene Ginvert Garfunkel	Zona Residencial 4	3	1	3
22	Jardinete	James Portugal Macedo	Zona Residencial 4	2	2	3
23	Jard. Ambiental	Sete De Setembro 2	Zona Residencial 4	2	2	3
24	Jardinete	Catarina Furlan	Zona Residencial 4	3	2	3
25	Jardinete	Sem Identificação	Zona Residencial 4	3	2	3

Fonte: autoria própria (2019).

Dos 25 espaços selecionados, a maioria dos espaços, mais especificadamente 14 deles, estão inseridos em zoneamentos que permitem altura livre de edificações, e 11 estão em zoneamentos que permitem edificações de até 10 pavimentos (Tabela 9 e Figura 24).

Figura 24 – Mapa de localização dos espaços públicos abertos de convívio selecionados para análise em seus respectivos zoneamentos classificados de acordo com a altura permitida



Fonte: autoria própria (2018).

3.1.6 Método de Seleção dos Espaços Públicos Abertos de Convívio em Curitiba para Análise do Sombreamento em Cenário Simulado

As análises de cenário futuro têm a finalidade de verificar o impacto de novas construções do entorno imediato sobre os espaços públicos abertos de convívio em zoneamentos não totalmente consolidados, com lotes vagos ou com edificações que podem vir a ser substituídas por construções mais altas.

O critério adotado para a seleção em cenários futuros foi focado na escolha de espaços situados em Zoneamentos onde, até o momento, mesmo com grandes alturas permitidas, existam edificações de altura baixa ou mesclada (baixa e alta), ou lotes vagos. Além disto foi também verificada a existência de espaços em Zoneamentos em expansão onde, com as atualizações no Plano Diretor Municipal, poderiam existir lotes com possibilidade de serem construídas edificações de grande porte e altura promovendo assim a verticalização do local.

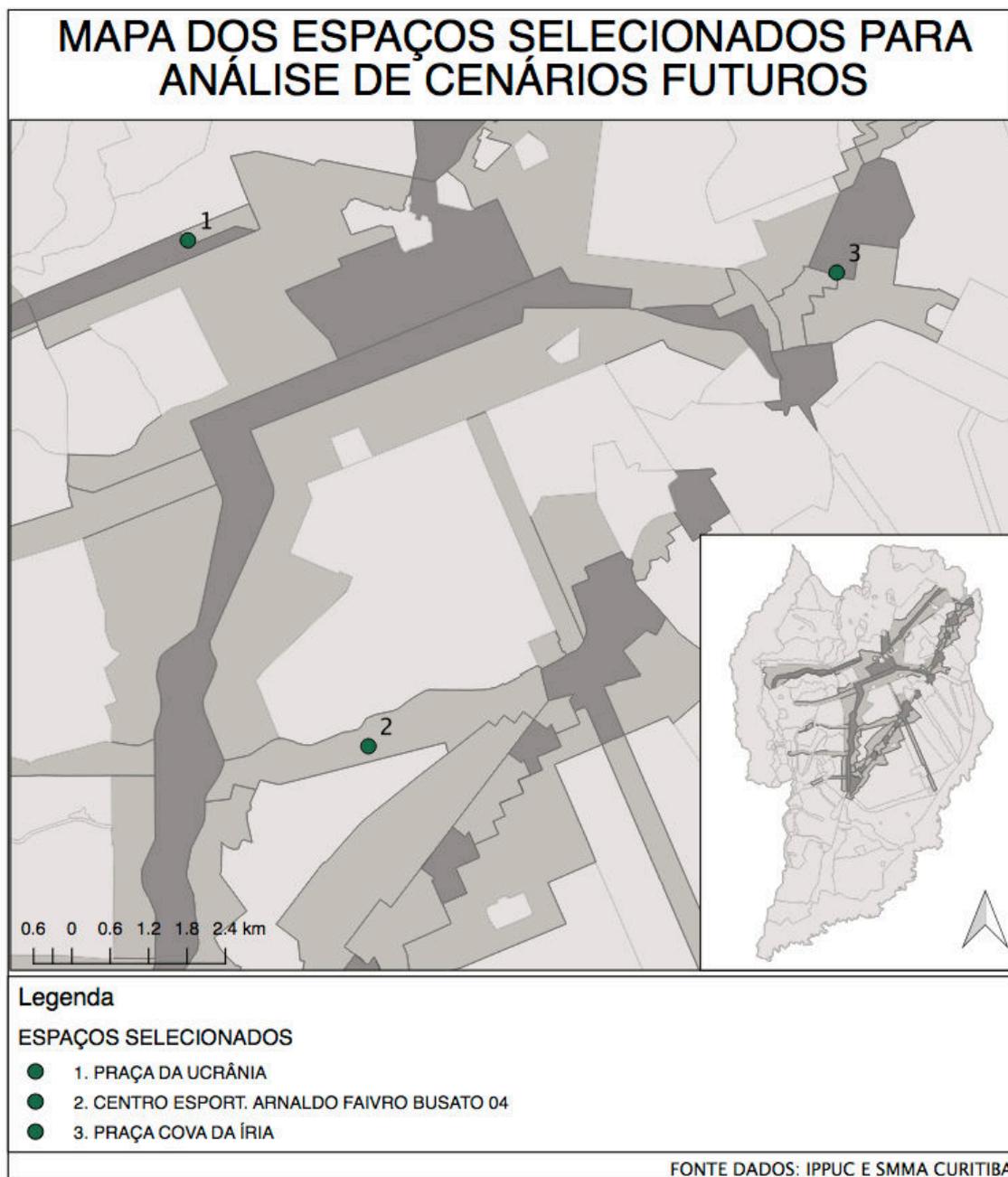
Como resultado, foram escolhidos três espaços que estão inseridos em Zoneamentos distintos, com probabilidade de expansão e novas construções. Dois deles já foram selecionados anteriormente para análise com a configuração atual de edificações no entorno. O outro espaço, localizado no Zoneamento Polo da Linha Verde, não possui construções altas até o momento, mas que tem grande incentivo de desenvolvimento por parte da Prefeitura Municipal de Curitiba, principalmente a partir das últimas revisões do Plano Diretor Municipal, onde primeiramente o Zoneamento do local foi alterado para Zona de Uso Misto, com possibilidade de acréscimo de Potencial Construtivo por meio da utilização de instrumento de aquisição e ou transferência (PARANÁ, 2016) (Figura 25 e Tabela 9).

Tabela 9 – Espaços selecionados – análises de cenários futuros

ITEM	ESPAÇO	ZONEAMENTO	ALTURA MÁXIMA PERMITIDA	CRIT. 01	CRIT. 02	CRIT. 03
1	Praça da Ucrânia	Estrutural/Zona Residencial Mercês	Livre / 08 pavimentos	2	2	3
2	Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04	Setor Especial Pres. Wenceslau Braz	10 pavimentos	3	2	2
3	Praça Cova da Íria	Polo da Linha Verde	Livre	3	1	3

Fonte: autoria própria (2019).

Figura 25 – Mapa de Localização dos espaços públicos abertos de convívio selecionados para análise em cenário simulado



Fonte: autoria própria (2018).

3.2 MÉTODOS PARA OBTENÇÃO DAS ALTURAS DAS EDIFICAÇÕES

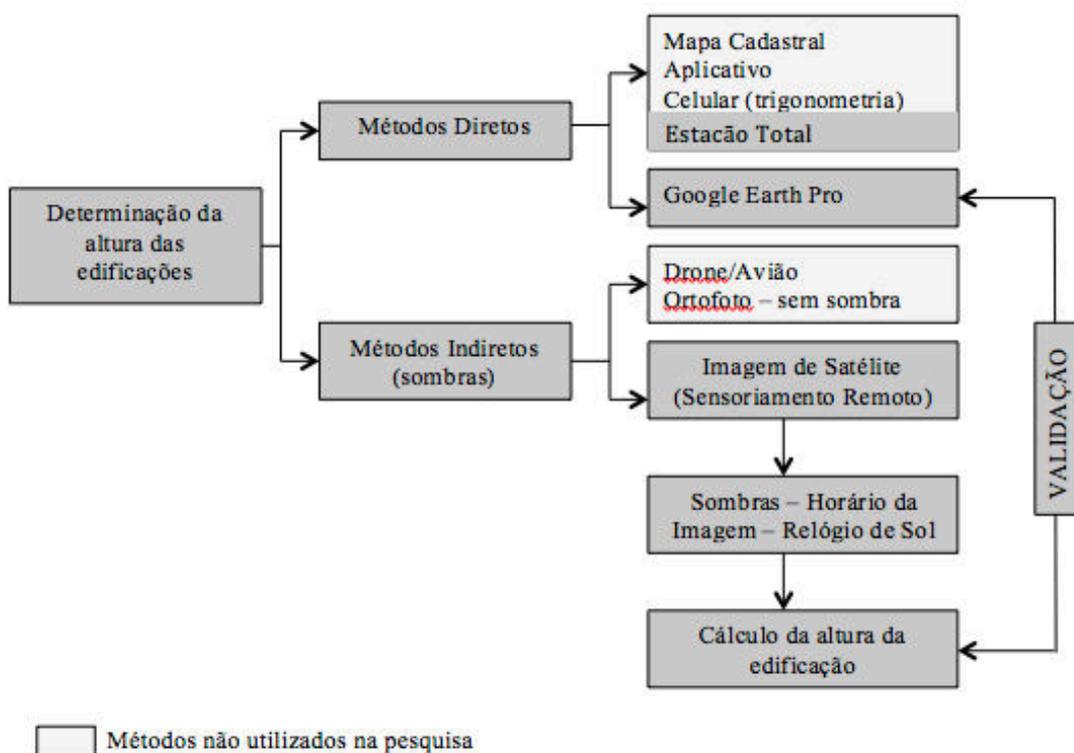
Na etapa que se refere à obtenção das alturas das edificações, serão apresentadas duas formas distintas, uma delas direta e outra indireta, descritas na sequência.

As alturas das edificações podem ser obtidas através de métodos diretos e indiretos. Dentre os métodos diretos podemos citar o Cadastro Imobiliário do Município, medições com

Estação Total *in loco*, utilização de aplicativos de celular existentes para medição com princípios de trigonometria, e a medição através de ferramentas do software *Google Earth Pro*[®], usando a base de dados tridimensional disponível para algumas cidades nesta aplicação. Em Abril de 2017 o *Google Earth Pro*[®] lançou um novo recurso de visualização em 3D onde é possível obter as alturas diretamente no aplicativo, no entanto, a base de dados tridimensional está disponível no momento somente para as capitais do Brasil. Cidades médias, como por exemplo Londrina e Maringá no estado do Paraná, não têm até o momento disponibilidade deste recurso.

O método indireto pode ser utilizado para situações onde a base de dados para a medição através da ferramenta do *Google Earth Pro*[®] não está disponível, pois deve-se levar em consideração que nem todas as cidades geralmente possuem ou disponibilizam um registro/cadastro geral das alturas das edificações, e que nem sempre é possível estar no local para verificar ou obter essas alturas, devido ao deslocamento ou até o tempo gasto para realizar estes levantamentos. Sendo assim, foi desenvolvido neste estudo um método indireto que se utiliza de equações trigonométricas a partir da análise de projeções de sombras em imagens de satélite, disponibilizadas no *Google Earth Pro*[®].

Figura 26 – Organograma métodos de obtenção das alturas das edificações



Fonte: autoria própria (2018).

3.2.1 Obtenção da Altura das Edificações Através de Métodos Diretos

Neste estudo serão abordados dois métodos diretos, o método de medição *in loco* com Estação Total e o método de medição através de ferramentas do software *Google Earth Pro*[®], onde não é necessário que o desenvolvedor esteja no local, ou que tenha equipamentos específicos.

3.2.1.1 Obtenção da altura das edificações in loco

A obtenção das alturas nas medições *in loco*, para validações de outros métodos, foram feitas através da Estação Total Leica TS 02 (UTFPR) e TPS407 (UFPR). A metodologia adotada para as medições seguiu as seguintes etapas: 1. Montagem e nivelamento visual do tripé; 2. Fixação do equipamento; 3. Nivelamento do equipamento; 4. Inserção dos dados – altura do equipamento e altura do prisma; 5. No visor: Item programas – altura remota; 5. Ponto no prisma inferior e ponto superior edificação; 6. Resultado no visor.

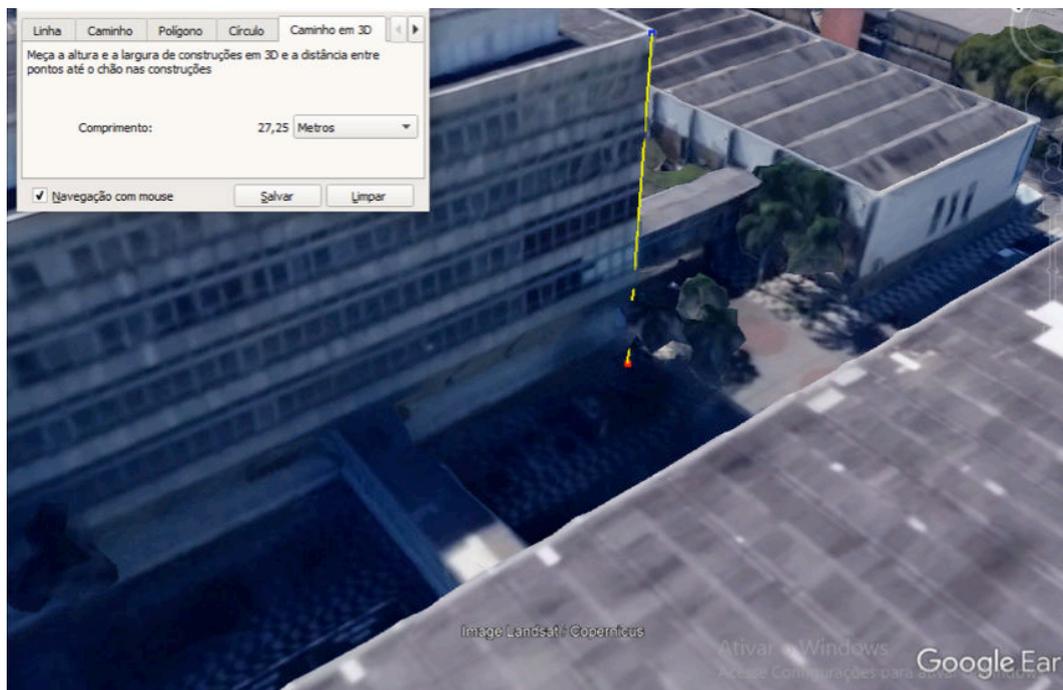
3.2.1.2 Obtenção da altura das edificações através do Google Earth Pro[®]

Para a obtenção das alturas através de medição no *Google Earth Pro 3D*[®] foi utilizada a versão 7.3.2 no Sistema Windows XP e no Sistema Mac Os X. A ferramenta disponibilizada e utilizada é denominada régua, na opção intitulada Caminho em 3D, que mede a altura e largura das construções em 3D e a distância entre pontos até o chão nas construções. Os resultados podem ser apresentados em diversas unidades, sendo escolhido para este trabalho o metro.

3.2.1.2.1 Validação do método de obtenção das alturas através do Google Earth Pro[®]

Para verificar se a altura da edificação obtida através do *Google Earth Pro*[®], ferramenta de medição 3D, apresenta valores próximos aos reais, foi escolhido como objeto de análise o Edifício da Administração do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba. A altura real do edifício foi mensurada *in loco* e posteriormente foi comparada à altura obtida através da ferramenta do *Google Earth Pro*[®] (Figura 27).

Figura 27 – Medição da altura do edifício da Administração do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná – Plug-in *Google Earth Pro*[®]



Fonte: autoria própria (2019).

Observou-se que a diferença entre a medição *in loco* e a altura obtida através da ferramenta do *Google Earth Pro*[®], foi em torno de 0,625 metros, o que corresponde a diferença de 2,2%, tornando viável a utilização deste recurso virtual (Tabela 10).

Tabela 10 – 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

Fonte: autoria própria (2019).

A partir de simulações de sombra, pôde-se observar que um erro de até 01 metro na medição da altura final do prédio deve acarretar em até cerca de 1,5% de diferença na área da sombra projetada (Tabela 11 e Figura 28).

Tabela 11 – Estimativa diferença entre as projeções de sombra a partir de altura obtida *in loco* e através do *Google 3D*[®]

Dados	Altura (m)	Área da projeção da sombra (m ²)	Diferença (%)
Altura real	56,5	4.235	-
Altura real + erro de até 1m	57,5	4.298	1,5%

Fonte: autoria própria (2019).

Figura 28 – Estimativa de diferença nas projeções de sombra a partir de altura obtida *in loco* e através do Google 3D[®]



Fonte: autoria própria (2019).

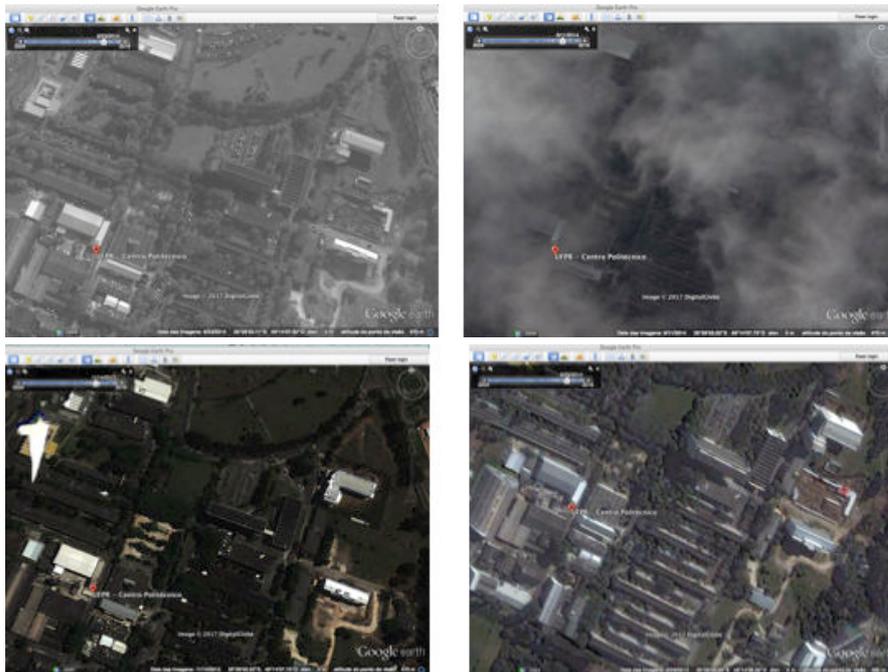
3.2.2 Obtenção da Altura das Edificações Através do Método Indireto

A obtenção das alturas a partir do método indireto é feita pela observação das sombras projetadas no solo. Estas sombras podem ser observadas de diferentes maneiras, como através de levantamentos fotográficos, feitos a partir de sobrevoos de drones ou aviões; a partir da utilização de bancos de dados de ortofotos, sendo que geralmente nestes casos as sombras são retiradas em seu processamento; e a partir das imagens de satélite de bancos de dados de sensoriamento remoto, que podem ser adquiridas ou que também são disponibilizadas online como por exemplo pelo *Google Earth Pro*[®], recurso este utilizado neste estudo e descrito a seguir.

3.2.2.1 Seleção de imagens aéreas do Google Earth Pro[®] – versão 7.1.5.1557

Primeiramente, é necessário selecionar a imagem aérea que melhor enquadre o objeto de estudo. O *Google Earth Pro*[®] disponibiliza uma ferramenta de apresentação de imagens históricas, na qual são disponibilizadas todas as imagens existentes de determinada localidade (Figura 29).

Figura 29 – Imagem de satélite da UFPR Centro Politécnico em diferentes datas



Fonte: *Google Earth*[®] (2017).

A partir desta ferramenta deve-se selecionar a melhor imagem, tendo como critério a qualidade da imagem (nitidez), a inclinação dos prédios e também o posicionamento da sombra (dimensão, inclinação), e a visualização do pé da sombra no edifício.

3.2.2.2 Estimativa do horário de captura da imagem – Relógio de Sol Virtual

Como estas imagens são distribuídas gratuitamente, os metadados disponibilizados são mínimos (constando apenas: data, longitude e latitude), e para se estimar a altura dos edifícios a partir das sombras projetadas, segundo relações geométricas e utilizando-se da geometria solar, é necessário conhecer o horário no qual essas foram capturadas, uma vez que tal horário definirá a extensão da sombra na imagem.

O método adotado para se obter o horário da captura da imagem a partir da data fornecida como metadado baseia-se na estimativa do horário via sobreposição de um relógio de sol virtual sobre a imagem, metodologia sugerida também por Baird *et al.* (2015), Evans-Cowley (2015) e Tsai *et al.* (2016).

Existem algumas opções de relógio de sol que disponibilizam os ângulos dos azimutes de sombra, tais como o sugerido no texto de Calil (2016), o aplicativo elaborado por Ghiorzi (2016), e o website de ferramentas para trabalhos com energia solar *SunEarthTools* (2016).

Neste trabalho optou-se por utilizar o relógio de sol virtual disponibilizado pelo website de ferramentas *SunEarthTools* (2016).

A validação do relógio de sol virtual escolhido foi feita com o auxílio de imagens de satélites de alta resolução das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, disponibilizadas como amostras pela Digital Globe (2017), as quais forneciam metadados completos sobre a aquisição da imagem, como data, horário, latitude e longitude (Tabela 12), foram testados na pesquisa alguns métodos disponíveis para determinação do horário de captura a partir da sobreposição de relógio de sol.

Tabela 12 – Metadados das imagens

	Rio de Janeiro	São Paulo
Longitude	-43.21839	-46.56262
Latitude	-22.96665	-23.55697
Data	18/03/2011	10/09/2014
Horário (GMT)	13:23	13:07

Fonte: Digital Globe (2017).

Foram localizados edifícios nas imagens de satélite da Digital Globe (2017), a partir dos quais fosse possível a visualização integral da sombra no solo, tanto nas imagens do Rio de Janeiro quanto nas de São Paulo (Figura 30).

Figura 30 – Gráficos do relógio de sol para as cidades do Rio de Janeiro (superior) e São Paulo (inferior) gerados pela ferramenta online *SunEarthTools*, sobre a base do *Google Maps*[®].



Fonte: MORO *et al.* (2017).

Sobre estas imagens foi sobreposto o diagrama do relógio do sol, o qual representa graficamente os azimutes de sombra calculados pela ferramenta *SunEarthTools* (SUNEARTHTOOLS, 2016). Os gráficos foram gerados online a partir dos mesmos metadados fornecidos pelas imagens de satélite do Rio de Janeiro e de São Paulo, a saber: data, horário, *time zone*, latitude e longitude, com a finalidade de verificar a compatibilidade entre estes e o horário resultante do gráfico (MORO *et al.*, 2017).

Observou-se que, nas imagens, os horários fornecidos pela empresa Digital Globe (2017) estão em GMT – *Greenwich Mean Time*, enquanto que os horários locais são GMT-3. Nas imagens, pôde-se averiguar ainda que os ângulos fornecidos pela ferramenta *SunEarthTools* (2016) correspondem ao horário local. Nas duas imagens, tanto para o Rio de Janeiro quanto em São Paulo, os horários obtidos através do gráfico do relógio de sol virtual confirmaram os horários fornecidos nos metadados, entre 10 e 11 horas no horário local. Com isso, comprovou-se a possibilidade de utilizar a ferramenta de geração do relógio de sol para estimativa de horário da tomada das imagens (Figura 31). Adicionalmente, foi testada a ferramenta de projeção de sombras no software de maquetes eletrônicas *Google SketchUp*[®], que apresenta resultados coerentes com os obtidos através das ferramentas astronômicas (MORO *et al.*, 2017).

Figura 31 – Imagens de satélite das cidades do Rio de Janeiro (a) e São Paulo (b) com o gráfico do relógio de sol.



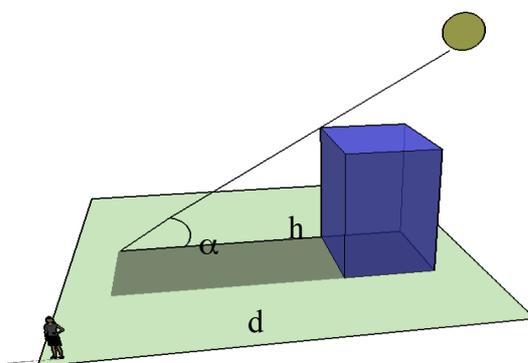
Fonte: MORO *et al.* (2017).

3.2.2.3 Cálculo da estimativa da altura das edificações

Após a verificação do horário de captura da imagem, foi realizada a estimativa da altura (h) da edificação através da relação trigonométrica entre a altura solar (α) e a dimensão da sombra da edificação (d) projetada no solo (Eq. 4 e Figura 32).

$$tg\alpha = \frac{h}{d} \longrightarrow h = d \times tg\alpha \quad (4)$$

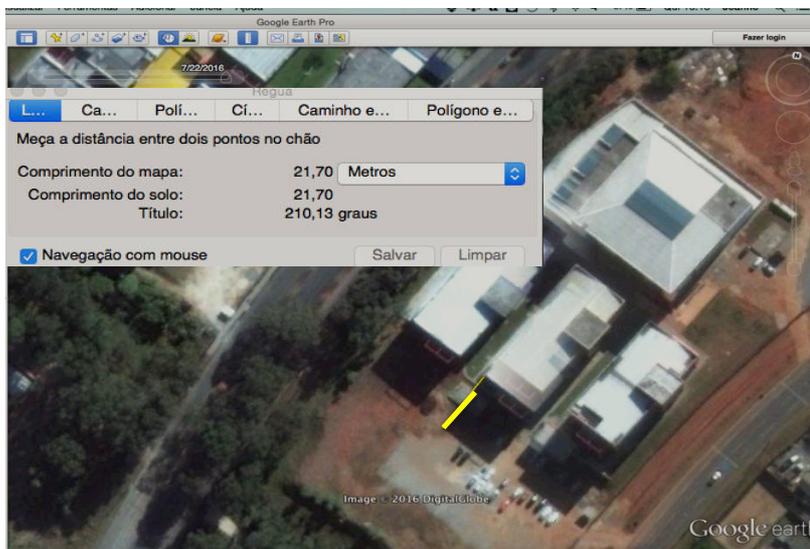
Figura 32 – Relação trigonométrica entre a altura solar e a dimensão da sombra



Fonte: autoria própria (2018).

A medida da dimensão da sombra (d) foi obtida através da ferramenta régua no *Google Earth Pro*[®], onde é possível obter medidas lineares, de um caminho, polígono, círculo, entre outros. Neste caso foi utilizada a medida linear, a partir da extremidade do edifício até o limite da sombra (Figura 33).

Figura 33 – Medição do comprimento das sombra pelo *Google Earth Pro*[®]



Fonte: autoria própria (2018).

A altura solar (α) foi obtida através da planilha de dados disponibilizada em meio digital pelo NOAA (USA, 2016).

3.3 FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE SOMBREAMENTO SOBRE ESPAÇOS PÚBLICOS ABERTOS

Para a avaliação do impacto causado pelas projeções das sombras provenientes das edificações sobre os espaços públicos abertos, se faz necessária a realização de simulações computacionais. Para a execução dessas simulações podem ser utilizados softwares disponíveis no mercado como por exemplo o *Google SketchUp*[®], ou outros como o plug-in *Package Shadow* do software R, que é utilizado em conjunto com outras ferramentas, sendo estas de Sensoriamento Remoto e os Sistemas de análise e manipulação de dados geográficos, os chamados Sistemas de Informações Geográficas – SIG.

Para o desenvolvimento da ferramenta propõe-se a utilização de softwares de código aberto, sendo estes o QGIS e o software de estatística R descritos anteriormente, com o intuito de analisar a quantidade de sombreamento proveniente de edificações no entorno imediato através de simulações computacionais. Neste estudo, em alguns espaços públicos abertos de convívio na cidade de Curitiba/PR, nas datas de solstício de inverno, de solstício de verão e de equinócio.

3.3.1 Softwares Escolhidos Para a Realização das Simulações

Para o desenvolvimento da segunda etapa da metodologia, avaliação do nível de sombreamento sobre espaços públicos abertos, foram utilizados os softwares QGIS versão 2.14.3 - Essen, e o *Package Shadow* (DORMAN *et al.*, 2017) do software de estatística R versão 3.3.3.

Os arquivos de dados de entrada necessários foram: um arquivo tipo raster¹ contendo a ortofoto da área de estudo, e um arquivo em formato *shapefile*² do arruamento das quadras da cidade de Curitiba. Estes foram obtidos através de bancos de dados disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2019).

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 dos espaços objetos de estudo. Todas as camadas foram adicionadas no Sistema de

¹Arquivo eletrônico de documento digitalizado.

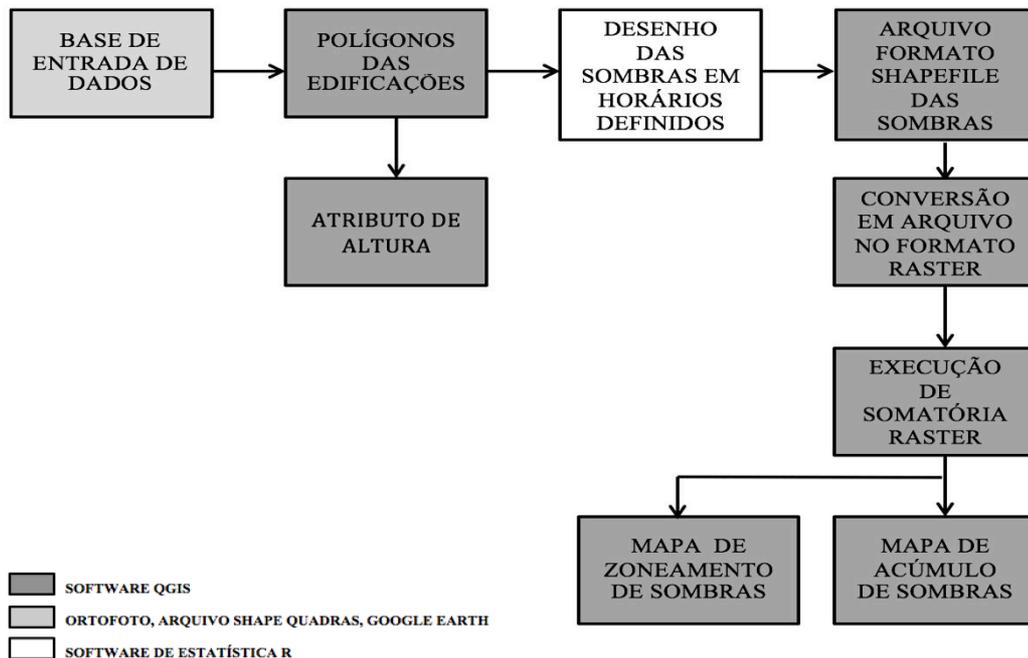
²Arquivo digital com dado geoespaciais em forma de vetor.

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*[®].

Na sequência, tendo como base o arquivo formato *shapefile* dos polígonos das edificações no entorno gerado no software QGIS, foi executada a simulação da trajetória das sombras das edificações no entorno imediato, com a utilização do plug-in *Package Shadow* 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, baseando-se no descrito na Lei nº 7.400 de 20 fevereiro de 2008 de Salvador/Brasil, totalizando 33 arquivos no formato *shapefile* para cada data. Para cada simulação, foram aplicadas as etapas de geração do sombreamento de acordo com o código aberto disponibilizado por Dorman *et al.* (2017) (vide Apêndice 1).

Posteriormente, no software QGIS, os arquivos das sombras gerados no software R foram transformados em arquivos formato raster com mesmo valor de atributo (células N=1). Todos os arquivos formato raster, com resolução de 50 centímetros, possuem a mesma dimensão, tendo sido criado para isto um polígono com dimensões mínimas de coordenadas Leste e Norte mínimas e máximas. 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 três horas, de 3 a 5 horas e com mais de 5 horas (Figura 34).

Figura 34 – Fluxograma etapas simulação sombreamento



Fonte: autoria própria (2018).

3.3.2 Simulação De Sombras A Partir do Software R

O sistema R é um software livre para computação estatística e gráficos. Por possuir código aberto, muitos participantes analisam dados contidos nele podendo desenvolver pacotes que alimentam o arquivo abrangente do R Network4 (CRAN) para que outros usuários baixem e empreguem (BIVAND *et al.*, 2008).

Segundo Owen (2010), o R é um conjunto integrado de instalações de software para manipulação de dados, simulação, cálculo e exibição gráfica. Ele lida e analisa dados de forma eficiente, e possui recursos gráficos para gráficos sofisticados.

Segundo 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.

Sua reprodutibilidade também é outro fator que torna o software interessante no uso de análises espaciais (EMMASIT, 2016).

São disponibilizados para o software os chamados pacotes (*packages*) que são bibliotecas contendo funções e dados utilizados para finalidades específicas. Segundo Bivand

et al. (2008), desde a década de 1990 o software R possui um número crescente de pacotes que contribuem para manipulação e análise de dados espaciais.

3.3.2.1 *Package Shadow* – pacote de sombra

O pacote de análise de sombreamento em meio urbano foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da *Ben-Gurion University of the Negev*, tendo em vista que a análise espacial do ambiente urbano requer frequentemente estimativa do sombreamento. Esses tipos de cálculos (e mais avançados) geralmente são restritos a softwares proprietários que lidam com modelos 3D, como o *ArcScene* da ESRI® ou o *Google SketchUp*®, onde o foco é a visualização em vez de análise quantitativa (DORMAN *et al.*, 2017).

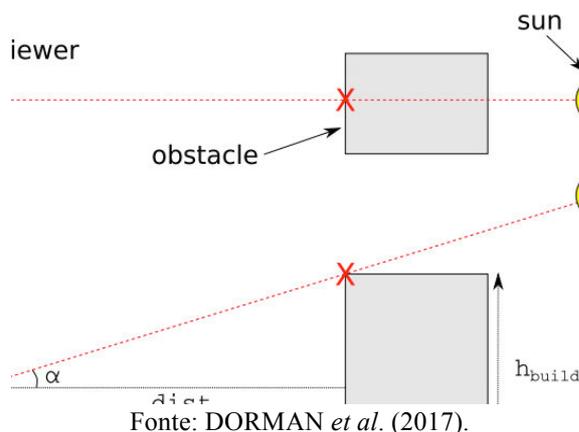
O denominado pacote *Shadow* opera em uma camada vetorial de contornos de construção juntamente com suas alturas. Esses dados geralmente são muito mais frequentemente disponíveis, seja de municípios locais ou de conjuntos de dados globais, como o *OpenStreetMap*. Portanto, as estimativas da sombra resultantes 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) que não sejam os edifícios, o que pode ser inadequado em certas situações (DORMAN *et al.*, 2017).

Para poder funcionar, é preciso carregar outros pacotes complementares, sendo eles: *Package raster* para leitura, escrita, manipulação, análise e modelagem de dados espaciais com grade; *Package rgeos* que fornece funções para lidar com operações em topologias; *Package rgdal* com ligações para a biblioteca de abstração de dados geoespaciais. Este último pacote fornece métodos para trabalhar com a importação e exportação de diferentes formatos de dados geoespaciais de quadros e vetores, sistemas de referência de coordenadas, projeções, etc.; *Package maptools* um conjunto de ferramentas para manipular e ler dados geográficos, em particular '*ESRI*® *shapefiles*'; *Packagesp* classes e métodos para dados espaciais. Nele são fornecidas funções de utilidade, por exemplo para traçar dados como mapas, seleção espacial, bem como métodos para recuperar coordenadas, para subconjunto, impressão, resumo, etc. (EMAASIT, 2016).

Possui diversas funções, sendo as principais *shadowHeight*, *shadowFootprint* e *SkyViewFactor* – SVF. A primeira função, *shadowHeight*, calcula a altura da sombra caso haja um obstáculo de altura e distância conhecidas, levando em consideração:

- Esboços de obstáculos (*obstacles*), dados por uma camada poligonal com um atributo de altura;
- Posição do sol (*solar_pos*), dada pelo azimute e ângulos de elevação (Figura 35);

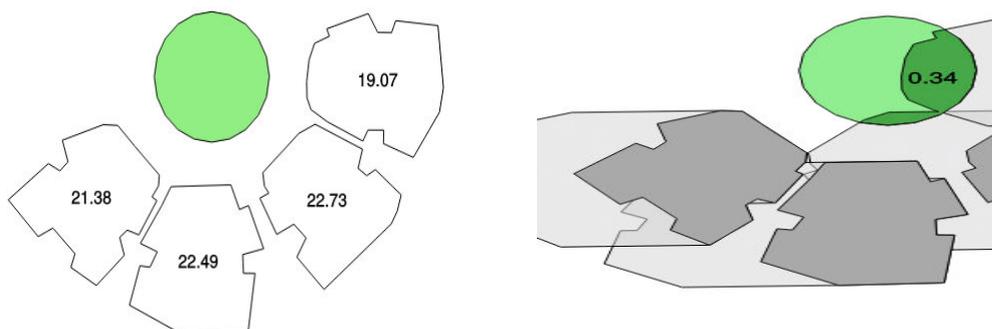
Figura 35 – Método de obtenção da altura da sombra. Exemplo de grade de altura da sombra (m)



A segunda função, *shadowFootprint*, cria uma camada poligonal das projeções das sombras no solo no chão. O software utiliza dados de posição do sol, azimute e os ângulos de elevação, baseados nas equações das planilhas de cálculo disponibilizadas pelo NOAA. E, a cada simulação, eles são apresentados ao usuário.

A camada resultante pode ser usada para calcular a proporção de superfície sombreada fora de uma área definida, para examinar qual edifício tem um elemento determinado, dentre outros (Figura 36). Segundo os autores Dorman *et al.*, (2017) o método de cálculo foi inspirado na tese de Morel Weisthal na Universidade Ben-Gurion do Negev.

Figura 36 – Exemplo projeção de sombra sobre área verde em 24/06/2004 às 9h30min



A terceira função, *Sky ViewFactor* – SVF, calcula o Fator de Visão do Céu (SVF) em pontos determinados ou grade completa (*location*), levando em consideração os obstáculos esboçados (*obstacles*) dados por uma camada poligonal com um atributo de altura (*obstacles_height_field*) (DORMAN *et al.*, 2017).

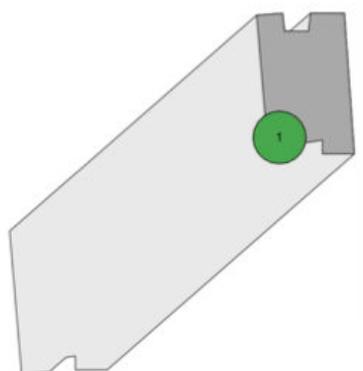
3.3.3 Validação Do Método de Simulação de Sombreamento A Partir do Software R e *Package Shadow*

Para verificar a validade do método de simulação com a utilização do pacote *Package Shadow* no software de estatística R, o procedimento foi aplicado sobre a imagem de satélite de alta resolução da cidade de São Paulo, disponibilizada como amostra pela Digital Globe (2017).

Quanto aos dados de entrada, foi utilizada a imagem em arquivo formato *raster* disponibilizada, e a altura da edificação foi estimada através da ferramenta do *Google Earth Pro*[®]. O polígono foi desenhado sobre a imagem e sua altura foi atribuída.

O arquivo formato *shapefile* gerado, foi inserido no *Package Shadow*, *plug-in* do software de estatística R, para a geração da projeção da sombra, no horário obtido anteriormente através do relógio de sol virtual (Figuras 28 e 37).

Figura 37 – Simulação da sombra de Edifício da Imagem raster de São Paulo



Fonte: autoria própria (2018).

Quando da geração da simulação da sombra, o software R fornece os dados de altura solar e azimute. Estes dados foram comparados aos da tabela NOAA, e foram validados.

Após a geração da referida sombra o arquivo foi transferido para o software QGIS e sobreposto sobre a imagem raster da Digital Globe (2017). Na imagem o polígono aparece ligeiramente deslocado, pois na imagem de satélite a edificação aparece distorcida. Pôde-se observar que a sombra reproduzida por simulação resultou no mesmo ângulo da imagem raster e seu comprimento foi aproximado. Conseqüentemente pode-se concluir que o método produz resultados bem próximos ao real (Figura 38).

Figura 38 – Sobreposição da sombra simulada sobre a imagem raster de São Paulo



Fonte: autoria própria (2018).

Dando continuidade, no próximo capítulo serão apresentados os estudos de validação dos métodos desenvolvidos e os resultados das análises.

4 VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A validação dos métodos desenvolvidos no decorrer deste estudo será apresentada na sequência. Sendo estes o método indireto de obtenção das alturas das edificações e o método para avaliação da quantidade de sombreamento em espaços públicos abertos.

4.1 VALIDAÇÃO DO MÉTODO INDIRETO DE OBTENÇÃO DAS ALTURAS DAS EDIFICAÇÕES

Para a validação do método indireto de obtenção das alturas desenvolvido neste estudo, foram escolhidos alguns edifícios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, sede Ecoville, mais especificamente os blocos A, L e M.

Primeiramente, foram estimadas as alturas a partir das sombras projetadas no solo observadas na imagem de satélite do *Google Earth Pro*[®] e, posteriormente, foram efetuadas medições *in loco* com a Estação Total TS02 para comparação dos resultados, tendo como referências os pontos da base da edificação e o ponto extremo do topo da edificação.

O critério para seleção das imagens de satélite foi o mesmo descrito anteriormente. E, novamente, a partir das imagens aéreas selecionadas no *Google Earth Pro*[®], foi estimado o horário da captura da imagem através do relógio do sol virtual.

Para a determinação da altura solar (α), optou-se por utilizar a planilha virtual da NOAA, a partir dos metadados conhecidos de longitude, latitude e data (Tabela 13).

Tabela 13 – Dados para validação do método de obtenção das alturas das edificações de blocos da UTFPR

Data da imagem	Bloco	Dimensão da sombra (m)	Horário estimado - relógio de sol virtual	Altura solar (NOAA)	Altura da edificação obtida (m)	Altura pela medição <i>in loco</i>	Dif. (m)	Dif. (%)
29/04/13	Bloco M	17,00	11h45min	49,13	19,64	17,913	-1,727	9%
03/05/13	Bloco L	21,7	12h	48,56	21,74	17,909	-3,831	18%
	Bloco M	18,20	12h	48,56	20,38	17,913	-2,467	13%
01/06/14	Bloco A	29,00	9h45min	29,67	16,52	16,66	0,14	1%
	Bloco L	32,10	9h45min	29,67	18,28	17,909	-0,371	1%
	Bloco M	31,50	9h45min	29,67	17,95	17,913	-0,037	0,1%
22/07/16	Bloco A	19,10	12h	44,08	18,49	16,66	-1,83	11%
	Bloco L	20,70	12h	44,08	19,85	17,909	-1,941	11%
	Bloco M	21,50	12h	44,08	20,91	17,913	-2,997	16%
16/06/16	Bloco A	18,70	11h30min	39,80	15,83	16,66	0,83	5%
	Bloco L	20,07	11h30min	39,80	16,72	17,909	1,189	7%
	Bloco M	21,59	11h30min	39,80	17,99	17,913	-0,077	0,1%

Fonte: autoria própria (2019).

Os resultados mostraram que as diferenças entre as alturas obtidas através das sombras nas imagens aéreas e as medidas obtidas através das medições *in loco* foram de até 18%, ou 3,8m, em função do horário ou da época do ano. A partir de simulações de sombra, pôde-se observar que um erro de até 3,8 metros na altura final do prédio deve acarretar em até cerca de 5% de diferença na área da sombra projetada (Tabela 14 e Figura 39).

Tabela 14 – Estimativa diferença entre as projeções de sombra a partir de altura obtida *in loco* e através do método indireto

Dados	Altura (m)	Área da projeção da sombra (m ²)	Diferença (%)
Altura real	56,5	4.235	-
altura real + erro de 3,8m	60,3	4.473	5%

Fonte: autoria própria (2019).

Figura 39 – Estimativa de diferença nas projeções de sombra a partir de altura obtida *in loco* e através do método indireto

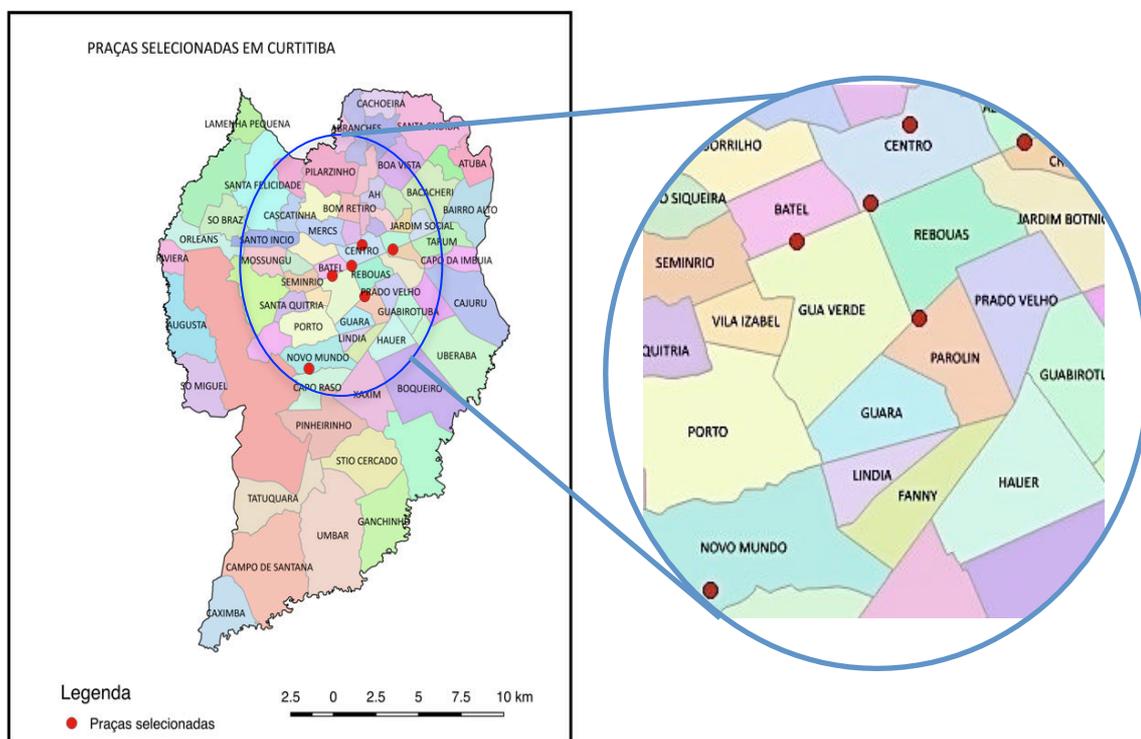


Fonte: autoria própria (2019).

Após a validação dos edifícios da UTFPR sede Ecoville, o mesmo método foi aplicado em 06 espaços públicos abertos de convívio em Curitiba/PR, sendo estes praças e jardins ambientais, com medição de alguns edifícios no entorno imediato. Os critérios para

escolha destes espaços foram: espaços com edificações no entorno que possibilitassem projeção integral da sombra no solo; espaços com edificações no entorno de alturas variáveis e localizados em diferentes bairros, centrais e periféricos,. Portanto os espaços selecionados foram: Praça Oswaldo Cruz (Centro), Praça do Japão (Batel/Água Verde), Praça Generoso Marques (Centro), Jardim Ambiental da Rua do Herval (Novo Mundo), Jardim Ambiental da Rua Olga de Araújo Espíndola (Novo Mundo), Praça Alcinda Gomes Chagas (Parolin) (Figura 40).

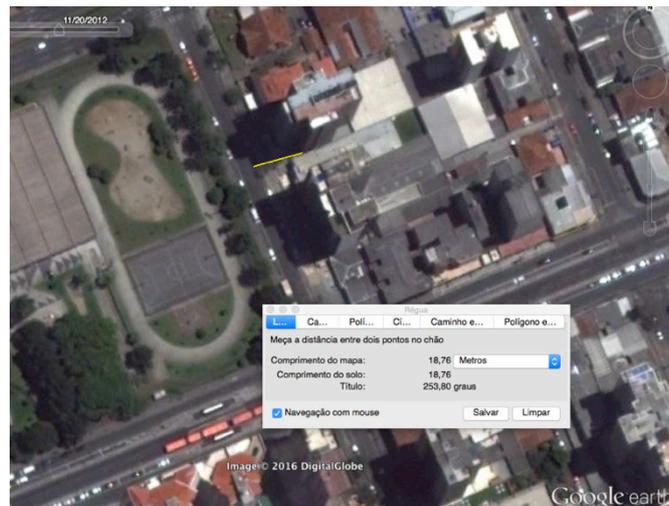
Figura 40 – Mapa de localização das praças selecionadas para validação do método de obtenção das alturas dos edifícios do entorno imediato



Fonte: autoria própria (2019).

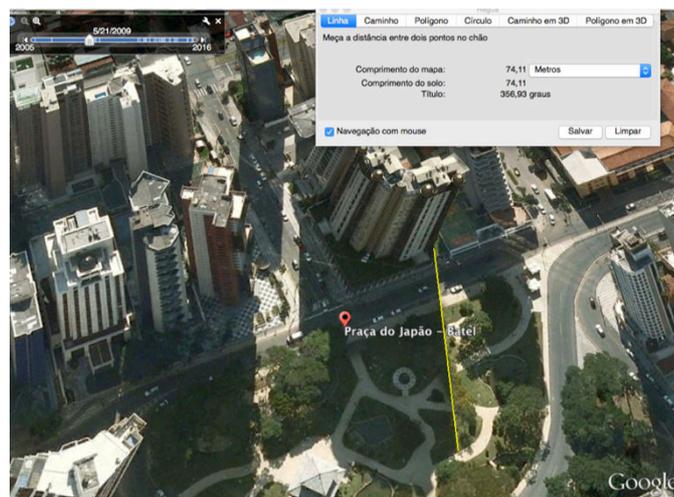
Para cada local foram aplicadas as etapas da metodologia de obtenção das alturas descritas anteriormente. Primeiramente foi feita a seleção de imagens de satélite no *Google Earth Pro*[®] de cada local selecionado (escolhidas entre 01 e 03 imagens); Posteriormente, foi executada a estimativa do horário de captura da imagem aplicando-se o relógio de sol virtual a partir da sombra de uma das edificações no entorno (Figuras 41 a 44).

Figura 41 – Medição da sombra de edificação circundante na Praça Oswaldo Cruz na data de 20/11/2012



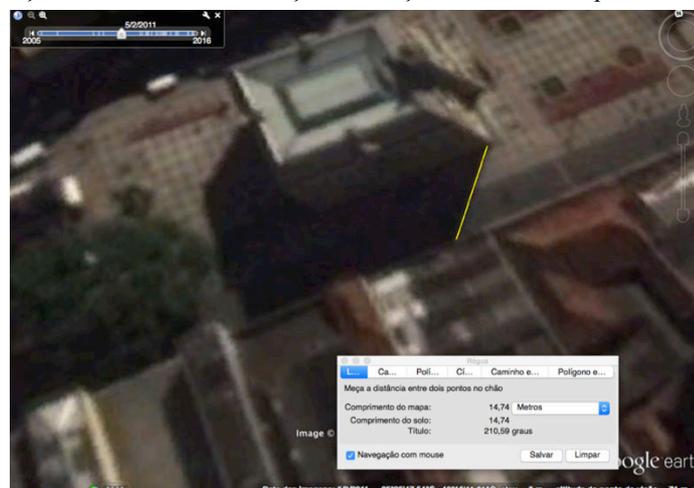
Fonte: autoria própria (2019).

Figura 42 – Medição da sombra de edificação circundante na Praça do Japão na data de 21/05/2009



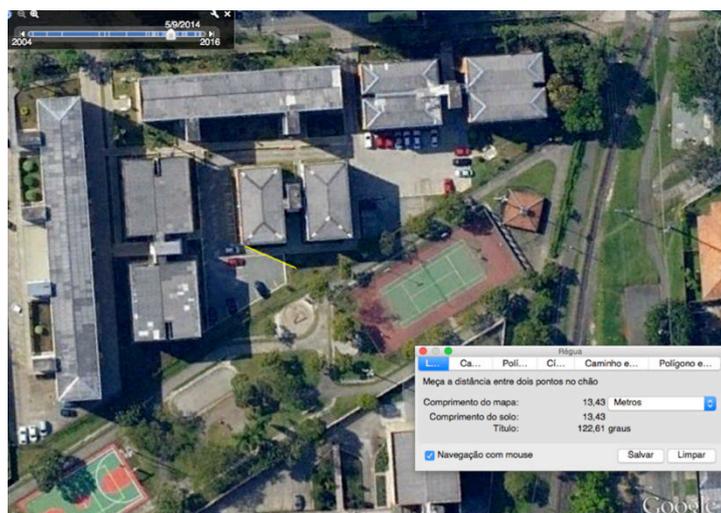
Fonte: autoria própria (2019).

Figura 43 – Medição da sombra de edificação na Praça Generoso Marques na data de 02/05/2011



Fonte: autoria própria (2019).

Figura 44 – Medição da sombra de edificação circundante no Jardim Ambiental Herval na data de 09/05/2014



Fonte: autoria própria (2019).

Para concluir, foi executada a estimativa das alturas das edificações selecionadas a partir da equação trigonométrica (Eq. 4).

Os resultados foram comparados com dados de medição de perfil a laser, fornecidos pelo IPPUC, das respectivas edificações (Tabela 15).

Tabela 15–Comparativo do método indireto de obtenção de alturas de edificações com dados de medição a Laser

Data da imagem	Dimensão da sombra (m)	Horário estimado relógio sol	Altura solar (NOAA)	Altura da edificação obtida (m)	Altura pela medição perfil a laser (m)	Diferença (%)
Praça Oswaldo Cruz						
20/11/12	18,76	12h	84,38	190,6	61,9	-208,19
29/04/13	63,00	11h30min	48,47	71,1	61,9	-14,99
13/03/14	31,50	11h15min	61,08	57,0	61,9	7,83
Praça do Japão						
21/05/09	74,10	13h30min	40,67	63,7	70,2	9,36
28/02/16	40,50	11h	62,39	77,4	68,1	-13,78
Praça Generoso Marques						
02/05/11	14,75	11h	45,33	14,9	16,1	7,27
10/10/09	12,22	11h30min	69,67	33,0	16,1	-104,98
Jardim Ambiental – Herval						
09/05/14	13,43	16h	20,23	4,9	12,0	58,65
17/05/14	14,06	11h30min	43,91	13,5	11,9	-13,45

Fonte: autoria própria (2019).

Pôde-se observar que nas imagens em que a altura solar é muito alta, com ângulos solares maiores que 65° ou com ângulos solares muito baixos, a diferença com relação à altura

dos edifícios é maior. Os resultados mais próximos aos medidos *in loco* se referem aos que possuem altura solar mais próxima de 45°.

Com o método de obtenção das alturas das edificações a partir da projeção das sombras espera-se um erro de até 3,8 metros na altura final do prédio, o que deve acarretar em até cerca de 5% de diferença na área da sombra projetada

4.1.1 Comparação dos Resultados dos Métodos de Obtenção das Alturas das Edificações - Método Indireto e Estimativas de Altura Pelo *Google Earth Pro 3D*[®]

Para verificar a eficácia do método indireto de obtenção das alturas das edificações, os resultados foram comparados com a estimativa de alturas das edificações obtidas através da medição no *Google Earth Pro 3D*[®]. Pôde-se observar que os valores das alturas das edificações obtidos pelos dois métodos ficaram bem próximos, exceto nos casos em que os ângulos solares eram muito altos, maiores que 65°, ou muito baixos, menores que 30° (Tabela 16). Quando o ângulo é próximo de 45° os resultados apresentaram menor diferença, validando a relação trigonométrica que neste ângulo, a altura da edificação e a sombra deveriam apresentar os mesmos valores.

Tabela 16 – Comparativo entre as medições pelo método indireto e através do *Google Earth Pro 3D*[®]

Data da imagem	Dimensão da sombra (m)	Horário do relógio de sol	Altura solar (NOAA)	Altura da edificação obtida (m)	Medição no Google Earth Pro 3D (m)	Dif. de altura obtida x Medição Google (m)	Dif. de altura obtida x Medição Google (%)
Praça Oswaldo Cruz							
20/11/12	18,76	12h	84,38	190,64	60,25	130,39	216
29/04/13	63,00	11h30min	48,47	71,13	60,25	10,88	18
13/03/14	31,50	11h15min	61,08	57,02	60,25	3,23	6
Praça do Japão							
21/05/09	74,10	13h30min	40,67	63,67	67,62	3,95	6
28/02/16	40,50	11h	62,39	77,44	67,40	10,04	15
Praça Generoso Marques							
02/05/11	14,75	11h	45,33	14,92	16,22	1,30	8
10/10/09	12,22	11h30min	69,67	32,98	16,22	16,30	103
Jardim Ambiental – Herval							
09/05/14	13,43	16h	20,23	4,95	11,60	6,65	57
17/05/14	14,06	11h30min	43,91	13,53	11,02	2,51	23
Jardim Ambiental – Olga							
31/08/14	7,2	14h	48,04	8,01	9,50	1,49	16
Praça Alcinda Gomes Chagas							
18/03/16	28,6	11h	57,77	45,36	41,50	3,86	9
Edifício da Administração do Centro Politécnico							
31/08/12	17,1	13h	54,68	27,12	27,16	0,04	0,1

Fonte: autoria própria (2019).

4.1.2 Restrições/Limitações do Método de Obtenção das Alturas

No método de obtenção de alturas desenvolvido neste estudo foram observadas algumas limitações de uso para que sejam obtidos resultados mais condizentes. São elas:

- Evitar imagens de satélite com altura solar maior que 65 graus ou menor que 45 graus;
- Sombras com dimensões reduzidas geram maior erro, portanto quanto maior a sombra, melhores os resultados;
- Prováveis limitações quanto à medição da sombra:
 - o Declividade do terreno
 - o Imprecisão do ponto de início da sombra/edificação
- Sombras sobrepostas das edificações não foram consideradas;
- Apenas as sombras que estão totalmente no chão foram consideradas.

4.2 VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE DE SOMBREAMENTO - ESTUDOS DA PRAÇA DO JAPÃO

O espaço público aberto de convívio escolhido para validar o método de mapeamento e simulação das sombras foi a Praça do Japão, localizada no Setor Especial Estrutural, na região do bairro Água Verde (Figura 45), com uma área total de 8.420,00 m².

Figura 45 – Vista aérea e Memorial da Praça do Japão em Curitiba

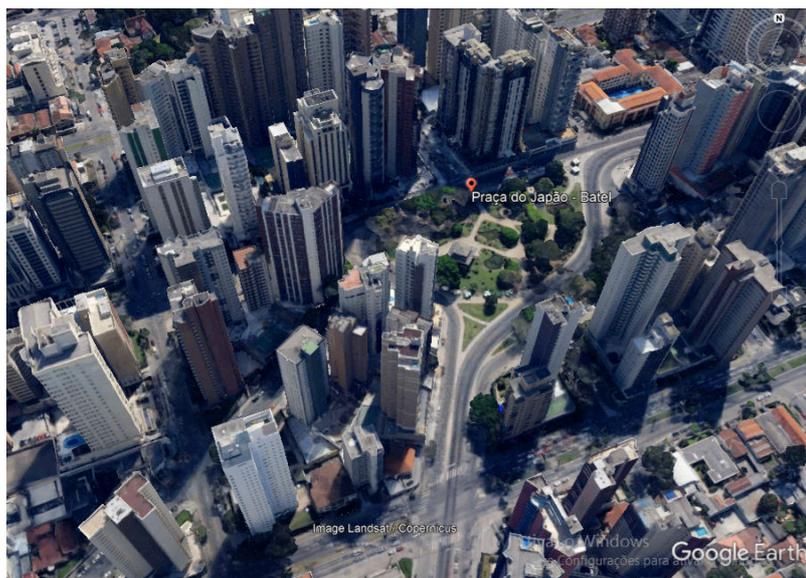


Fonte: Imagem Google Maps® e Guia Turismo Curitiba (2010).

Segundo o Guia Turismo Curitiba (2010), a praça do Japão é um importante espaço de convivência e cultura da cidade, concebida para homenagear os descendentes de japoneses que escolheram a cidade para viver. Seu projeto foi iniciado em 1958 e a praça foi concluída em 1962. Uma reforma, em 1993, incluiu o Portal Japonês, o Memorial da Imigração Japonesa, a Biblioteca Municipal da Praça do Japão, onde estão disponíveis publicações em japonês, a Casa de Chá, e ganhou a Casa da Cultura, onde é possível conhecer as dobraduras de papel (origami), a arte floral (ikebana) e os poemas de três versos (*haikai*). No local, existem espalhadas pela praça 30 cerejeiras enviadas do Japão pelo império nipônico e 6 lagos artificiais nos moldes japoneses.

Localizada entre os corredores estruturais da Av. Sete de Setembro e da Av. República Argentina, a praça possui uma forma urbana construída no entorno densa e com grandes alturas (Figura 46), o que acaba gerando sombreamento sobre a praça.

Figura 46 – Praça do Japão e edificações no entorno



Fonte: *Google Earth Pro 3D*[®] (2017).

É composta por duas partes, a principal com construções e espaços de permanência, e outra menor contendo somente gramado e arborização, sendo dividida pela via exclusiva para ônibus expresso. A parte maior, devido à sua composição, possui maior número de visitantes. Pela grande densidade no entorno e volume de visitantes na parte maior, esta parte foi escolhida para a realização dos primeiros estudos deste trabalho.

4.2.1 Sequência de Etapas de Validação da Ferramenta - Estudo da Praça do Japão

4.2.1.1 Inserção dos dados de setorização no QGIS

A partir de um arquivo PDF – *Portable Document Format*, de Implantação da Praça do Japão disponibilizado pela SMMA – Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba, foram elaboradas camadas vetoriais com cada item da setorização da praça no software QGIS, sendo: calçadas externas, áreas gramadas, caminhos, construções, lagos, ciclovia, árvores individuais e áreas arborizadas, com a finalidade de visualizar o impacto e a quantidade de sombra em horas nos setores, durante as datas escolhidas. A topografia da praça, cujas curvas de nível variam entre 927 e 932 metros, não foi considerada.

As etapas deste processo foram:

- Banco de dados de entrada: Arquivo PDF de Implantação da Praça do Japão fornecido pela SMMA de Curitiba;
- Transferência das informações de layout e setorização para arquivo tipo CAD – Desenho Assistido por computador, e posterior criação de arquivo DXF – *Drawing Exchange Format*;
- Exportação dos dados em DXF para software QGIS;
- Georreferenciamento do arquivo PDF da SMMA no QGIS;
- Criação de arquivos tipo *shapefile* separados para cada *layer* de setorização da praça, sendo: áreas gramadas, calçadas, caminhos, construções, árvores individuais, áreas arborizadas, lagos e bancos.

4.2.1.2 Simulação do entorno no QGIS

A partir da ortofoto da região da praça (Figura 47) disponibilizada pelo banco de dados do IPPUC (2003), foram desenhados os polígonos dos edifícios no entorno imediato da praça com potencial de sombreamento sobre a praça em épocas distintas do ano, num total de 17 edificações (Figura 48), e atribuídas suas respectivas alturas (Tabela 17). Estas foram obtidas através do recurso do *Google Earth Pro 3D*[®] (Figura 49).

Figura 47 – Ortofoto da praça e entorno



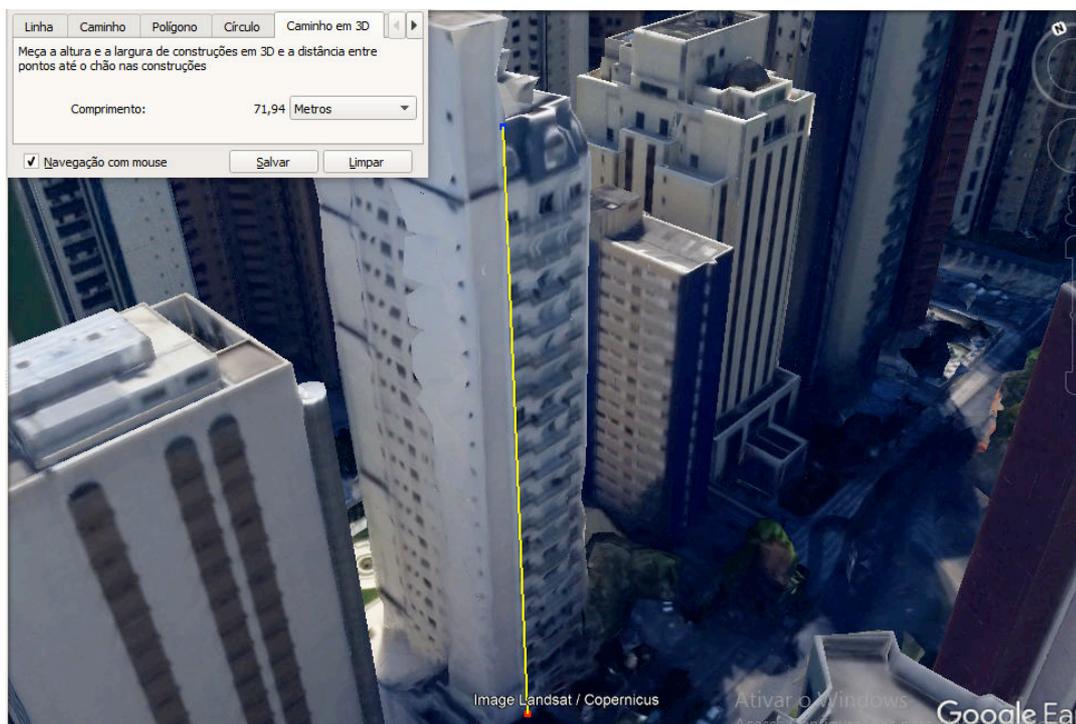
Fonte: IPPUC (2003).

Figura 48 – Polígonos dos edifícios no entorno da Praça do Japão – Software QGIS



Fonte: autoria própria (2018).

Figura 49 – Medição de altura dos edifícios no entorno da praça com o recurso 3D do *Google Earth Pro*®



Fonte: autoria própria (2018).

Tabela 17 – Dados dos polígonos e suas respectivas alturas

Polígono (un.)	Altura (m)	Polígono (un.)	Altura (m)
Edifício 01	42,00	Edifício 10	55,70
Edifício 02	56,50	Edifício 11	66,90
Edifício 03	81,05	Edifício 12	40,00
Edifício 04	76,20	Edifício 13	64,00
Edifício 05	71,00	Edifício 14	75,50
Edifício 06	67,00	Edifício 15	53,50
Edifício 07	68,50	Edifício 16	37,20
Edifício 08	59,70	Edifício 17	72,00
Edifício 09	71,00	-	-

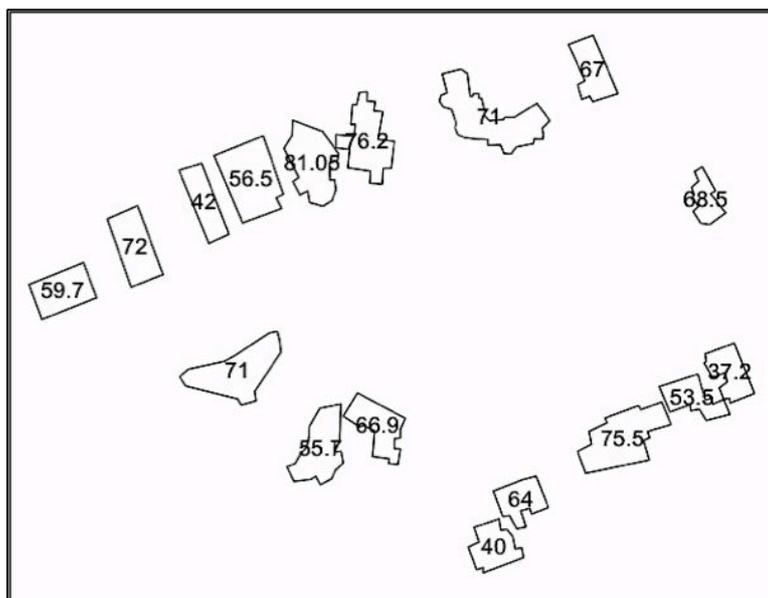
Fonte: autoria própria (2018).

A partir da função *shadowFootprint* no software R as simulações das sombras foram executadas, nas datas de solstício de verão, equinócio de primavera, e solstício de inverno. Considerou-se que na pesquisa de Piaskowy e Krüger (2017), os resultados referentes ao dia mais próximo do solstício de inverno mostraram que a maior parte da praça analisada estava na sombra, com faixa de PET média de estresse moderado por frio.

Feito também comprovado pela pesquisa de Lin *et al.* (2013) que, em áreas permanentemente com acesso solar, sem sombras, o número de visitantes aumenta seguindo o aumento nas condições térmicas em estações frias do ano.

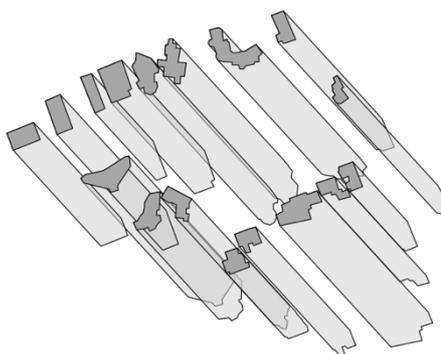
O intervalo de horário definido para as análises foi das 8h às 16h, com simulações realizadas a cada 15 minutos, que foram salvas em formato *shapefile* (Figuras 50 e 51).

Figura 50 – Polígonos dos edifícios no entorno da Praça do Japão e suas respectivas alturas - software R



Fonte: autoria própria (2018).

Figura 51 – Simulação de sombreamento dos edifícios no entorno da Praça do Japão no horário das 15:00 horas no solstício de inverno (21/06/2016)– *Package Shadow* - Software R

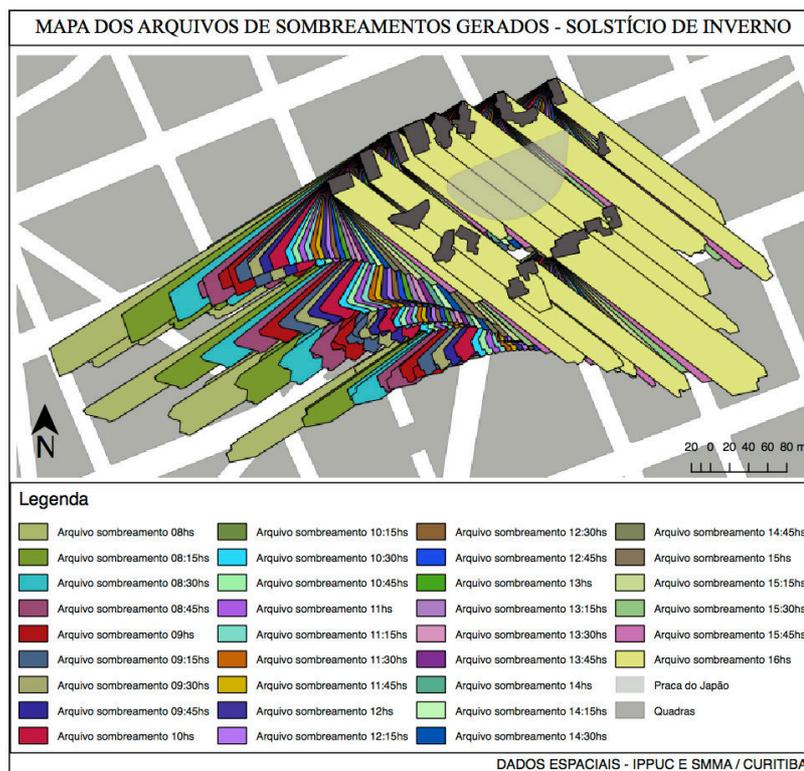


Fonte: autoria própria (2018).

Todos os 33 arquivos tipo *shapefile* gerados foram inseridos e sobrepostos no QGIS (Figura 52). Cada conjunto de sombreamento gerado pelas edificações no entorno foi representado por uma cor diferente. O Sistema de Referência de todos os arquivos foi definido para SIRGAS 2000³/UTM zone 22S⁴.

³Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

Figura 52 – Mapa dos arquivos no formato *shapefile* de sombreamento dos edifícios no entorno da Praça do Japão das 8h as 16h no solstício de inverno (21/06/2016) – software QGIS



Fonte: autoria própria (2018).

A seguir, foi criado um polígono a partir da extensão de camada nos dois horários extremos, 8h e 16h, que geraram coordenadas EN das extremidades. Posteriormente, todos os arquivos no formato *shapefile* individualmente foram convertidos em raster com resolução de 50 centímetros (Figura 53).

Figura 53 – Imagem arquivo formato *raster* de sombreamento dos edifícios no entorno da Praça do Japão no horário das 15:00 horas solstício de inverno 21/06/2016 - Software R



Fonte: autoria própria (2018).

Para finalizar, os arquivos no formato *raster* foram somados, para gerar o mapa de acúmulo das sombras em cada uma das datas escolhidas, com intervalo de 15 minutos entre as 8h e as 16h. O tipo de renderização adotada foi banda simples falsa cor, em modo contínuo,

⁴Projeção Cartográfica para o fuso da cidade de Curitiba.

com 9 classes que variam de 0.1 a 33, sendo que foram considerados 4 arquivos para cada hora de sombreado (Tabela 18). Foram adotadas as paletas de cores: azul para inverno, laranja para verão e lilás para primavera.

Tabela 18 – Método de classificação da somatória Raster

Valor	Horas de sombra/dia
0.1 a 4	1 hora
4 a 8	2 horas
8 a 12	3 horas
12 a 16	4 horas
16 a 20	5 horas
20 a 24	6 horas
24 a 28	7 horas
28 a 32.9	8 horas

Fonte: autoria própria (2018).

Costa (2018) automatizou o processo descrito anteriormente, com o intuito de facilitar e agilizar o processo de geração das sombras (Figura 54).

Figura 54 – Interface do plug-in de automatização “Shadow”

Fonte: Costa (2018)

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, quais sejam: o arquivo *shapefile* dos polígonos das edificações no 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.

A partir do arquivo formato *raster* da somatória das sombras foi executada a reclassificação com posterior recorte na área da praça com a finalidade de averiguar a área correspondente ao número de horas de sombra no local durante a data específica, podendo variar entre 0 e 8 horas, gerando os mapas de Zoneamento de Sombras.

Deve-se salientar que não foram considerados os sombreamentos provenientes das árvores em nenhuma das simulações executadas.

4.2.1.3 Montagem da praça e seus elementos no QGIS

Com base nos arquivos fornecidos pelo IPPUC (2019), foram desenhados os polígonos de cada um dos elementos existentes da praça, sendo calçada externa, gramado, construções existentes, caminhos, lagos, árvores, e bancos (Figura 55).

Figura 55 – Mapa de Elementos da Praça do Japão



Fonte: autoria própria (2018).

4.2.2 Avaliação da Quantidade de Sombreamento

A área analisada da praça engloba aproximadamente 7.500 m². Foram analisados e elaborados os Mapas de Acúmulo de Sombras no espaço, e de os Mapas de Zoneamento destas sombras. Não foi considerado o sombreamento proveniente da arborização.

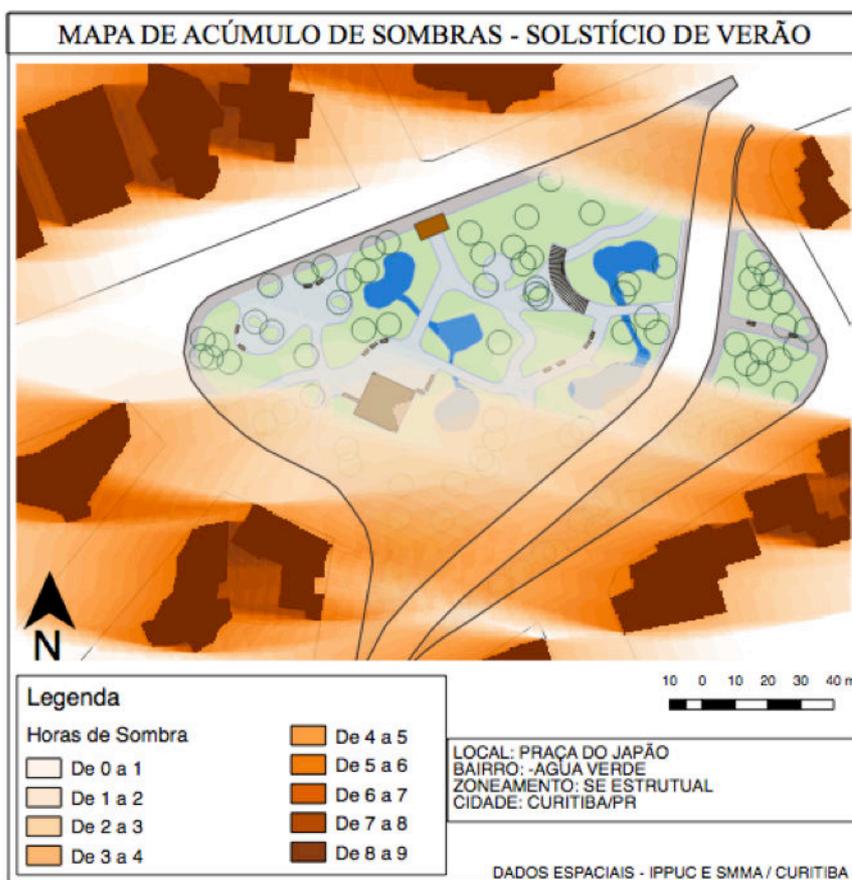
4.2.2.1 Análises no solstício de verão

O solstício de verão representa o dia de melhor situação de acesso solar na área de estudo, razão pela qual tal data também foi escolhida para realização da simulação do impacto do sombreamento das edificações sobre a Praça do Japão.

4.2.2.1.1 Análise do Mapa de Acúmulo de Sombras

A partir da simulação do sombreamento no solstício de verão, pôde-se observar que o número de horas em que a praça é atingida pelo sombreamento das edificações no entorno é bem pequeno (Figura 56 e Tabela 19).

Figura 56 – Mapa de acúmulo de sombras proveniente das edificações de entorno na Praça do Japão no solstício de verão



Fonte: autoria própria (2018).

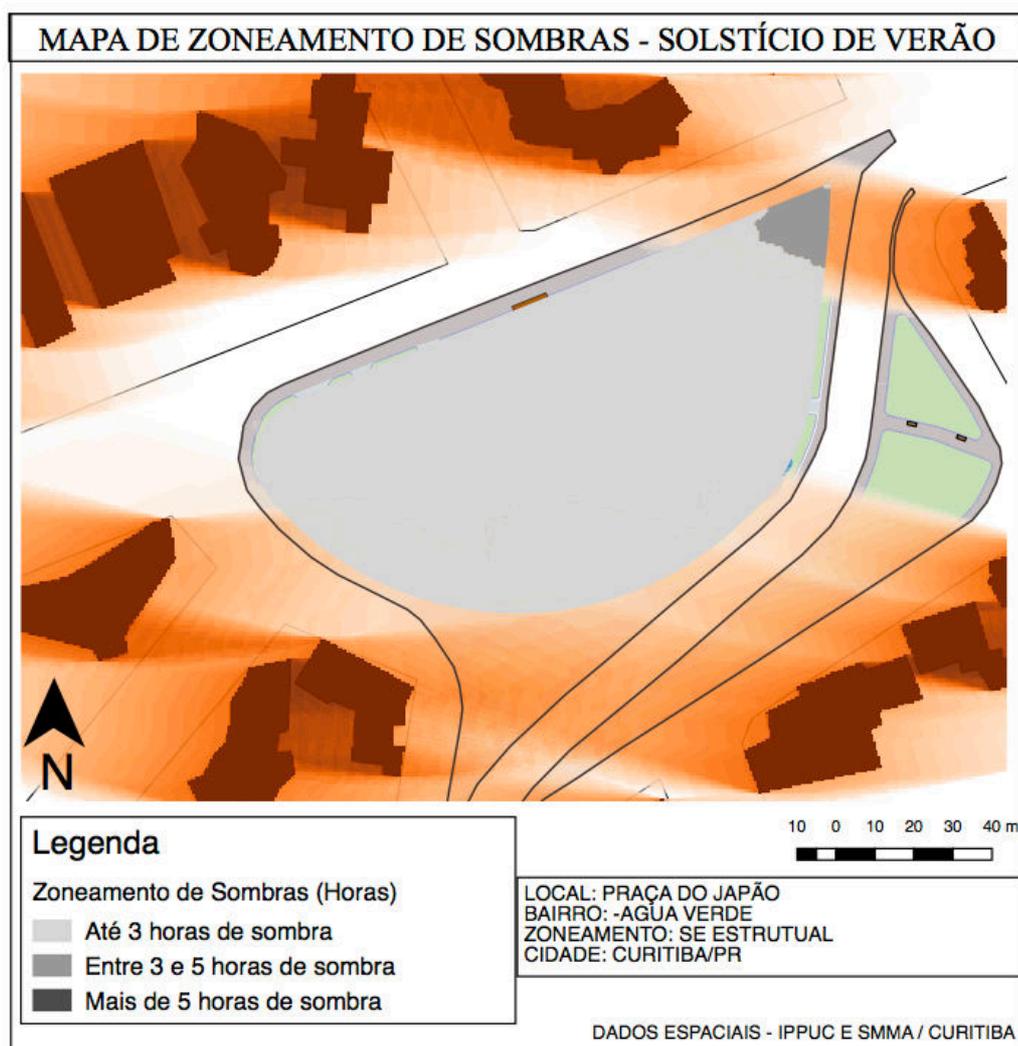
Tabela 19 – Discriminativo de horas de sombra em relação à área da praça no solstício de verão

HORAS DE SOMBRA NO VERÃO	ÁREA (m ²)	% DA ÁREA TOTAL
Até 1 hora de sombra	5.459	73
Entre 1 e 2 horas de sombra	1.587	21
Entre 2 e 3 horas de sombra	256	3
Entre 3 e 4 horas de sombra	218	3
Entre 4 e 9 horas de sombra	-	-

Fonte: autoria própria (2018).

Com relação às áreas destes intervalos de sombreamento, praticamente a área total da praça recebe até três horas de sombra proveniente das edificações no entorno durante o solstício de verão (Figura 57 e Tabela 20).

Figura 57 – Mapa de áreas atingidas pelas sombras em relação ao intervalo de horas no solstício de verão



Fonte: autoria própria (2018).

Tabela 20 – Resumo de horas de sombra e respectiva área da praça atingida no solstício de verão

HORAS DE SOMBRA NO VERÃO	ÁREA (m ²)	% ÁREA TOTAL
Menos de 3 horas de sombra	7.302	97
Entre 3 e 5 horas de sombra	218	3
Mais de horas de sombra	-	-

Fonte: autoria própria (2018).

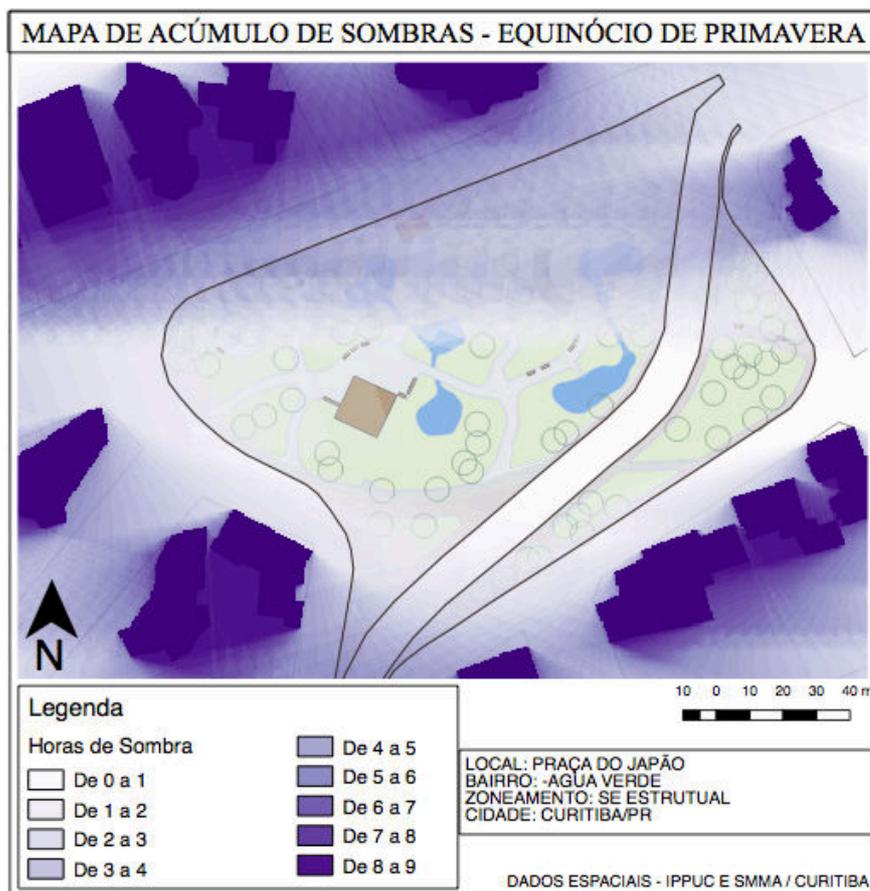
4.2.2.2 Análises no equinócio de primavera

A segunda simulação de sombreadamento, no equinócio de primavera, representa a data intermediária entre a melhor e a pior situação de acesso solar analisada neste espaço.

4.2.2.2.1 Análise do mapa de acúmulo de sombras

Pôde-se verificar que, no equinócio da Primavera, uma boa parte da praça é afetada por áreas de sombra proveniente das edificações no entorno imediato (Figura 58 e Tabela 21).

Figura 58 – Mapa de acúmulo de sombras proveniente das edificações no entorno na Praça do Japão no equinócio de primavera



Fonte: autoria própria (2018).

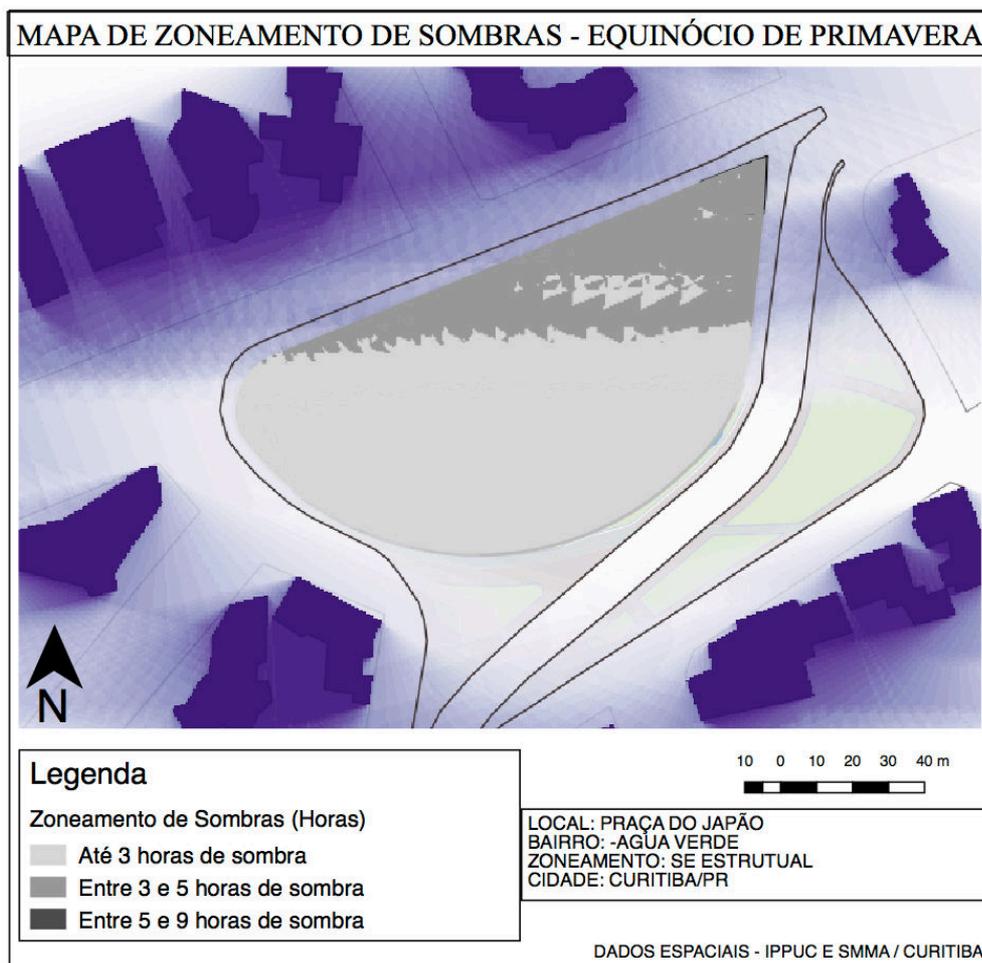
Tabela 21 – Discriminativo de horas de sombra em relação à área da praça no equinócio de primavera

HORAS DE SOMBRA NA PRIMAVERA	ÁREA (m ²)	% ÁREA TOTAL
Até 1 hora de sombra	3.245	43
Entre 1 e 2 horas de sombra	825	10
Entre 2 e 3 horas de sombra	1.230	16
Entre 3 e 4 horas de sombra	2.200	29
Entre 4 e 5 horas de sombra	20	0,2
Entre 5 e 6 horas de sombra	-	-
Entre 6 e 7 horas de sombra	-	-
Entre 7 e 8 horas de sombra	-	-
Entre 8 e 9 horas de sombra	-	-

Fonte: autoria própria (2018).

Um pouco menos da metade da área total da praça permanece até uma hora na sombra durante o equinócio de primavera, mas é importante salientar também que uma grande área da praça (30%) permanece entre três a cinco horas sombreada (Figura 59 e Tabela 22).

Figura 59 – Mapa de áreas atingidas pelas sombras em relação ao intervalo de horas no equinócio de primavera



Fonte: autoria própria (2018).

Tabela 22 – Resumo de horas de sombra e respectiva área da praça atingida no equinócio de primavera

HORAS DE SOMBRA NA PRIMAVERA	ÁREA (m ²)	% ÁREA TOTAL
Menos de 3 horas de sombreamento	5.300	70
Entre 3 e 5 horas de sombreamento	2.220	30
Mais de 5 horas de sombreamento	-	-

Fonte: autoria própria (2018).

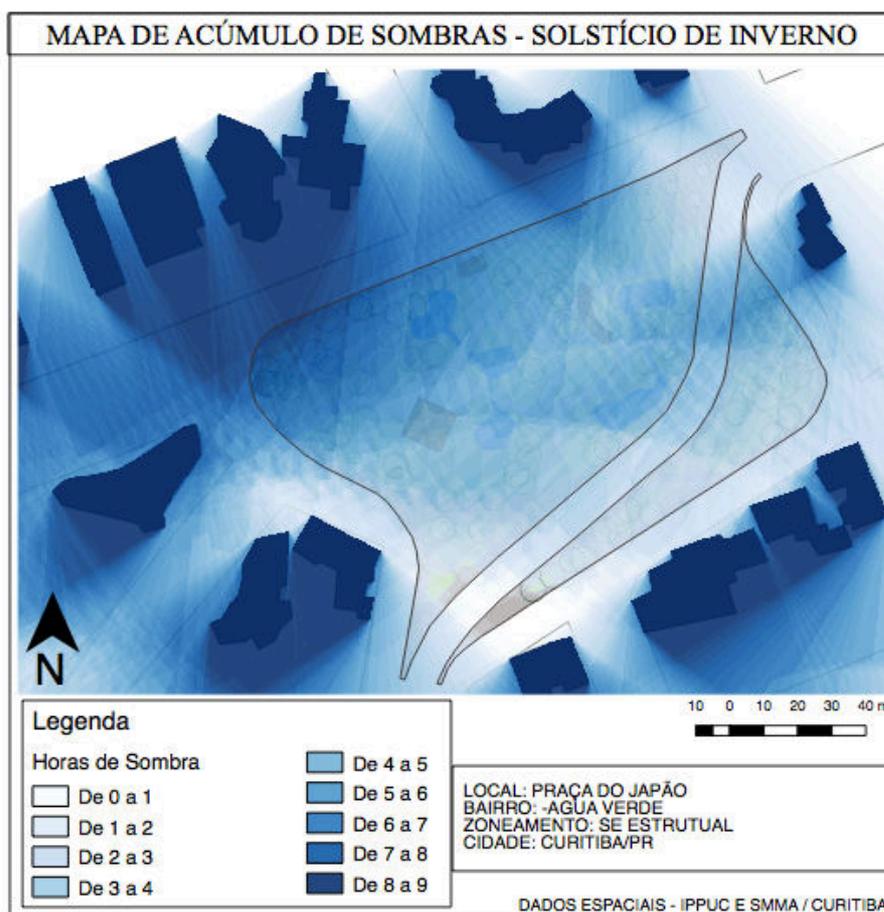
4.2.2.3 Análises no solstício de inverno

O solstício de inverno representa o dia de pior situação analisada de acesso solar sobre a Praça do Japão.

4.2.2.3.1 Análise do Mapa de Acúmulo de Sombras

No solstício de inverno, foi possível observar através do mapa de acúmulo de sombras que grande parte da praça permanece na sombra nesta data analisada (Figura 60 e Tabela 23).

Figura 60 – Mapa de acúmulo de sombras proveniente das edificações no entorno na Praça do Japão no solstício de inverno



Fonte: autoria própria (2018).

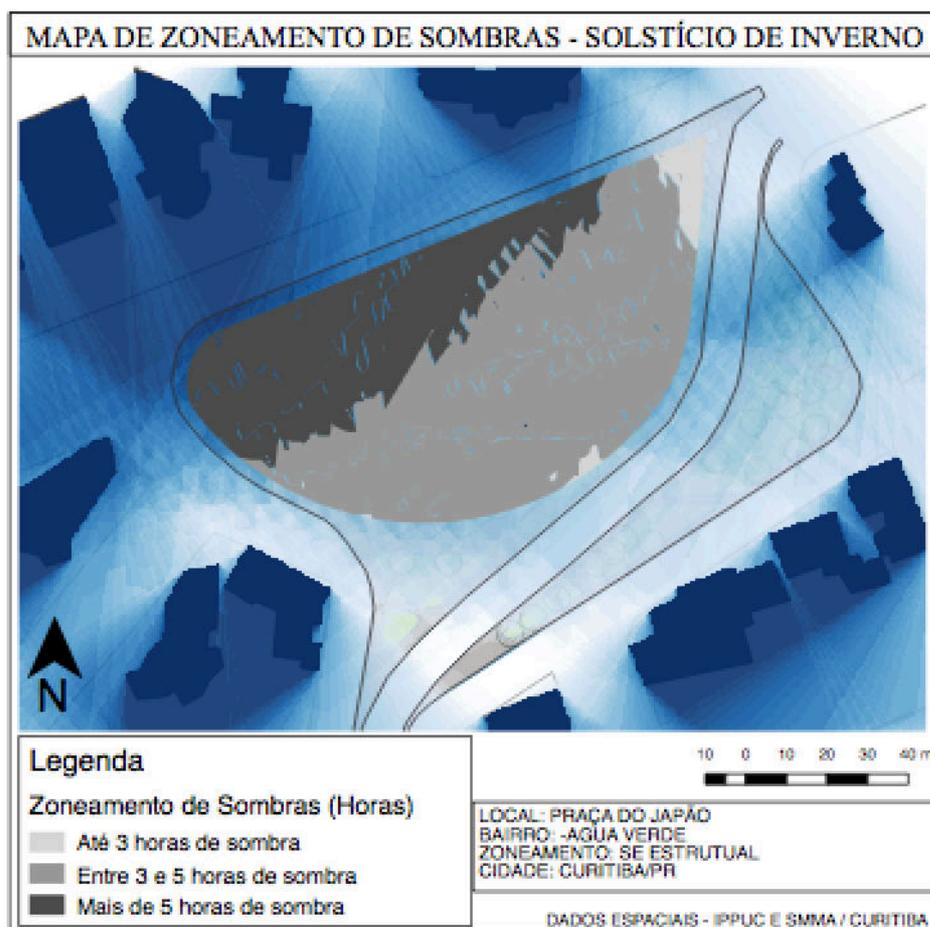
Tabela 23 – Discriminativo de horas de sombra em relação à área da praça no solstício de inverno

HORAS DE SOMBRA NO INVERNO	ÁREA (m²)	% ÁREA TOTAL
Até 1 hora de sombra	-	-
Entre 1 e 2 horas de sombra	47	0,6
Entre 2 e 3 horas de sombra	398	5
Entre 3 e 4 horas de sombra	2.170	29
Entre 4 e 5 horas de sombra	2.702	36
Entre 5 e 6 horas de sombra	1.307	17
Entre 6 e 7 horas de sombra	708	9
Entre 7 e 8 horas de sombra	188	2,5
Entre 8 e 9 horas de sombra	-	-

Fonte: autoria própria (2018).

A área mais atingida pelas sombras, durante cinco horas ou mais, está situada na região Noroeste da praça devido à proximidade e altura das edificações no entorno (Figura 61 e Tabela 24).

Figura 61 – Mapa de áreas atingidas pelas sombras em relação ao intervalo de horas no solstício de inverno



Fonte: autoria própria (2018).

Tabela 24 – Resumo de horas de sombra e respectiva área da praça atingida no solstício de inverno

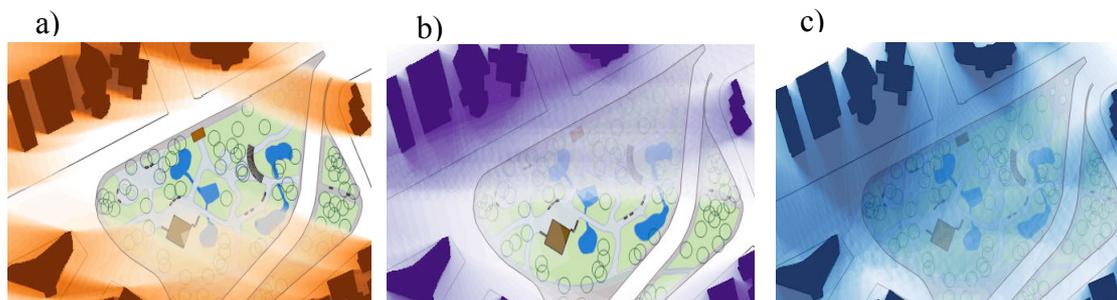
HORAS DE SOMBRA NO INVERNO	ÁREA(m ²)	% ÁREA TOTAL
Menos de 3 horas de sombra	445	6
Entre 3 e 5 horas de sombra	4.872	65
Mais de 5 horas de sombra	2.203	29

Fonte: autoria própria (2018).

4.2.3 Comparação da Quantidade de Sombreamento nas Três Datas Analisadas

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. 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. Na simulação do sombreamento no Equinócio de Primavera, os resultados ficaram similares aos do solstício de verão (Figura 62).

Figura 62 – Mapas de Acúmulo de sombras na Praça do Japão - Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)



Fonte: autoria própria (2018).

Já através das análises quantitativas pôde-se observar em números as diferenças entre as áreas atingidas pelo sombreamento nos diferentes intervalos de horários (Tabela 25).

Tabela 25 – Resumo de áreas da praça atingidas pelo sombreamento das edificações no solstício de verão, no equinócio de primavera, e no solstício de inverno

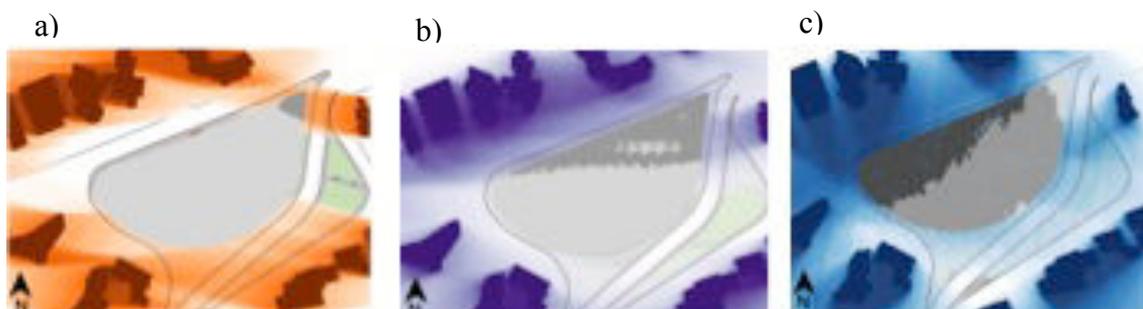
Horas de sombra	Verão (m ²)	%	Primavera (m ²)	%	Inverno (m ²)	%
Menos de 3 horas	7.302	97%	5.300	70%	445	6%
De 3 a 5 horas	218	3%	2.220	30%	4.872	65%
Mais de 5 horas	-	-	-	-	2.203	30%

Fonte: autoria própria (2018).

Comparando-se os Mapas de Zoneamento de Sombras, pôde-se 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 63).

Figura 63 – Mapas de Zoneamento de Sombras na Praça do Japão – Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)



Fonte: autoria própria (2018).

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS EM CENÁRIO ATUAL

Para a análise dos 25 espaços avaliados foi aplicada a metodologia descrita anteriormente. Devido ao grande número de espaços a serem analisados o plug-in de automatização desenvolvido por Costa (2018) foi utilizado na execução de todas as simulações.

Quanto à apresentação das simulações, foram desenvolvidos os Mapas de Acúmulos de Sombra e os Mapas de Zoneamento de Sombras dos espaços analisados, para as datas analisadas. Como critério, os espaços são apresentados em ordem decrescente de quantidade de sombreamento no solstício de inverno presente no local, sendo esta a condição mais crítica analisada.

Os espaços foram separados em três categorias, representados por cores, sendo estas: primeiramente os espaços que possuem alguma parte de sua área com sombreamento por mais de cinco horas (cor vermelho), após, os espaços que possuem, no máximo, parte de sua área com sombreamento entre três e cinco horas (cor laranja) e, finalmente, os espaços que possuem área de sombreamento até três horas (cor verde).

Os valores apresentados em porcentagem nos Mapas de Zoneamento de Sombras referem-se à porcentagem da área total do espaço nos diferentes intervalos de horários, e seguem a seguinte ordem de apresentação: mais de 5 horas de sombreamento, entre 3 e cinco horas de sombreamento, e até 3 horas de sombreamento.

Os resumos dos mapas apresentados na sequência estão sem escala gráfica por estes espaços possuírem variadas dimensões. Mapas individuais dos espaços, em escala, com suas características são apresentados no final deste estudo (Apêndice C).

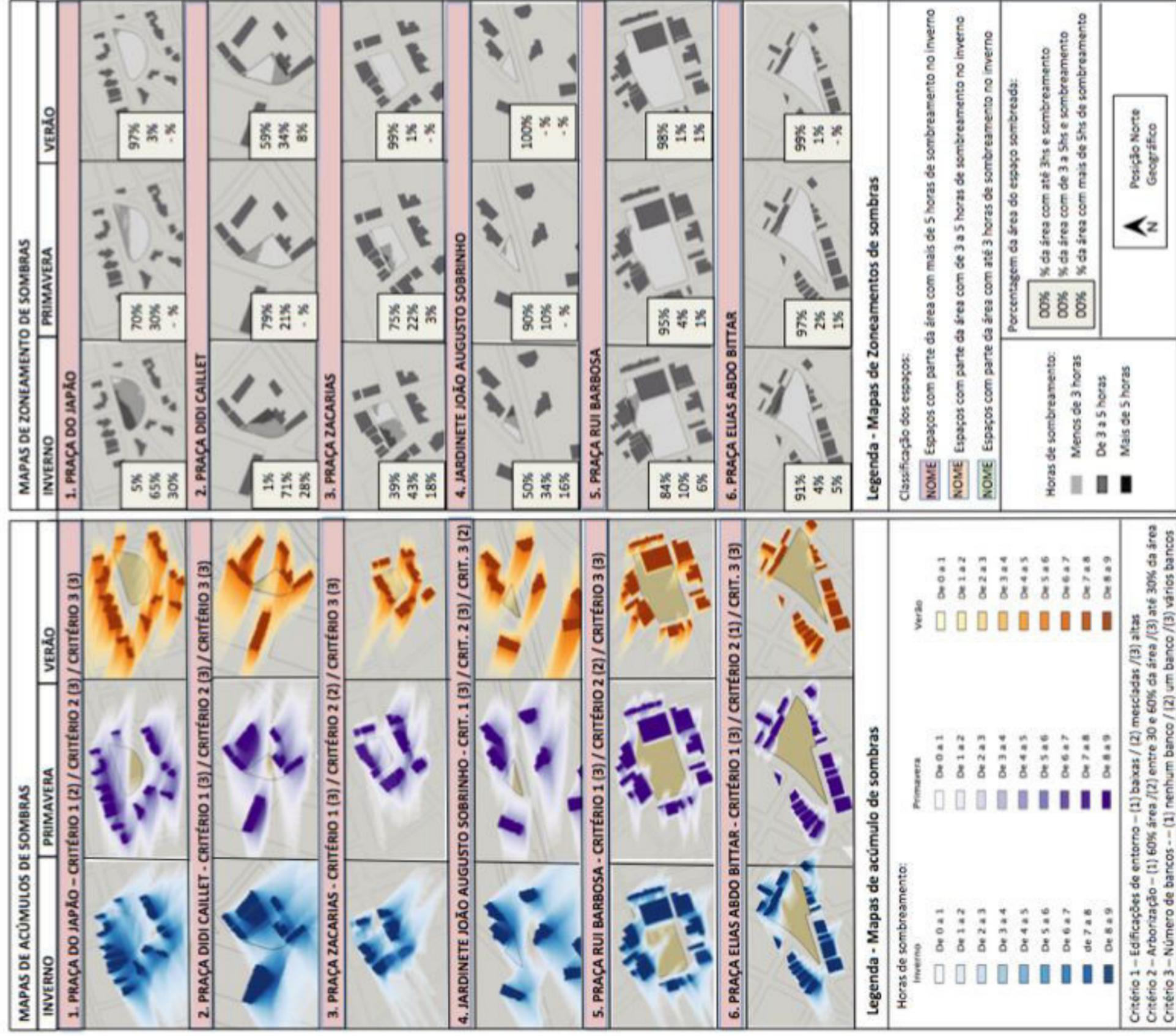
Os seis primeiros espaços apresentados possuem parte de sua área total com sombreamento por mais de cinco horas no solstício de inverno, sendo que alguns espaços possuem somente edificações altas no entorno, e outros possuem edificações altas e baixas. Sendo que os espaços com situação mais crítica são: a Praça do Japão, a Praça Didi Caillet e a Praça Zacarias, com respectivamente 30% (2.203m²), 28% (566m²) e 18% (424m²) de suas áreas totais atingidas (Figura 64 e Tabela 26).

Na sequência, os espaços de números 7 a 12, também apresentam alguma parte de sua área total com sombreamento durante mais de 5 horas no solstício de inverno. No entanto, as áreas atingidas são bem menores, entre 4% (178 m²) na Praça Aurora Lambertucci Geronasso e 0,4% (12m²) na Praça da Ucrânia. Assim como os espaços anteriores, alguns possuem somente edificações altas no entorno e outros possuem edificações altas e baixas (Figura 65).

Os espaços de números 13 a 16 são atingidos no solstício de inverno em parte de sua área total, entre 32% na Praça São Paulo da Cruz e 6% na Praça Tito Schier, ambos com edificações altas e baixas no entorno, por um período máximo de três a cinco horas de sombreamento. Já os espaços de números 17 e 18, que possuem somente edificações altas no entorno, tem sua área total atingida por até três horas de sombreamento (Figura 66).

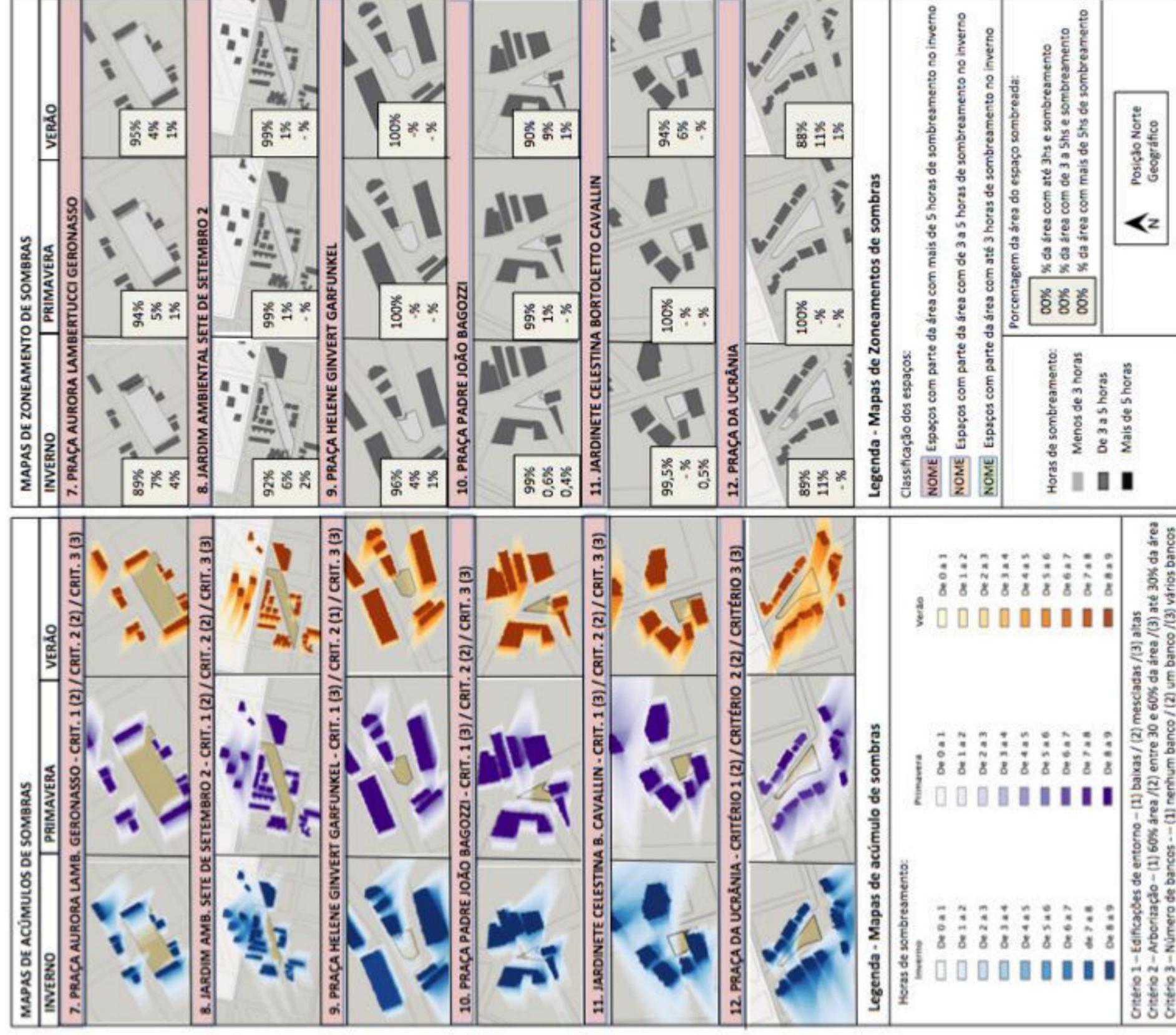
Os espaços analisados de números 19 a 25 também têm sua área total, que varia entre 10.255m² e 293m² atingida por menos de três horas de sombreamento no solstício de inverno. A maioria destes espaços também têm sua área total atingida por até três horas de sombreamento também durante as outras datas analisadas, com exceção do Centro Esportivo Arnaldo Busato 04 e do Jardimete Renato Volpi. Nestes espaços as edificações de entorno variam, sendo que alguns espaços possuem edificações altas e outros edificações altas e baixas (Figura 67).

Figura 64 – Resumo dos Mapas dos espaços de números 1 a 6



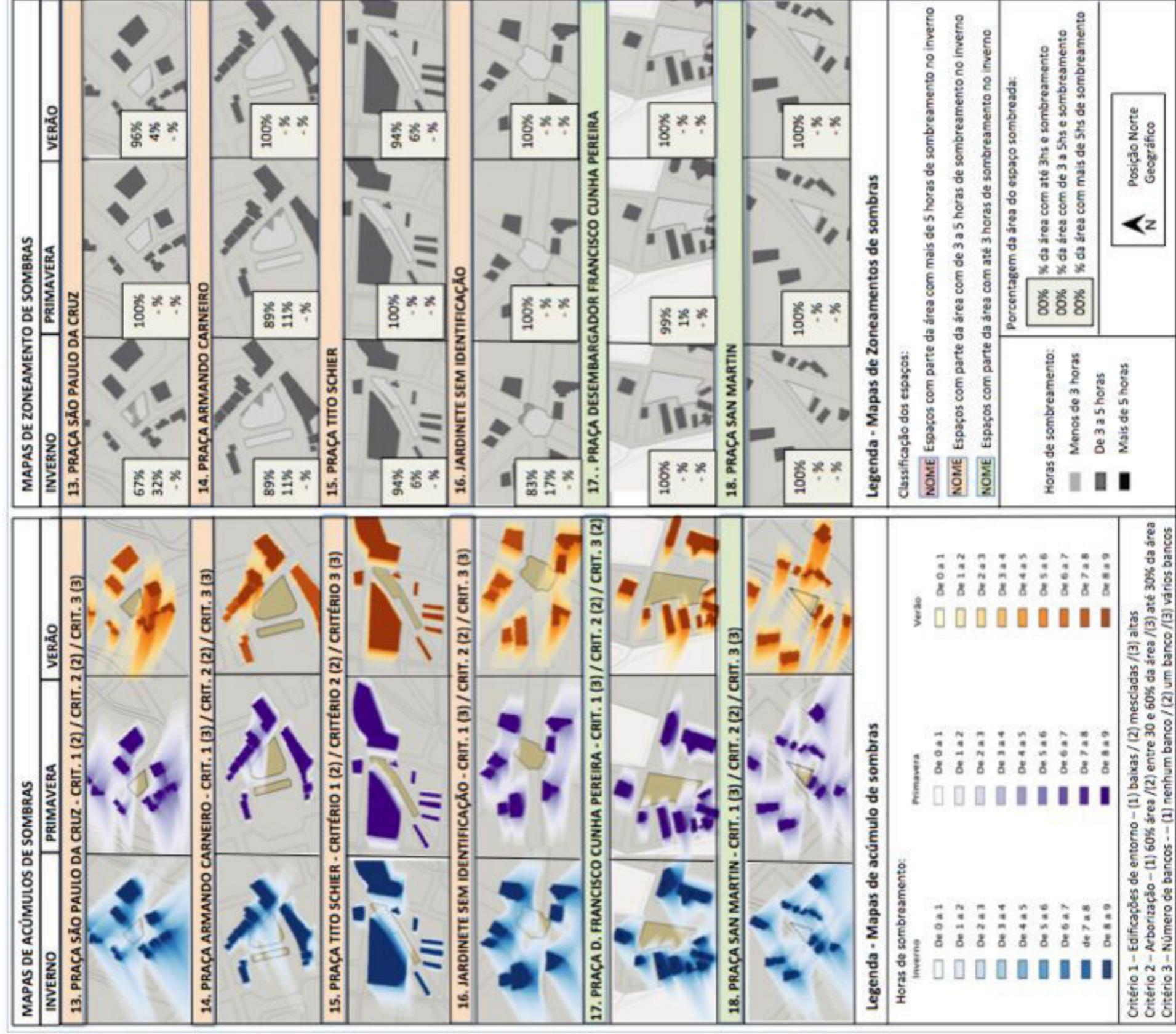
Fonte: autoria própria (2019)

Figura 65 – Resumo dos Mapas dos espaços de números 7 a 12



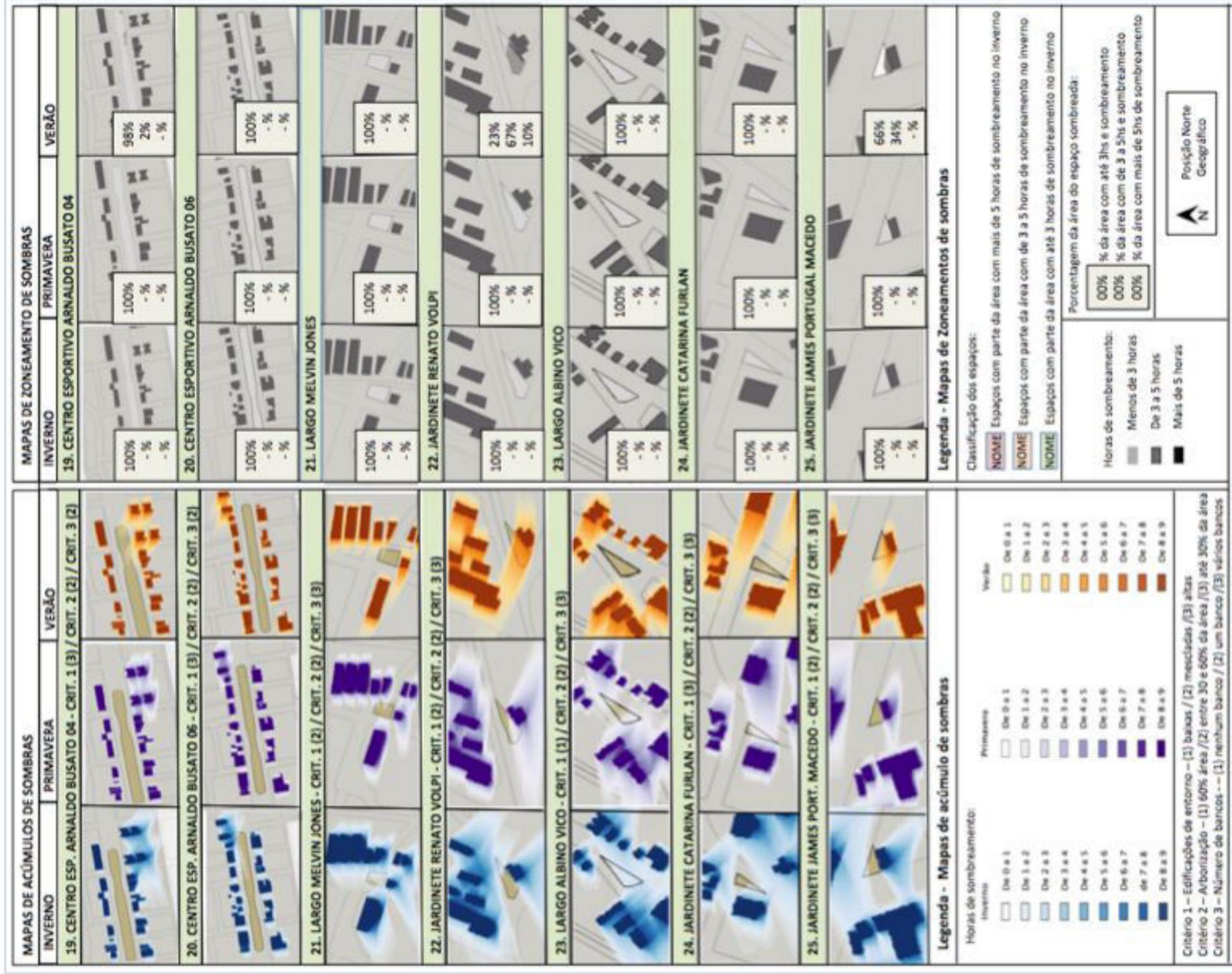
Fonte: autoria própria (2091)

Figura 66 – Resumo dos Mapas dos espaços de números 13 a 18



Fonte: autoria própria (2019)

Figura 67 – Resumo dos Mapas dos espaços de números 19 a 25



Fonte: autoria própria (2019)

Tabela 26 – Resumo dos espaços e suas respectivas áreas atingidas pelo sombreamento

Item	Local	Área (m ²)	Tempo de sombreamento	Área atingida pelo sombreamento					
				Verão (m ²)	%	Primavera (m ²)	%	Inverno (m ²)	%
1	Praça do Japão	7.520	Menos de 3 horas	7.302	97%	5.300	70%	445	5%
			De 3 a 5 horas	218	3%	2.220	30%	4.872	65%
			Mais de 5 horas	-	-	0	-	2.203	30%
2	Praça Didi Caillet	2.007	Menos de 3 horas	1.179	59%	1.578	79%	17	1%
			De 3 a 5 horas	674	34%	420	21%	1.425	71%
			Mais de 5 horas	154	8%	9	0%	566	28%
3	Praça Zacarias	2.368	Menos de 3 horas	2.353	99%	1.767	75%	934	39%
			De 3 a 5 horas	15	1%	518	22%	1.011	43%
			Mais de 5 horas	-	-	83	3,5%	424	18%
4	Jardinete João Augusto Sobrinho	530	Menos de 3 horas	530	100%	476	90%	264	50%
			De 3 a 5 horas	-	-	54	10%	180	34%
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	86	16%
5	Praça Rui Barbosa	37.263	Menos de 3 horas	36.569	98%	35.579	95%	31.126	84%
			De 3 a 5 horas	574	1,5%	1.369	4%	3.790	10%
			Mais de 5 horas	121	0,3%	315	1%	2.347	6%
6	Praça Elias Abdo Bittar	10.037	Menos de 3 horas	9.913	99%	9.782	97%	9.134	91%
			De 3 a 5 horas	113	1%	151	2%	451	4%
			Mais de 5 horas	11	-	104	1%	452	5%
7	Praça Aurora Lambertucci Geronasso	4.382	Menos de 3 horas	4.158	95%	4.143	95%	3.911	89%
			De 3 a 5 horas	188	4%	205	5%	292	7%
			Mais de 5 horas	36	1%	35	1%	178	4%
8	Jardim Ambiental Sete De Setembro 02	8.173	Menos de 3 horas	8.144	99,6%	8.144	99,6%	7.495	92%
			De 3 a 5 horas	27	0,3%	27	0,3%	489	6%
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	189	2%
9	Praça Helene Ginvert Garfunkel	822	Menos de 3 horas	818	100%	819	100%	785	96%
			De 3 a 5 horas	3	0,4%	3	0,3%	31	4%
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	5	1%
10	Praça Pe João Bagozzi	559	Menos de 3 horas	501	90%	552	99%	555	99,3%
			De 3 a 5 horas	52	9%	4	1%	1	0,2%
			Mais de 5 horas	6	1%	3	1%	3	0,6%
11	Jardinete Celestina Bortoletto Cavallin	474	Menos de 3 horas	444	94%	473	100%	472	99,5%
			De 3 a 5 horas	27	6%	-	-	-	-
			Mais de 5 horas	3	0,6%	-	-	2	0,5%
12	Praça da Ucrânia	2.764	Menos de 3 horas	2.449	88,6%	2.764	100%	2.449	88,6%
			De 3 a 5 horas	303	11,0%	-	-	303	11%
			Mais de 5 horas	12	0,4%	-	-	12	0,4%

13	Praça São Paulo Da Cruz	1.472	Menos de 3 horas	1.417	96,3%	1.472	100%	988	67,1%
			De 3 a 5 horas	55	3,7%	0	-	480	32,6%
			Mais de 5 horas	-	-	0	-	4	0,3%
14	Praça Armando Carneiro	5.141	Menos de 3 horas	5.138	100%	4.595	89%	4.595	89,4%
			De 3 a 5 horas	-	-	546	10,6%	546	10,6%
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	-	-
15	Praça Tito Schier	8.981	Menos de 3 horas	8.398	93,5%	8.981	100%	8.398	93,5%
			De 3 a 5 horas	584	6,5%	-	-	584	6,5%
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	-	-
16	Jardinete Sem Identificação	844	Menos de 3 horas	841	100%	844	100%	703	83%
			De 3 a 5 horas	3	0,4%	-	-	142	17%
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	-	-
17	Praça Francisco Cunha Pereira	5.727	Menos de 3 horas	5.719	100%	5.643	99%	5.719	100%
			De 3 a 5 horas	7	0,1%	83	1%	7	0,1%
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	-	-
18	Praça San Martin	775	Menos de 3 horas	775	100%	775	100%	775	100%
			De 3 a 5 horas	-	-	-	-	-	-
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	-	-
19	Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04	10.255	Menos de 3 horas	9.994	97,5%	10.255	100%	10.255	100%
			De 3 a 5 horas	256	2,5%	-	-	-	-
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	-	-
20	Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 06	9.811	Menos de 3 horas	9.811	100%	9.811	100%	9.811	100%
			De 3 a 5 horas	-	-	-	-	-	-
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	-	-
21	Largo Melvin Jones	891	Menos de 3 horas	891	100%	891	100%	891	100%
			De 3 a 5 horas	-	-	-	-	-	-
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	-	-
22	Jardinete Renato Volpi	646	Menos de 3 horas	149	23%	646	100%	646	100%
			De 3 a 5 horas	430	67%	-	-	-	-
			Mais de 5 horas	67	10%	-	-	-	-
23	Largo Albino Vico	762	Menos de 3 horas	762	100%	762	100%	762	100%
			De 3 a 5 horas	-	-	-	-	-	-
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	-	-
24	Jardinete Catarina Furlan	293	Menos de 3 horas	293	100%	293	100%	293	100%
			De 3 a 5 horas	-	-	-	-	-	-
			Mais de 5 horas	-	-	-	-	-	-
25	Jardinete James Portugal Macedo	205	Menos de 3 horas	135	66%	205	100%	205	100%
			De 3 a 5 horas	69	34%	-	-	-	-
			Mais de 5 horas	1	0,4%	-	-	-	-

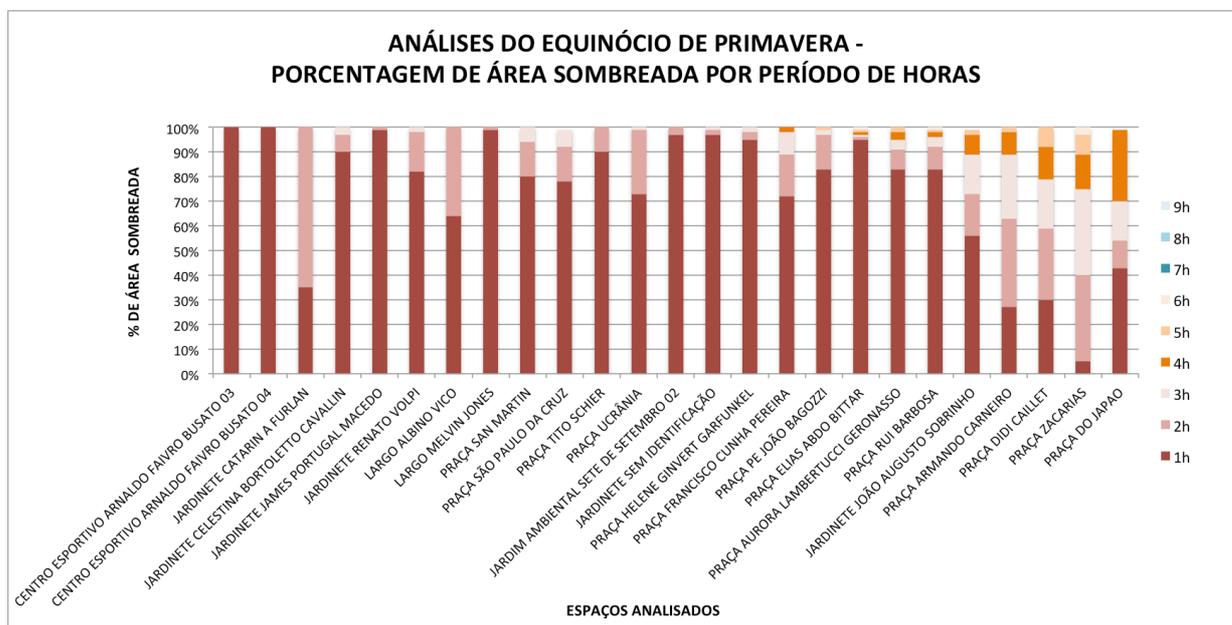
4.3.1 Análises do Solstício de Verão

Nesta época do ano, o sombreamento proveniente das edificações pode ser benéfico para o espaço público aberto, sendo que devido às altas temperaturas, o sombreamento, seja proveniente da arborização, equipamentos ou das edificações, pode contribuir para a permanência dos usuários no local.

Nas simulações realizadas para o solstício de verão, todos os espaços analisados tiveram alguma parte de sua área total com até três horas de sombreamento. Destes, 44% dos espaços públicos analisados foram sombreados totalmente durante menos de três horas. As áreas totais destes espaços variaram de 293m² do Jardimete Catarina Furlan a 9.811m² do Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 02.

Dos 25 espaços analisados somente 12% tiveram mais de 30% de sua área sombreada num período entre três e cinco horas na data de solstício de verão analisada, são eles, o Jardimete Renato Volpi, o Jardimete James Portugal Macedo e a Praça Didi Caillet. E 32% dos espaços tiveram até 10% de sua área total sombreada por mais de cinco horas no solstício de verão (Figura 68).

Figura 68 – Gráfico de análises do solstício de verão



Fonte: autoria própria (2019).

4.3.2 Análises do Equinócio de Primavera

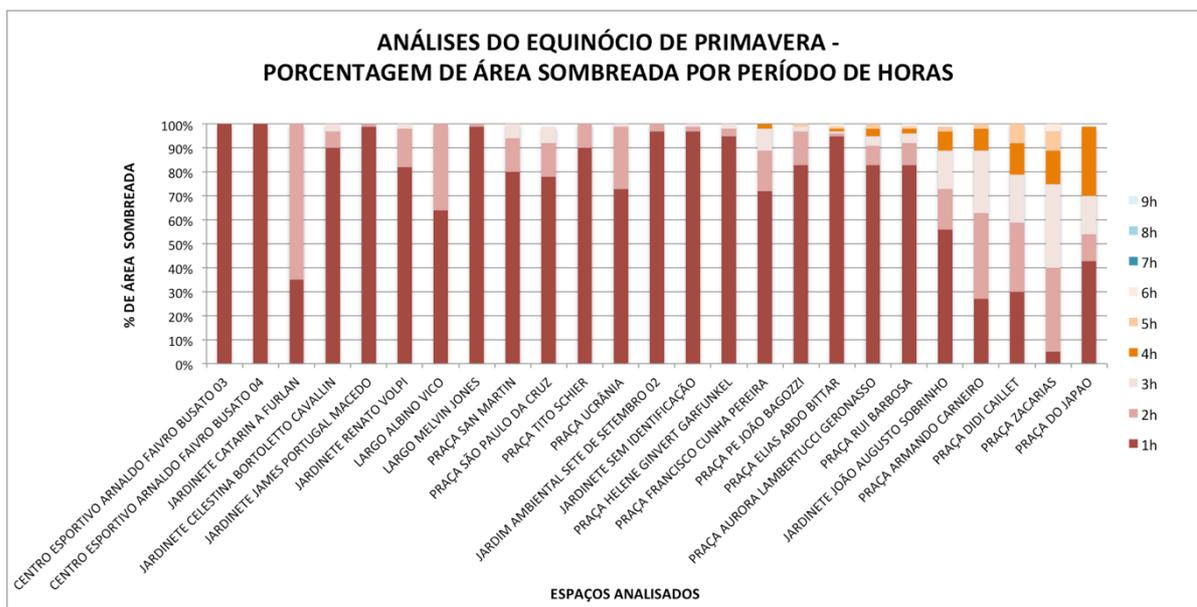
O equinócio de primavera foi considerado neste estudo como sendo de caráter neutro, pois está entre os solstícios de verão e de inverno, situações consideradas extremas e mais críticas.

Dos 25 espaços analisados todos apresentaram algum grau de sombreamento durante menos de 3 horas. Sendo que 60% deles, com áreas entre 205m² (Jardinete James Portugal Macedo) e 10.255m² (Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 01), ficaram sombreados em sua totalidade neste período.

No entanto, somente 20% deles tiveram entre 10% e 30% de sua área sombreada por um período entre três e cinco horas. Outros 28% tiveram até 5% de sua área total atingida pelo sombreamento proveniente das edificações, o que representa entre 3m² (Praça Helene Ginvert Garfunkel) e 1.369m² (Praça Rui Barbosa).

Somente 24% dos espaços analisados apresentaram sombreamento em parte de sua área durante mais de cinco horas no equinócio de primavera. A área atingida pelo sombreamento variou ente 0,4% (Praça Didi Caillet) a 3,5% (Praça Zacarias) da área total dos espaços (Figura 69).

Figura 69 – Análises do equinócio de primavera



Fonte: autoria própria (2019).

4.3.3 Análises do Solstício de Inverno

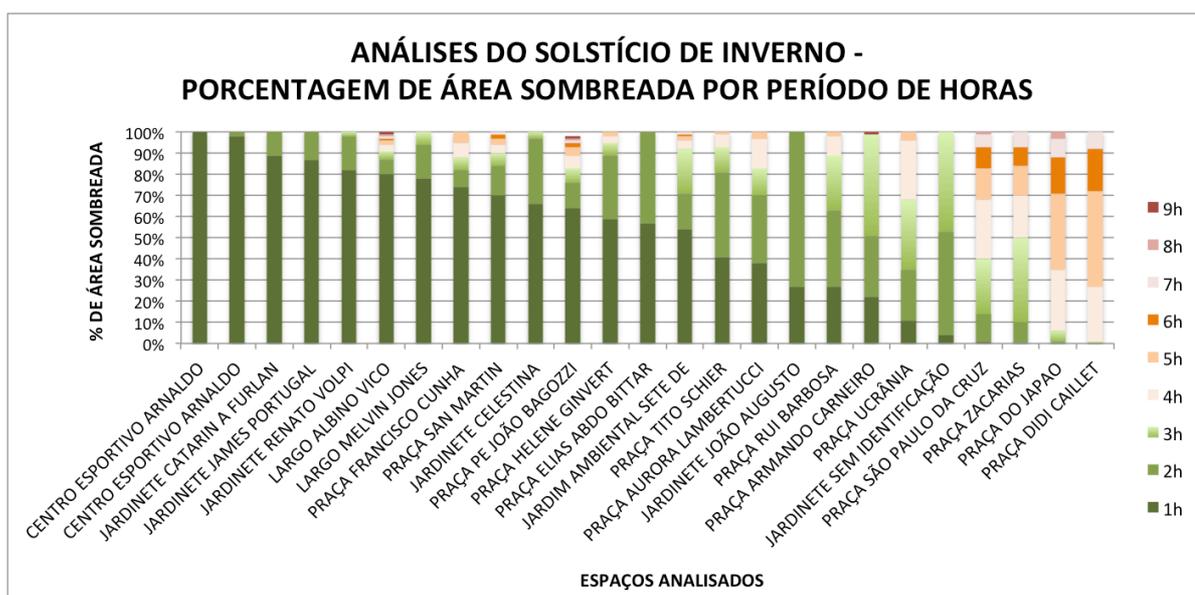
Considerando-se o clima local na cidade de Curitiba, seria ideal que os espaços públicos abertos tivessem grande acesso solar durante pelo menos parte do dia, nos dias mais frios.

Pôde-se observar nas simulações executadas para o solstício de inverno que, por um período menor de três horas, 40% dos espaços analisados tiveram 100% de sua área sombreada pelas edificações. Já 48% dos espaços tiveram mais de 50% da área sombreada durante o mesmo período de horas, e 12% dos espaços tiveram menos de 50% de sua área total sombreada, sendo estas últimas as praças Didi Caillet, do Japão e Zacarias.

Foi observado também que não houveram espaços com 100% de sua área sombreada pelas edificações por um período maior que três horas. No entanto, 48% dos espaços analisados apresentaram menos de 50% da área sombreada entre três e cinco horas. E 8% dos espaços analisados tiveram mais de 50% da área sombreada no mesmo período analisado, sendo estes espaços a Praça do Japão e a Praça Didi Caillet.

Na situação mais crítica analisada, onde os espaços ficariam por mais de cinco horas sombreado no solstício de inverno, 40% deles tiveram até 30% de sua área atingida pelo sombreamento, sendo que os espaços mais atingidos foram a Praça do Japão e a Praça Didi Caillet, seguido pela Praça Zacarias (Figura 70).

Figura 70 – Análises do solstício de inverno

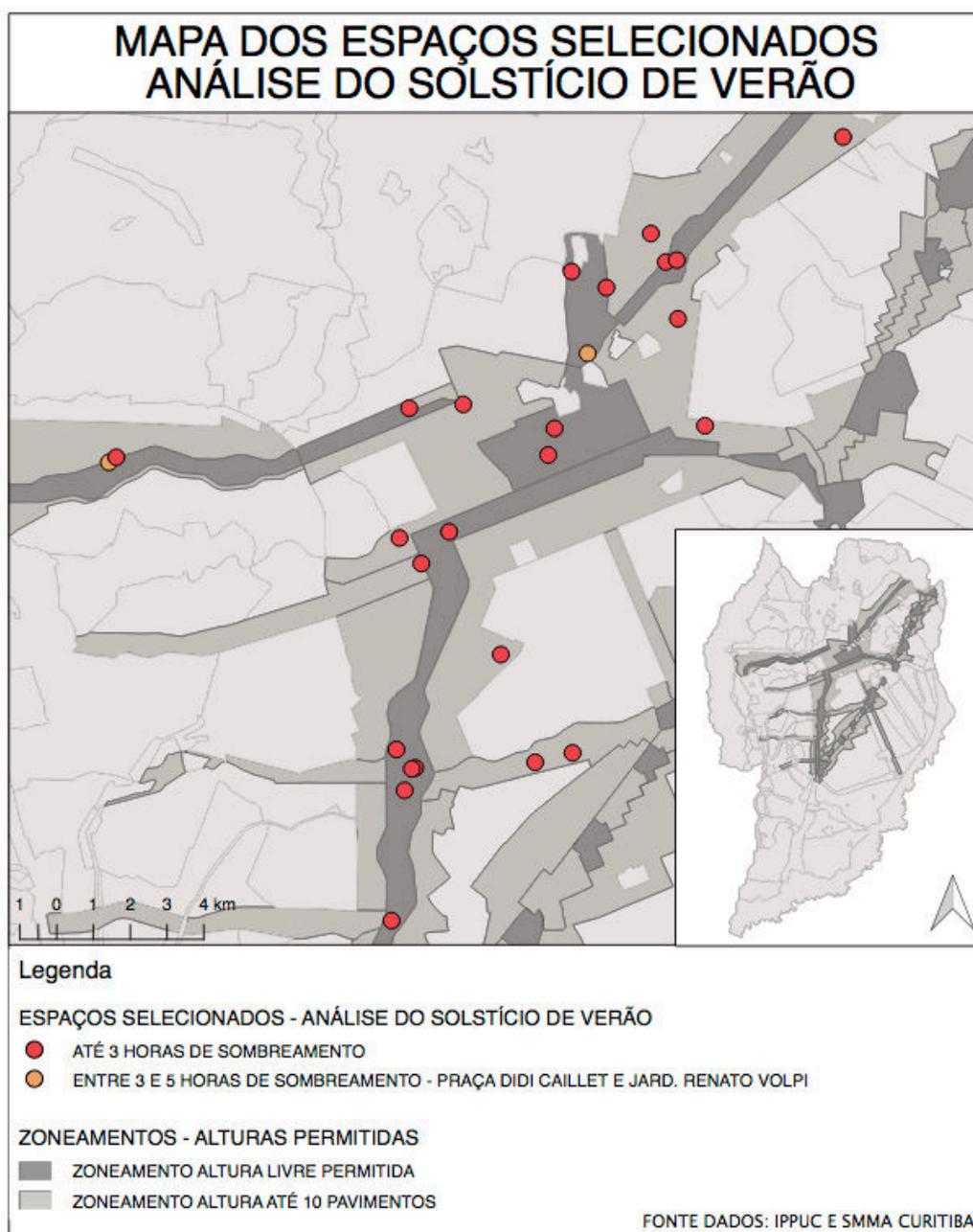


Fonte: autoria própria (2019).

4.3.4 Resumo Comparativo da Quantidade de Espaços Atingidos Pelo Sombreamento nas Três Datas Analisadas

No solstício de verão, a maioria dos espaços tem praticamente a área total exposta ao sol durante menos de três horas, com exceção de dois espaços que apresentam o sombreamento distribuído nos demais intervalos de horários. São eles: a Praça Didi Caillet localizada no Zoneamento Especial do Centro Cívico e o Jardimete Renato Volpi, localizado no Setor Especial Nova Curitiba (Figura 71).

Figura 71 – Mapa resumo das análises dos espaços no solstício de verão

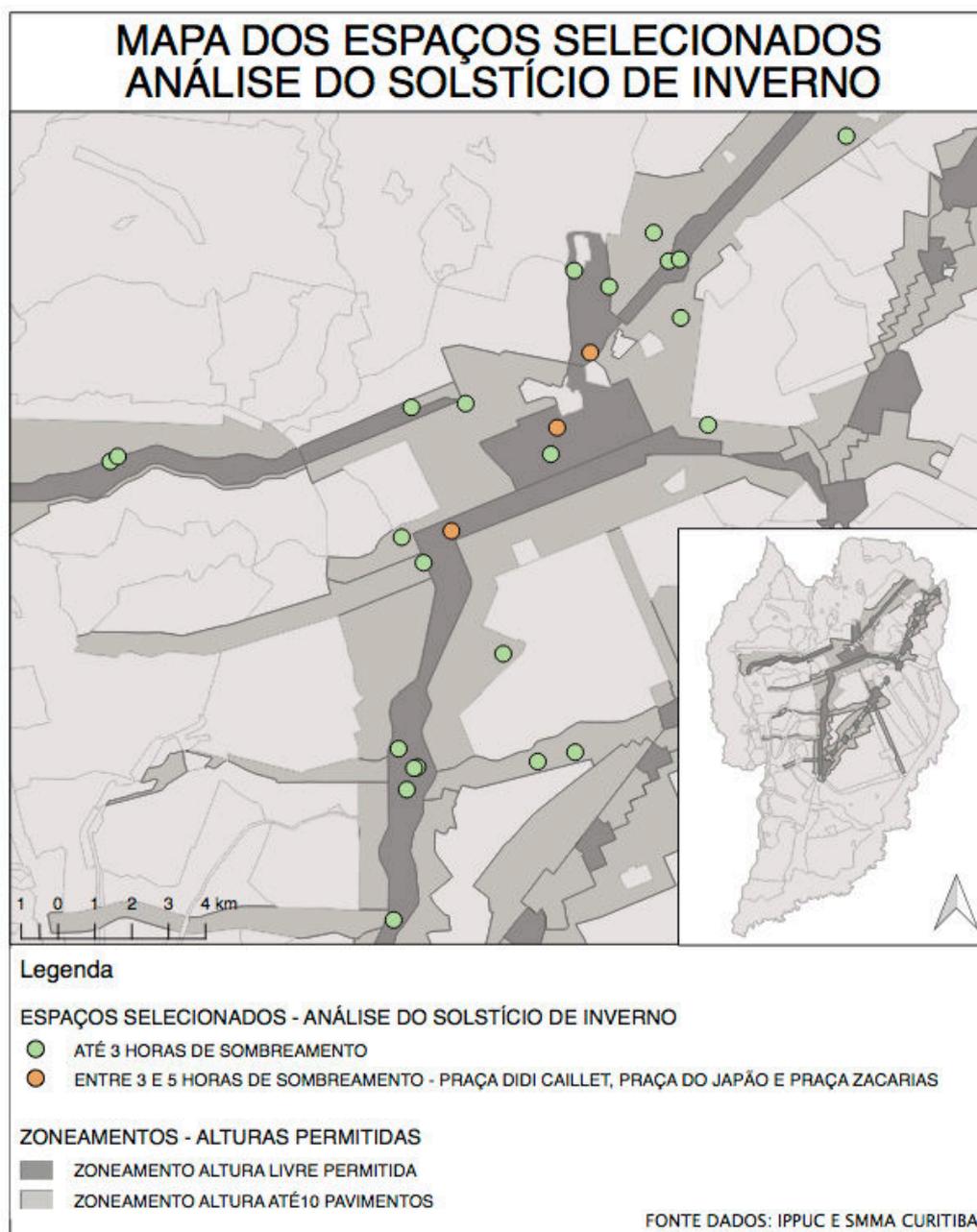


Fonte: autoria própria (2019).

No equinócio de primavera os espaços analisados obtiveram de 70% a 100% da área total sombreada durante menos de três horas. Os espaços que não tiveram a área total sombreada por menos de 3 horas, distribuíram o restante da área com sombreamento entre três e cinco horas, neste caso podendo-se destacar as praças: Do Japão, Didi Caillet e Zacarias.

No solstício de inverno, a maioria dos espaços analisados teve a partir de 50% de suas áreas totais sombreadas durante menos de três horas (Figura 72).

Figura 72 – Mapa resumo das análises dos espaços no solstício de inverno



Fonte: autoria própria (2019).

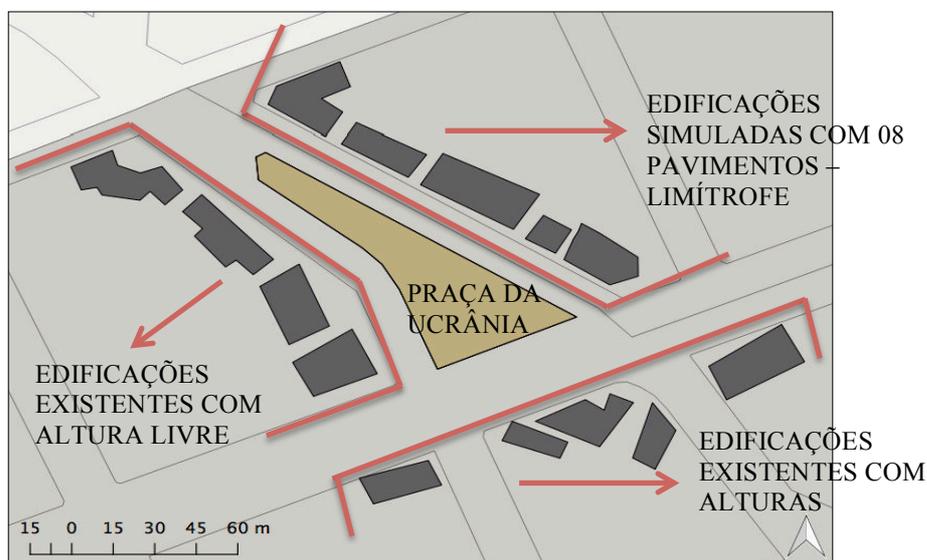
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS EM CENÁRIOS SIMULADOS

Tendo-se em vista que num futuro próximo a configuração existente de edificações sofrerá alterações, foram selecionados três espaços públicos abertos de convívio, em diferentes Zoneamentos, para serem analisados em cenários simulados, sendo: a Praça da Ucrânia, o Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04 e a Praça Cova da Íria. Os dois primeiros espaços já foram analisados anteriormente com a configuração de edificações no entorno atual composta de edificações altas e baixas. Já o terceiro espaço será analisado somente com a configuração de edificações que poderá ser vista num futuro próximo, pois atualmente é composto somente por edificações no entorno de baixa altura (Figura 25).

4.4.1 Análises de Cenário Simulado da Praça da Ucrânia

A Praça Ucrânia está localizada no limítrofe dos Zoneamentos Estrutural e Residencial Mercês. A simulação de cenário futuro considerou que todos os lotes do lado direito da praça alcançassem a altura de oito pavimentos, ou aproximadamente 30 metros, máximo permitido pelo novo Zoneamento Residencial Mercês, onde estão inseridos (Figura 73).

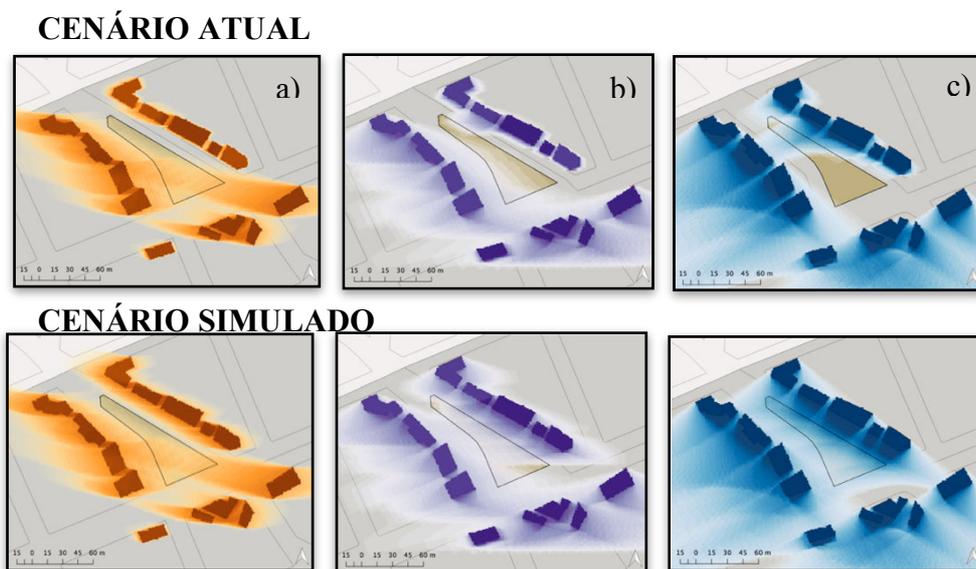
Figura 73 – Mapa Praça da Ucrânia – Análise de cenário simulado



Fonte: autoria própria (2019).

Comparando-se os diferentes Mapas de Acúmulos de Sombra nas diferentes datas analisadas, pôde-se observar que o impacto do sombreamento sobre a praça é significativamente maior se o cenário futuro for concretizado (Figura 74).

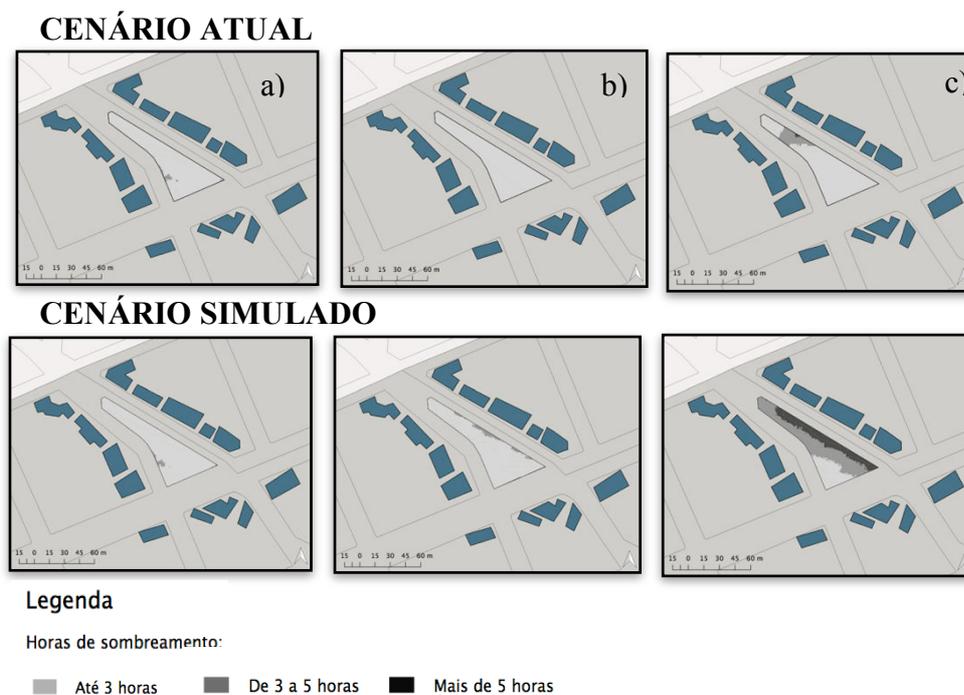
Figura 74 – Comparação dos Mapas de acúmulo de sombras na Praça Ucrânia – cenários atual e futuro - Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)



Fonte: autoria própria (2019).

O mesmo pode ser observado na comparação entre os Mapas de Zoneamentos de sombras nas diferentes datas analisadas, em ambos os cenários atual e futuro (Figura 75 e Tabela 27).

Figura 75 – Comparação dos Mapas de Zoneamento de Sombras na Praça Ucrânia – cenários atual e futuro - Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)



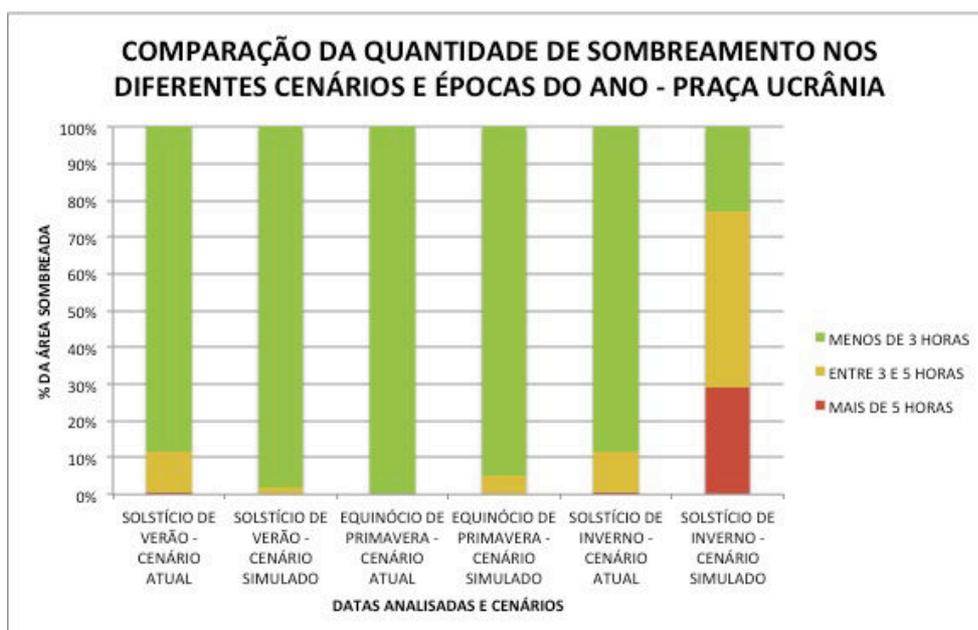
Fonte: autoria própria (2019).

O maior impacto foi observado no Mapa da análise do solstício de inverno, no cenário futuro, onde grande parte do espaço é sombreada por mais de três horas (Tabela 27 e Figura 76).

Tabela 27 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários na Praça da Ucrânia

Quantidade de sombreamento	Cenário Atual		Cenário Futuro		Cenário Atual		Cenário Futuro		Cenário Atual		Cenário Futuro	
	Verão (m ²)	%	Verão (m ²)	%	Primavera (m ²)	%	Primavera (m ²)	%	Inverno (m ²)	%	Inverno (m ²)	%
Menos de 3h	2.449	89	2.710	98	2.764	100	2.625	95	2.449	89	643	23
De 3h a 5h	303	11	55	2	-	-	140	5	303	11	1.322	48
Mais de 5h	12	0,4	-	-	-	-	-	-	12	0,4	800	29

Figura 76 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários e épocas do ano na Praça Ucrânia

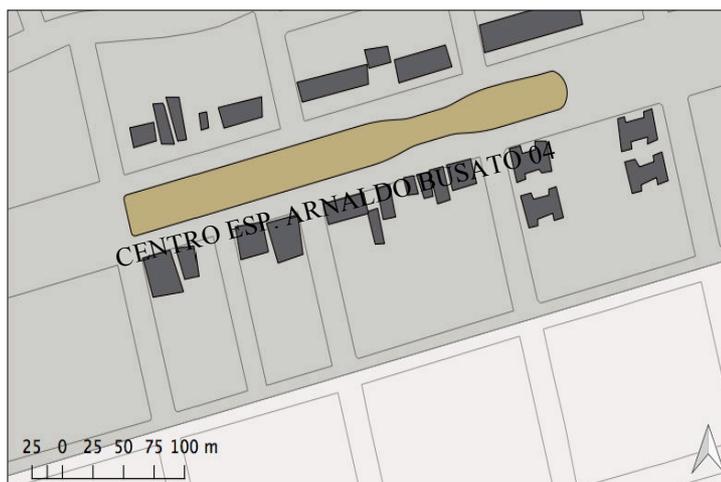


Fonte: autoria própria (2019).

4.4.2 Análises De Cenário Simulado do Centro Esportivo Arnaldo Busato 04

O Centro Esportivo Arnaldo Busato 04 está localizado na Avenida Presidente Wenceslau Braz, e está inserido no Setor Especial Presidente Wenceslau Braz, onde a altura máxima permitida é de 10 pavimentos (Figura 77).

Figura 77 – Mapa Centro Esp. Arnaldo Faivro Busato 04 – Análise de cenário simulado

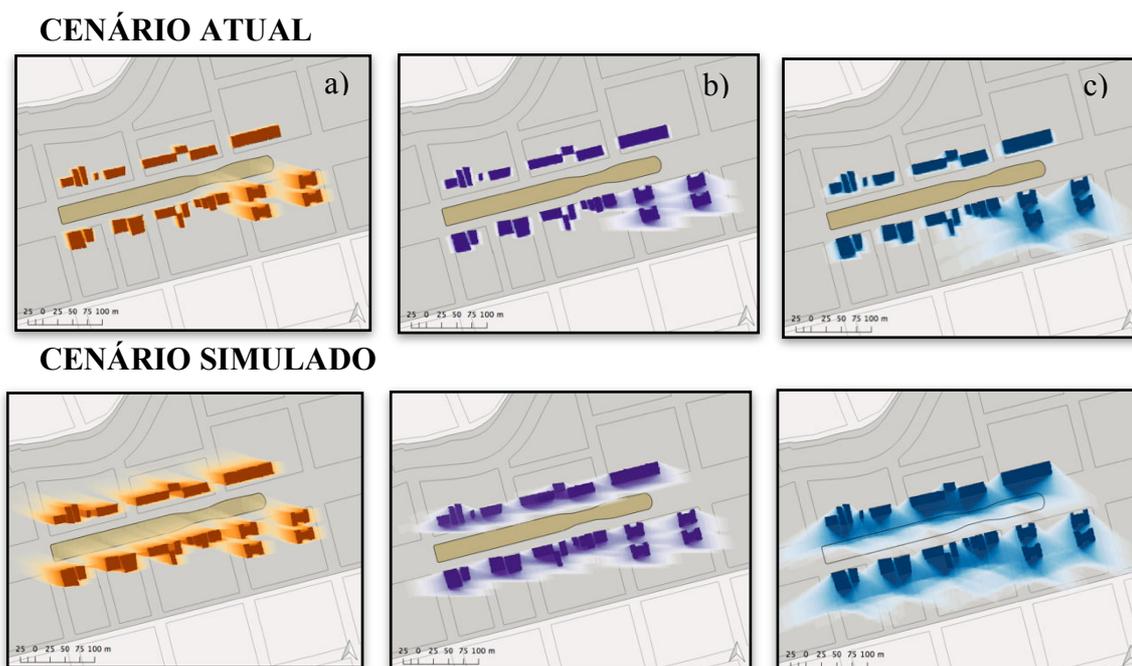


Fonte: autoria própria (2019).

Portanto foi considerado para a simulação de cenário futuro que todas as edificações no entorno imediato, que atualmente são mescladas entre baixas e altas, tenham a altura máxima permitida.

Comparando-se os diferentes Mapas de Acúmulos de Sombra nas diferentes datas analisadas, pôde-se observar que o impacto do sombreamento sobre a praça é significativamente maior principalmente no solstício de inverno (Figura 78).

Figura 78 – Comparação dos Mapas de acúmulo de sombras no Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04 – cenários atual e futuro - Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)



Fonte: autoria própria (2019).

O mesmo pode ser observado na comparação entre os Mapas de Zoneamentos de sombras nas diferentes datas analisadas, em ambos os cenários atual e futuro. O maior impacto foi observado no Mapa da análise do solstício de inverno, no cenário futuro, onde grande parte do espaço é sombreada por mais de três horas (Figuras 79 e 80 e Tabela 28).

Figura 79 – Comparação dos Mapas de Zoneamento de Sombras no Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04 – cenários atual e futuro - Solstício de verão (a) e Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)

CENÁRIO ATUAL



CENÁRIO SIMULADO



Legenda

Horas de sombreamento:

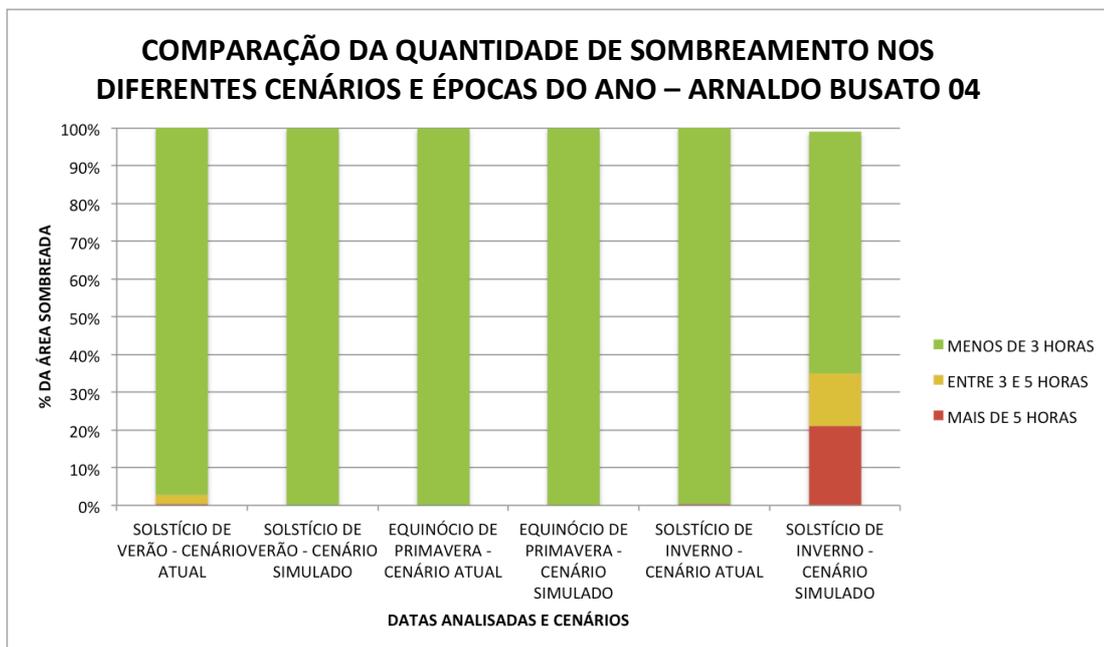
■ Até 3 horas ■ De 3 a 5 horas ■ Mais de 5 horas

Fonte: autoria própria (2019).

Tabela 28 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários no Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04

Quantidade de sombreamento	Cenário Atual		Cenário Futuro		Cenário Atual		Cenário Futuro		Cenário Atual		Cenário Futuro	
	Verão (m ²)	%	Verão (m ²)	%	Primavera (m ²)	%	Primavera (m ²)	%	Inverno (m ²)	%	Inverno (m ²)	%
Menos de 3h	9.994	98	10.255	100	10.255	100	10.255	100	10.255	100	6.605	64
De 3h a 5h	256	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1.488	14
Mais de 5h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.162	21

Figura 80 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários e épocas do ano no Centro Esportivo Arnaldo Faivro Busato 04



Fonte: autoria própria (2019).

4.4.3 Análises de Cenário Simulado da Praça Cova da Íria

Este espaço público aberto de convívio está localizado no Zoneamento denominado Polo da Linha Verde, área de interesse Municipal por ser um importante eixo de desenvolvimento da cidade.

O Zoneamento não foi selecionado anteriormente para a análise devido à baixa pontuação em relação ao entorno imediato dos espaços contidos nele, que atualmente é composto somente por edificações de baixa altura.

De acordo com a Lei Ordinária nº 13.909/2011 da Prefeitura Municipal de Curitiba (PARANÁ, 2011), o setor compreende áreas de ocupação diferenciada de média e alta densidade onde se pretende adensamento, verticalização e predominância de usos comerciais e de serviços, com edificações de altura livre.

Para a simulação, foram analisados os lotes no entorno do espaço escolhido, baseando-se nas dimensões dos lotes, e aplicando-se os parâmetros estipulados pela Lei nº 13.909/2011 (PARANÁ, 2011). Imaginando-se que alguns dos lotes, os menores, seriam mais viáveis comercialmente quando agrupados em lotes de maior área, foi executada uma possível nova configuração dos lotes no entorno imediato (Figura 81).

Figura 81 – Análise de lotes do entorno da Praça Cova da Iria situada no Polo da Linha Verde



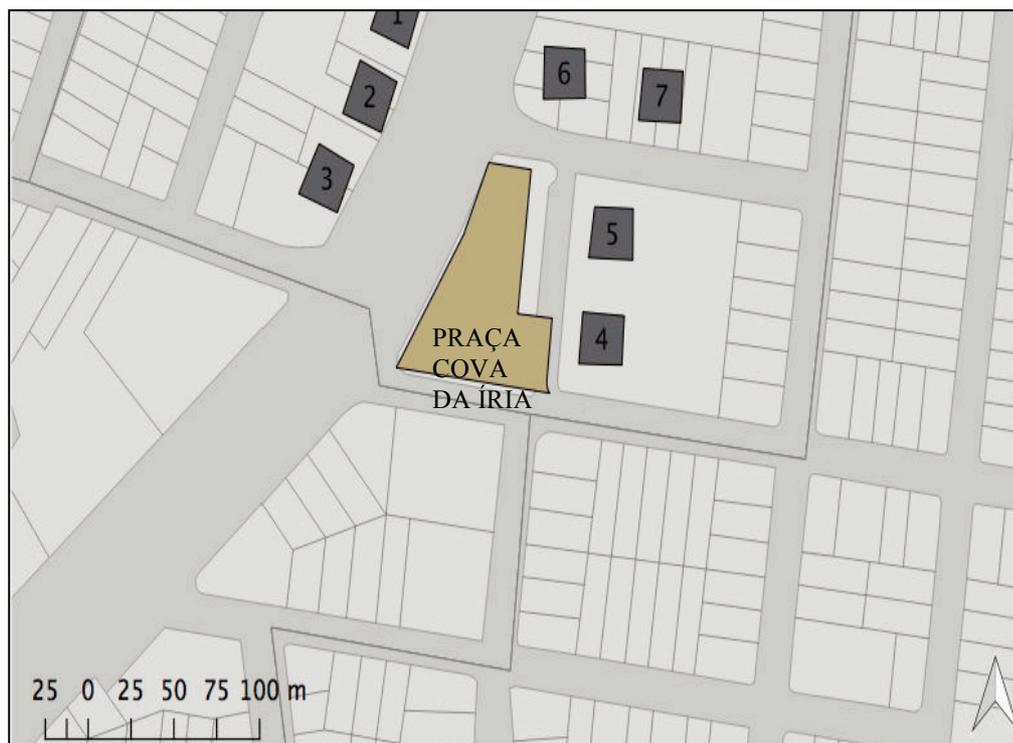
Fonte: autoria própria (2019).

A partir desta configuração, foi executado um estudo de implantação de edificações em torre com planta de 500m² a fim de verificar o possível impacto de sombreamento sobre o espaço público aberto escolhido (Figura 82). A partir dos índices da legislação, e com a metragem estipulada das edificações, a altura das edificações alcançaria entre seis e nove pavimentos (Tabela 29).

Tabela 29 – Estudo de implantação de edificações no entorno para análise da Praça Cova da Iria situada no Polo da Linha Verde com índices básicos da legislação

Item	Área do Lote (m ²)	Coefficiente de Aproveitamento	Taxa de Ocupação	Planta torre (m ²)	Quantidade de torres	Quantidade de pavimentos
01	3.355	1	50%	500	1	7
02	3.221	1	50%	500	1	7
03	3.404	1	50%	500	1	7
04	9.400	1	50%	500	2	9
05	2.750	1	50%	500	1	6
06	2750	1	50%	500	1	6

Figura 82 – Previsão de edificações nos lotes no entorno com índices básicos da legislação



Fonte: autoria própria (2019).

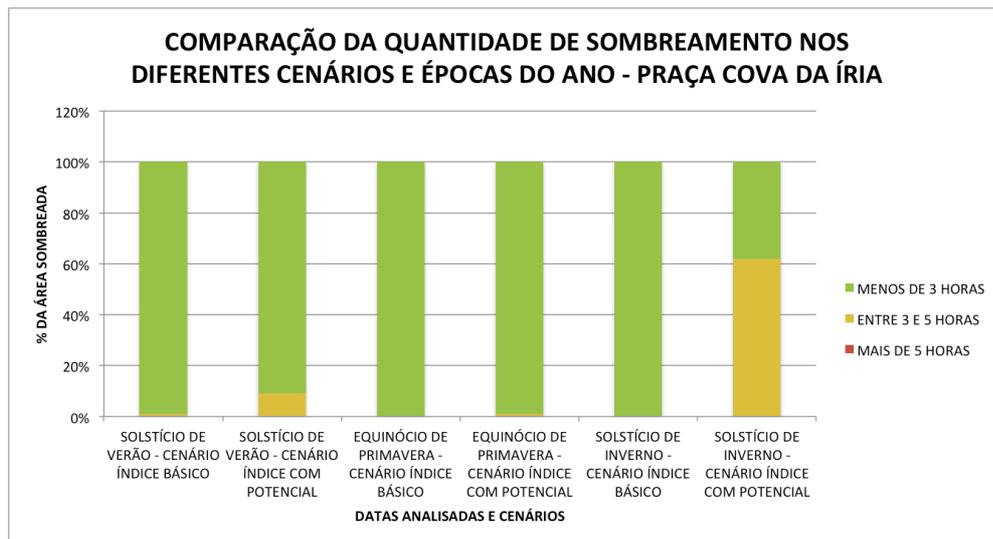
Em outra configuração, a altura das edificações também poderia sofrer acréscimo, caso houvesse aquisição de Potencial Construtivo adicional. Neste caso, o coeficiente de aproveitamento máximo poderia ser quatro vezes maior (Tabela 30 e Anexo A).

Tabela 30 – Estudo de implantação de edificações no entorno para análise da Praça Cova da Iria situada no Polo da Linha Verde com Potencial adicional de construção

Item	Área do Lote (m ²)	Coefficiente de Aproveitamento	Taxa de Ocupação	Planta torre (m ²)	Quantidade de torres	Quantidade de pavimentos
01	3.355	4	50%	500	1	26
02	3.221	4	50%	500	1	26
03	3.404	4	50%	500	1	26
04	9.400	4	50%	500	3	25
05	2.750	4	50%	500	1	22
06	2750	4	50%	500	1	22

Por esta razão, foram feitos dois estudos de simulação, o primeiro considerando um cenário futuro com edificações de altura baseada nos índices básicos da legislação e o segundo considerando as edificações com Potencial adicional máximo de construção, considerando o coeficiente de aproveitamento igual a quatro. Para esta última foram consideradas edificações no entorno imediato com altura média de 24 pavimentos ou aproximadamente 70 metros (Figura 83).

Figura 84 – Comparação da quantidade de sombreamento nos diferentes cenários e épocas do ano na Praça Cova da Iria



Fonte: autoria própria (2019).

A comparação entre os Mapas de Acúmulo de Sombra ilustra o sombreamento nas diferentes datas analisadas com os diferentes índices aplicados. Pôde-se observar por meio destes Mapas que o sombreamento é maior no solstício de inverno em ambas as situações (Figura 85).

Figura 85 – Comparação dos Mapas de acúmulo de sombras na Praça Cova da Iria – cenários índices básico e com Potencial Construtivo - Solstício de verão e Equinócio de Primavera, Solstício de inverno

CENÁRIO FUTURO – ÍNDICE BÁSICO



CENÁRIO SIMULADO – ÍNDICE COM POTENCIAL CONSTRUTIVO



Fonte: autoria própria (2019).

O mesmo pode ser observado se comparados os Mapas de Zoneamentos de Sombras do mesmo espaço. Nestes Mapas é possível ter uma melhor visualização do real impacto do sombreamento nos diferentes cenários. Quando aplicado o índice básico da legislação, o número máximo de horas de sombreamento limita-se a três. Já quando o índice aplicado é considerando-se a aquisição de Potencial Construtivo, o sombreamento atinge uma área bem maior do espaço e por um período de horas maior também (Figura 86).

Figura 86 – Comparação dos Mapas de Zoneamentos de Sombras na Praça Cova da Iria – cenários índices básico e com Potencial Construtivo - Solstício de verão (a), Equinócio de Primavera (b), e Solstício de inverno (c)

CENÁRIO SIMULADO – ÍNDICE BÁSICO



CENÁRIO SIMULADO – ÍNDICE COM POTENCIAL



Legenda

Horas de sombreamento:

■ Até 3 horas ■ De 3 a 5 horas ■ Mais de 5 horas

Fonte: autoria própria (2019).

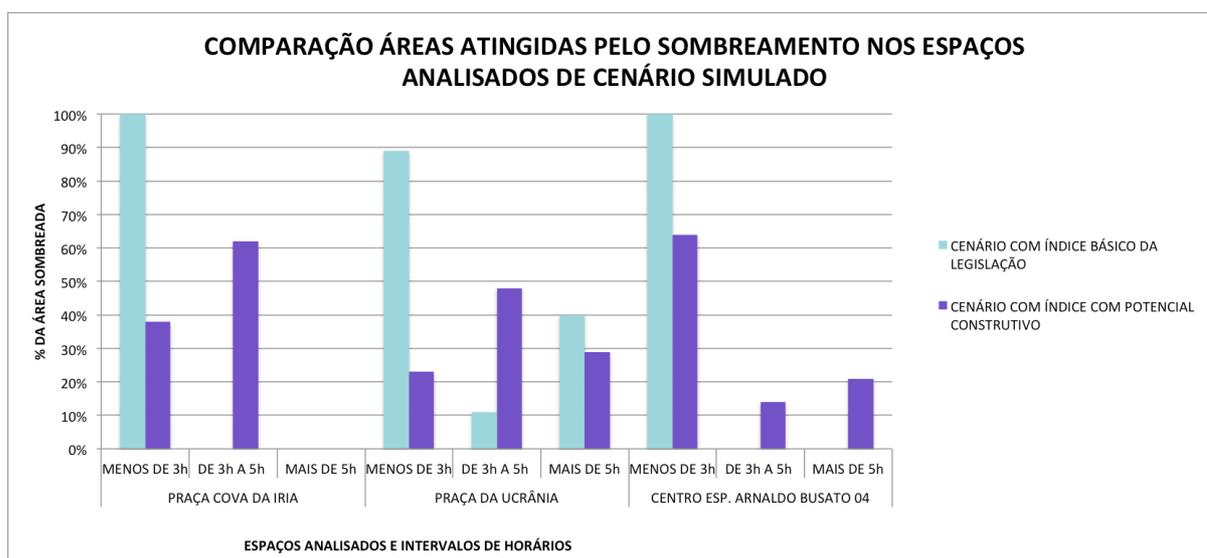
Nas análises de cenários simulados, realizadas nos três espaços selecionados, pôde-se observar que, quando aplicado os índices da legislação com aquisição de Potencial Construtivo no solstício de inverno, o impacto de sombreamento nos espaços seria de até 62% maior, e por um maior número de horas, pois geraria um aumento significativo na altura das edificações no entorno dos espaços públicos abertos analisados. O pior cenário seria da Praça Cova da Iria, localizada no Zoneamento Polo da Linha Verde, seguido pela Praça da Ucrânia localizada na divisa entre os Zoneamentos Setor Especial Estrutural e Residencial Mercês e

posteriormente pelo Centro Esportivo Arnaldo Busato 04 localizado no Setor especial Pres. Wenceslau Braz (Tabela 32 e Figura 87).

Tabela 32 – Comparação das áreas atingidas pelo sombreamento nos espaços analisados de cenários futuro no solstício de inverno

Local	Horas de Sombreamento	Cenário Índice da Legislação		Cenário Índice com Potencial Construtivo		Diferença %
		Área atingida no solstício de Inverno (m)	%	Área atingida no solstício de Inverno (m)	%	
Praça Cova da Iria	Menos de 3 horas	5.150	100	1.951	38	62
	De 3 a 5 horas	-	-	3.199	62	62
	Mais de 5 horas	-	-	-	-	-
Praça da Ucrânia	Menos de 3 horas	2.449	89	643	23	66
	De 3 a 5 horas	303	11	1.322	48	37
	Mais de 5 horas	12	0,4	800	29	28,6
Centro Esport. Arnaldo Busato 04	Menos de 3 horas	10.255	100	6.605	64	36
	De 3 a 5 horas	-	-	1.488	14	37
	Mais de 5 horas	-	-	2.162	21	21

Figura 87 – Comparação das áreas atingidas pelo sombreamento nos diferentes espaços analisados de cenário simulado



Fonte: autoria própria (2019).

Neste estudo foram analisados 25 espaços situados na cidade de Curitiba com morfologia urbana atual, além de três espaços com morfologia urbana futura hipotética.

No próximo capítulo serão apresentadas as conclusões resultantes, as limitações, bem como sugestões de trabalhos futuros.

5 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

A análise do impacto do sombreamento proveniente das edificações sobre os espaços públicos já faz parte da realidade de algumas cidades, a maioria estrangeiras. Já é tempo de a mesma iniciativa começar a ser mais difundida e aplicada no país, tendo em vista o crescimento urbano acelerado e a verticalização das cidades brasileiras.

Os Planos Diretores e as Leis, desde as Federais até as Municipais como as do Uso do Solo e Zoneamento podem incentivar os estudos ambientais impactantes no meio urbano, entre eles o de sombreamento, já que têm como uma de suas finalidades ordenar o desenvolvimento urbano de forma equilibrada e sustentável, e também garantir o bem-estar de seus habitantes. Esses Planos devem ser revisados pelo menos a cada 10 anos para que estejam sempre atualizados acompanhando o desenvolvimento do Município.

É preciso questionar o quanto instrumentos de política urbana como a Outorga Onerosa do Direito de Construir, a concessão para que a edificação seja construída acima dos limites estipulados na Lei de Zoneamento do Município por meio de contrapartida financeira em favor do Município, ou a Transferência de Potencial Construtivo, que podem causar impacto nos espaços públicos abertos existentes no entorno destas edificações prejudicando a utilização destes espaços em todas as épocas do ano.

Esta Tese, que teve por objetivo principal desenvolver um método para analisar o impacto do sombreamento proveniente de edificações no entorno imediato, a partir de imagens de satélite, sobre espaços públicos abertos, mostrou-se aplicável e confiável após sua validação e análises a partir de alguns espaços selecionados da cidade de Curitiba. O método pode ser útil desde as etapas iniciais do planejamento urbano e destes espaços, como também para readequações de espaços existentes e como ferramenta de análise do impacto do sombreamento proveniente de novas edificações sobre os espaços públicos abertos do entorno, ou até no estudo de parâmetros limítrofes de altura das edificações no entorno destes locais.

Devido a grande quantidade de espaços públicos abertos existentes no Município de Curitiba, foram selecionados alguns espaços para serem analisados. Para a seleção dos espaços, em Zoneamentos pré-definidos, foram escolhidos três critérios relacionados à: projeção de sombreamento sobre o espaço, à visualização integral nas imagens de satélite, e à existência de locais de permanência. O primeiro critério, existência de edificações no entorno

a partir de seis pavimentos, mostrou-se eficaz para a seleção dos espaços pois edificações mais baixas não chegam a projetar sombras muito longas. O segundo critério, quantidade de arborização, foi importante pois quando detectada a existência de muita arborização no espaço, a visualização para análise ficou muito prejudicada. E o terceiro critério adotado para a seleção dos espaços, número de bancos, mesmo sabendo-se que este não deve ser considerado como único meio de instigar a permanência de usuários nos espaços públicos abertos, foi considerado no estudo como um dos elementos que tornam o espaço convidativo a permanência.

Quanto a escolha dos espaços para análise de cenário simulado, foi focada em Zoneamentos onde, até o momento, mesmo que seja permitida a construção de edificações com mais de 10 pavimentos, existam ainda edificações térreas e lotes vagos. Ou então em Zoneamentos em expansão onde, com as atualizações no Plano Diretor Municipal, poderiam existir lotes com possibilidade de serem construídas edificações de grande porte e altura promovendo assim a verticalização do local.

Com relação aos métodos para obtenção das alturas das edificações apresentados no estudo foi possível averiguar que tanto o método direto obtido a partir do *Google Earth Pro 3D*[®], quanto o método indireto baseado na relação trigonométrica entre altura solar e dimensão da sombra desenvolvido neste estudo, mostraram-se aplicáveis e confiáveis devido a pequena margem de erro verificada. Contudo, a margem de erro resultante na projeção da sombra é 3,5% menor quando utilizado o método direto a partir da ferramenta do *Google Earth Pro 3D*[®]. O método indireto apresenta resultados melhores quando a altura solar, no momento da captura da imagem, está próxima do ângulo de 45 graus. Todavia, é importante salientar que este método indireto pode ser aplicado em cidades onde a ferramenta de medição 3D não está disponível, pois até o momento, somente as capitais brasileiras têm este recurso de medição disponibilizado pelo *Google Earth Pro 3D*[®].

Os softwares escolhidos para a execução das simulações, QGIS Essen e o *Package Shadow* (DORMAN *et al.*, 2017) do software de estatística R, este último elaborado por pesquisadores com o intuito específico de simular a projeção de sombras de objetos sobre superfícies planas, mostraram-se muito eficazes para o desenvolvimento do estudo, ambos de código livre e aberto.

Os Mapas gerados no software QGIS, com a finalidade de visualizar o nível de sombreamento sobre os espaços, podem ser configurados de acordo com a necessidade e critérios do planejador ou interessado, podendo ser alteradas as cores, as escalas de visualização, os arquivos *shapefile* de base, dentre outros.

A utilização do plug-in desenvolvido como Trabalho Final de Graduação do Curso de Engenharia Cartográfica, com o intuito de automatizar parte do método apresentado neste estudo que teve a finalidade de gerar os mapas de visualização do sombreamento, se mostrou um ótimo recurso. Com sua utilização o tempo total para a realização da parte automatizada de todas as 29 simulações foi de aproximadamente sete horas, sendo em média 4min40seg por simulação, sendo que sem o plug-in o tempo para realização de cada simulação era em torno de uma hora.

O estudo realizado na Praça do Japão permitiu validar a Ferramenta de Avaliação do nível de Sombreamento desenvolvida neste estudo. Foram feitas simulações para as datas do Solstício de Inverno, Equinócio de Primavera e Solstício de Verão. As análises foram focadas nas datas dos extremos, e as análises para o Equinócio de Primavera serviram como dado intermediário de avaliação.

A partir dos resultados das análises executadas nas datas específicas mencionadas, pôde-se averiguar e quantificar o impacto do sombreamento proveniente das edificações no entorno imediato deste espaço público aberto de convívio e também nos demais espaços selecionados.

Dos 25 espaços analisados na cidade de Curitiba, com a configuração atual do entorno construído, 12% deles, sendo a Praça Didi Caillet, a Praça do Japão e a Praça Zacarias, tiveram um resultado mais preocupante quanto ao nível de sombreamento, principalmente no Solstício de Inverno, devido à grande altura permitida das edificações pela Lei de Zoneamento Urbano Municipal. Já os demais espaços analisados ficaram sombreados em parte ou integralmente, em sua maioria, por um período de até três horas nesta mesma data analisada.

Nas análises para o Solstício de Verão, onde o sombreamento poderia ser benéfico, demonstraram que em todos os espaços analisados houve algum grau de sombreamento por um período de menos de três horas, e somente 12% dos espaços analisados apresentaram sombreamento por um período maior de tempo, nesta data analisada.

As análises de sombreamento em cenários futuros realizadas neste estudo nos três espaços selecionados, demonstram que quando aplicado o índice de Potencial Construtivo aumentando a altura permitida no índice básico de Zoneamento, o impacto sobre os espaços é bem maior, principalmente no solstício de inverno. Considerando-se que Curitiba é uma cidade caracterizada por clima frio no inverno, o amplo acesso solar nos espaços públicos abertos seria recomendado, portanto o estudo do impacto de sombreamento seria uma boa

alternativa de análise para delimitar as alturas das edificações no entorno dos espaços localizados nos Zoneamentos onde pretende-se ampliar os índices.

O Município de Curitiba está em meio da revisão do Plano Diretor Municipal, já em trâmites de aprovação, onde uma das diretrizes é priorizar o adensamento populacional, com a consequente verticalização da cidade, com o intuito de conter o crescimento horizontal do Município. Mas deve-se questionar o quanto a verticalização, e em que locais, seria favorável sem prejudicar os demais fatores importantes para o bem-estar dos cidadãos como: o acesso solar, a ventilação, a mobilidade urbana, entre outros.

5.2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Esta Tese limitou-se a análise de uma quantidade restrita de espaços públicos abertos de convívio presentes na cidade de Curitiba. A continuidade da análise em mais espaços seria interessante, com o intuito de obter uma classificação mais ampla dos espaços públicos abertos de convívio no Município de Curitiba.

Com relação a Tabela elaborada neste estudo em relação aos espaços presentes em alguns Zoneamentos selecionados (Apêndice B), os espaços com pontuação igual a 01, no critério edificações no entorno imediato, o qual indica presença somente de construções baixas, não foram selecionados, mesmo que os outros dois critérios tivessem pontuação igual a 03. Sugere-se que estes espaços, em trabalhos futuros, possam ser analisados com configuração de cenários futuros, imaginando-se que num futuro próximo estas edificações serão substituídas por construções mais altas, permitidas pela Lei de Zoneamento do local.

Outra limitação desta Tese refere-se às simulações de sombreamento, pois estas foram realizadas considerando-se somente as edificações de entorno contíguas aos espaços analisados, sem considerar as demais edificações. A projeção do sombreamento do conjunto de edificações, localizadas nas quadras de entorno dos espaços públicos por exemplo, pode resultar em sobreposição das camadas de sombra. Deve-se salientar que o plug-in desenvolvido atende, até o momento, simulações que considerem somente as edificações de entorno contíguas aos espaços analisados, e portanto seria necessário adequar o plug-in desenvolvido deverá ser revisto e atualizado. Portanto, num futuro, outras análises mais amplas poderiam ser feitas também, onde seria analisado um número maior de edificações de entorno, incluindo, por exemplo, um grupo de edificações existentes nas quadras urbanas no entorno dos espaços públicos abertos de convívio.

Poderia ser interessante também aplicar o mesmo método de análise de impacto do sombreamento sobre os espaços públicos abertos em outros municípios, para além de poder servir de comparativo com os resultados obtidos no Município de Curitiba, estudar o desempenho do método indireto de obtenção das alturas e da Ferramenta de modo remoto.

Utilizada no planejamento urbano, poderiam ser feitas análises com o intuito de verificar a altura ideal das edificações de entorno dos espaços públicos abertos de convívio, baseando-se a princípio no conceito de Envelope Solar, para minimizar o sombreamento sobre estes espaços no solstício de inverno, considerando-se esta a situação mais crítica.

Ainda no campo do planejamento urbano, mais especificamente na concepção de novos espaços públicos de convívio, poderia ser averiguado se ferramenta poderia contribuir no estudo de implantação destes novos espaços com o propósito, por exemplo, de analisar a melhor localização de subespaços das atividades propostas, diminuindo assim o impacto do sombreamento em determinados locais.

Este estudo também limitou-se a avaliar somente um dos fatores que podem influenciar no uso e na permanência de cidadãos nos espaços públicos abertos, sem averiguar os demais fatores ambientais e humanos. Neste aspecto, a ferramenta de avaliação do nível de sombreamento poderia ser utilizada em trabalhos futuros como complemento de análises de conforto ambiental, como por exemplo no impacto do sombreamento na temperatura do ar, na das superfícies e na sensação térmica de conforto dos usuários com alguma escala. Deste modo os espaços poderiam ser avaliados de acordo com sua capacidade de promover conforto urbano.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.
- ALVES, S. A., SOUZA, L. C. L., FARIA, J. R. G. **Aplicação de um método ergonômico para avaliação da permanência e atratividade em espaço público aberto : estudo de caso Parque Vitória Régia , Bauru – SP**. XII Encontro Nacional e VIII Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC Brasília 2013.
- ANDREOU, E. **The effect of urban layout, street geometry and orientation on shading conditions in urban canyons in the Mediterranean**. *Renewable Energy*, v. 63, p. 587-596, 2014.
- BAHIA, Prefeitura Municipal de Salvador. **Decreto nº 21.543**. Atos do Poder Executivo. Diário Oficial do Município. 19 de Janeiro de 2011. Disponível em: http://www.sucom.ba.gov.br/wp-content/uploads/2014/11/21543_2011.pdf. Acessado em: Setembro/2017.
- BAIRD, W. H.; PADGETT, C. W.; SECREST, J. A. **Google Earth science**. *Physics Education*, v. 50, n. 2, p. 224, 2015. Disponível em: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/50/2/224/meta#artAbst>. Acessado em: Setembro/2016.
- BATCHTOLD, F. **Prédios mais altos do país cobrem o sol em Balneário Camboriú**. Reportagem Folha de São Paulo. 27/12/2015. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/12/1723364-predios-mais-altos-do-pais-cobrem-o-sol-em-balneario-camboriu-sc.shtml>. Acessado em: Agosto/2017.
- BAIZ, W. H.; KHOSHNAW, D. S.; BYZE, A. H. **High-rise buildings aspects and significant impacts in urban areas**. *Int. Journal of Engineering Research and Application* www.ijera.com ISSN:2248-9622, Vol. 6, Issue 10, (Part -1) October 2016, pp.20-26.
- BENEDET, M. S. **Apropriação de praças públicas centrais em cidades de pequeno porte**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Florianópolis. Brasil. 2008.
- BILJECKI, F.; LEDOUX, H. STOTER, J. **Generation 3D city models without elevation data**. *Computers Environment and Urban Systems*. 2017.
- BIONDI, D.; NETO, E. **Distribuição Espacial E Toponímia Das Praças De Curitiba-Pr**. REVSBAU, Piracicaba – SP. 2012.
- BIVAND, R. S. ; PEBESMA, E. J. ; GÓMEZ-RUBIO V. **Use R! Applied Spatial Data Analysis with R**. (Vol. 747248717). New York: Springer. 2008.
- BOSELTMANN P.; DAKE K.; FOUNTAIN M.; KRAUS L.; LIN K.T.; HARRIS, A. **Sun wind and comfort a field study of: thermal comfort in San Francisco**. Centre for Environmental Design Research, University of California Berkeley. 1988.
- BOUMARAF H.; TACHERIFT, A. **Space use variations and microclimate**. *Business Excellence and Management*. 2012.
- BOURBIA, F. AWBI, H. B. **Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate Part 1 : Air and surface temperature measurements**. *Renewable Energy* 29, 249–262 1. 2004
- BRASIL, Instituto Nacional De Meteorologia-INMET. **Normais Climatológicas do Brasil. Período de 1981-2010**. Acessado em: Abril/2018.
- BRASIL. **Lei Federal nº 10.257 – Estatuto da Cidade**. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm. Acessado em: Julho/2019.

BUI, Q. WHITE, J. **The Struggle for Light and Air in America's Largest City**. The New York Times. Disponível em: https://www.nytimes.com/interactive/2016/12/21/upshot/Mapping-the-Shadows-of-New-York-City.html?_r=0. Acessado em: Setembro/2017.

CALIFORNIA, São Francisco. San Francisco Recreation and Park Commission.. **Prop K - The Sunlight Ordinance**. Disponível em: http://sfrecpark.org/wp-content/uploads/Item-6-1Oak_AttachmentA_1989MemoOverview-060717.pdf. Acessado em: Setembro/2017.

CALIL, M. R. **Relógio Solar Horizontal**. LECT – Laboratório de Ensino de Ciências e Tecnologia, USP. 2016. Disponível em: <http://darwin.futuro.usp.br/site/sky/Pe%E7a%20rara/REL%D3GIO%20SOLAR%20HORIZONTAL.doc>. Acessado em: Março/2016.

CARNEIRO, A. R. S. **Parque e paisagem: um olhar sobre o Recife**. Recife: Editora da UFPE. 2010.

CAPELUTO, I. G.; SHAVIV, E. **Modeling the design of urban fabric with solar rights considerations**. Proceedings of the ISES. 1997.

CHEN, L. NG, E. **Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade**. CITIES. 2012.

CHENG, F.; THIEL, K.H. **Delimiting the Building Heights in a City from the Shadow in a Panchromatic SPOT-Image - Part 1 - Test of Forty Two Buildings**, Int. J. Remote Sensing, 16:409-415. 1995.

CLUA, D. M. G.; CARRARA, V. **Reconstrução gráfica tridimensional de edificações urbanas a partir de imagens aéreas relatório**. INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2007.

COMBER, A.; UMEZAKI, M.; ZHOU, R.; DING, Y.; LI, Y.; FU, H.; JIANG, H.; TEWKESBURY, A. **Using shadows in high-resolution imagery to determine building height**. Remote Sensing Letters. Volume 3. Issue 7. 2012.

CORDOVA, H. **Elevation determination by shadow measurement from vertical monoscopic aerial imagery**. Pecora 16 “Global Priorities in Land Remote Sensing”. 2005.

COSTA, H. **Criação de Ferramenta para Projeção de Sombreamento**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Cartográfica e Agrimensura. UFPR. 2018.

DANIEL, L. W. **Espaços Livres Urbanos: Praças Públicas Centrais de Maringá**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2013.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Aspectos Climáticos de Curitiba-PR: Uma contribuição para o ensino médio**. Raega - O Espaço Geográfico em Análise, 1999 - revistas.ufpr.br

DIGITAL GLOBE. **Product Samples**. Website. 2017. Disponível em: <https://www.digitalglobe.com/samples>. Acessado em: Julho/2018.

DINI, G. R.; LISINI, G.; HARB, M. ; GAMBA, P. **Comparison of estimated building story number for exposure mapping from high resolution space-borne images**. Leibniz University Hannover, Germany. 2014.

DINEENN, J.K. **Long shadows create political hurdle for San Francisco skyscraper project**. San Francisco Chronicle. 28 de abril de 2016. Disponível em: <http://www.sfchronicle.com/bayarea/article/Long-shadows-create-political-hurdle-for-S-F-7382467.php#photo-9902606> . Acessado em: Setembro/2017.

DORMAN, M.; VULKAN, A.; ERELL, E.; KLOOG, I. **Introduction to package shadow**. 2017. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/shadow/vignettes/introduction.html> . Acessado em : Agosto/2017.

EMAASIT, D. **Applied Spatial Data Science with R**. Janeiro/2016. Disponível em: <https://blog.dominodatalab.com/applied-spatial-data-science-with-r/>. Acessado em : Outubro/2017.

EVANS-COLWEY, J. **Using Google Earth to Understand Parking Utilization**. Blog Post. Planetizen. 2015. Disponível em: <http://www.planetizen.com/node/73063/using->. Acesso em: Outubro/2016.

FITCH, W.M. **Towards defining the course of evolution: Minimum change for a specific tree topology**. Systematic Zoology. 1971.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico: arquitetura e urbanismo**. 5. Ed. São Paulo: Studio Nobel. 2001.

GEHL, J. **Life between buildings: Using public space**. Danish Architecture Press, Distributed by Island Press. 1971.

GEHL, J. **Life Between Buildings: Using Public Space** - (transl. by Koch, J.), New York: Van Nostrand Reinhold. Revised Edition - 2011.

GIRALT, R. P. **Conforto térmico em espaços públicos abertos na cidade de Torres-RS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2006.

GOMES, M. F.; QUEIROZ, D. R. E. **Estudo dos espaços livres e áreas de lazer na cidade de Araçatuba/SP**. Caminhos de Geografia - Revista online. Uberlândia. 2016.

GUIA TURISMO CURITIBA. **Praça do Japão Curitiba**. Website. Novembro/2010. Disponível em: <http://guiaturismocuritiba.com/2010/11/praca-japao.html>. Acessado em: Outubro/2017.

HANNES, E. **Espaços abertos e Espaços Livres: um estudo de tipologias**. Paisagem e ambiente: Ensaios - n. 37 - São Paulo - P. 121 – 144. 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.

HUANG, X.; ZHANG, L. **Morphological building/shadow index for building extraction from high-resolution imagery over urban areas**. Ieee Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing, Vol. 5, No. 1, February 2012.

HUISMAN, O.; BY, R. A. de. **Principles of Geographic Information System** - An introductory textbook. The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Fourth edition. 2009. Disponível em: https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2009/general/PrinciplesGIS.pdf. Acessado em: Março/2017.

IBRAHIM, E. **High- Rise Buildings – Needs & Impacts**. CIB World Building Congress. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Curitiba-Paraná, Infográficos – Dados gerais do município**. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=410690>. Acessado em: Agosto/2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Portal de Mapas – Mapa Político do Paraná**. Disponível em <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#213>. Acessado em: Outubro/2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). Geodownloads – **Dados Geográficos**. Disponível em: <http://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm>. 2019. Acessado em: Abril/2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). Geodownloads – **Imagens - Ortofotos**. Disponível em: <http://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm>. 2003. Acessado em: Agosto/2017.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA(IPPUC). **Curitiba em Dados – Praças por Bairro, Regional e Localização em Curitiba**. 2010. Disponível em: <http://curitibaemdados.ippuc.org.br/>. Acessado em: Agosto/2017.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Nossos Bairros**. 2015.

IRVIN, R. B.; MCKEOWN, D. M. **Methods for Exploiting the Relationship Between Buildings and Their Shadows in Aerial Imagery**. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1989.

JÁMBOR, I.; SZIIAGYI, K. **GrünplanungimRahmen der Stadtentwicklung**. In: Garte Landschaft , n + n. 7, p. 30-35, 1984.

KADHIM, N. M. M.; MOURSHED, M.; BRAY, M. **Automatic extraction of urban structures based on shadow information from satellite imagery**. 14th Conference of International Building Performance Simulation Association, Hyderabad, India, Dec. 7-9, 2015.

KÁNTOR, N.; UNGER, J. **Benefits and opportunities of adopting GIS in thermal comfort studies in resting places: an urban park as an example**. Landscape and Urban Planning, v. 98, n. 1, p. 36-46, 2010.

KAUSHILK. **The ‘Ancient Lights’ Windows of England**. Amusing Planet. 2017. Disponível em: <http://www.amusingplanet.com/2016/12/the-ancient-lights-of-england.html>. Acessado em: Setembro/2017.

KRÜGER, E. L.; PIASKOWI, N. A.; MORO, J. MINELLA, F. O. **Identifying solar access effects on visitors behavior in outdoor resting areas in a subtropical location: a case study in Japan Square in Curitiba, Brazil**. International Journal of biometeorology. 2018

LAPOIX, F. **Cidades verdes e abertas**. In: Enciclopédia de ecologia. São Paulo: EDUSP, 1979.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR**. Tese de Doutorado. UFPR. 2012.

LEE, T.; KIM, T. **Generation of 3D Building Models From Commercial Image Database Through Shadow Analysis 3D Building Extraction By Volumetric Shadow Analysis**. ASPRS 2010 Annual Conference - San Diego, Califórnia. 2010.

LEUNG, S. **Shadow debate shows how desperate Boston is for money**. The Boston Globe. 25 de abril de 2017. 2017 Disponível em: <https://www.bostonglobe.com/business/2017/04/25/leung/HK48RgiS2huIafHxZbrEdP/story.html>. Acessado em: Setembro 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/09566160210439279>. Acessado em: Abril/2016.

LIASIS, G.; STAVROU, S. **Satellite images analysis for shadow detection and building height estimation**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2016.

LIN, T. **Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions**. Building and environment, v. 44, n. 10, p. 2017-2026, 2009.

LIN, T.; MATZARAKIS, A.; HWANG, R. **Shading effect on long-term outdoor thermal comfort**. Building and Environment, v. 45, n. 1, p. 213-221, 2010.

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.

LODOBA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. D. **Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções**. v. 1, n. 1, p. 125-139, *Ambiência*. 2005.

MACEDO, S. S. **Espaços Livres**. Paisagem e Ambiente: ensaios, no 7. São Paulo, 1995.

MAGNOLI, M. M. E. M. **Espaços livres e urbanização: Uma introdução a aspectos da paisagem metropolitana**. Tese (Livre-docência) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

- MAGNOLI, M. M. **O parque no desenho urbano**. Paisagem e Ambiente, n. 21, p. 199-213. São Paulo. 2006.
- MANHATTAN COMMUNITY BOARD FIVE CENTRAL PARK SUNSHINE TASK FORCE. **Report Central Park Sunshine Task Force**. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0Bx8AWyfKvtQdVFVHRWhuSzdPUEE/view>. Acessado em: Abril/2019.
- MARTINELLI, L.; LIN, T.; MATZARAKIS, A. **Assessment of the influence of daily shadings pattern on human thermal comfort and attendance in Rome during summer period**. Building and Environment 92, 30e38. 2015.
- MARTINS, R. M. **Ippuc apresenta nova lei de Zoneamento para Curitiba. Veja o que Muda**. Gazeta do Povo. 2017. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/politica/parana/ippuc-apresenta-nova-lei-de-zoneamento-para-curitiba-veja-o-que-muda-dumj49lsjvhio5itn1scnshc8>. Acessado em: Dezembro/2017.
- MARTINS, J. C. **Curitiba pode ter potencial construtivo adicional ao básico**. Câmara Municipal de Curitiba. Notícias do Legislativo. 14/02/2019. Disponível em: https://www.cmc.pr.gov.br/ass_det.php?not=30545. Acessado em: Junho/2019.
- MATOS, F. L. DE. **Espaços públicos e qualidade de vida nas cidades – O caso da cidade Porto**. Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia, v.2, n.4, p.17-33, jul. 2010.
- MATZARAKIS, A.; MAYER, H; IZIOMON, M G. **Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature**. International journal of biometeorology. 1999.
- MATZARAKIS, A., RUTZ, F., MAYER, H. **Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model**. Int. J. Biometeorol. 51, 323–334. 2007.
- MATZARAKIS, A., RUTZ, F., & MAYER, H. **Modeling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model**. International Journal of Biometeorology 2010.
- MAYER, H., 2008. **KLIMES – a joint research project on human thermal comfort in cities**. Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg 17, 101–117. 2008.
- MEDEIROS, E.B. **O lazer no planejamento urbano**. Rio de Janeiro: FGV, 1975.
- MEEUS, J. **Astronomical Algorithms**. Willmann-Bell. 2nd Edition. 1999.
- MINDA, J. E. C. **Os espaços livres públicos e o contexto local: O caso da Praça Principal de Pitalito – Huila – Colômbia**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília. Dissertação de Mestrado. 2009.
- 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 iee transactions on visualization and computer graphics, vol. XX, n° X, 2017.
- MORO, J. ; KRÜGER, E.; CAMBOIM, S.; PIASKOWY, N. **Estimativa do Horário de Aquisição de Imagens de Satélite Para Análises Climáticas Urbanas**. XIV ENCAC. Balneário Camboriú. Setembro/2017.
- NAKATA, C.M. **Comportamento do pedestre e ambiente térmico urbano**. Dissertação de Mestrado. UNESP. Bauru/São Paulo. 2010.
- NEW YORK UNIVERSITY (NYU). **Smart Urban Design Means Knowing Where the Shadows Fall**. Tandon School of Engineering – Polytechnic Institute. Disponível em: <http://engineering.nyu.edu/news/2017/02/10/smart-urban-design-means-knowing-where-shadows-fall>. Publicado em: 10/02/2017. Acessado em: Setembro/2017.
- NIEMEYER, C. A. C.; LABAKI, L. C. **Ambiente construído e cidadania: estudo de caso nas praças públicas de Caraguatatuba-SP**. III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo. 2014.

- NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K. **Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the Human parameter**. Solar Energy Vol. 70, No. 3, pp. 227–235. 2001.
- NIKOLOPOULOU, M.; STEEMERS, K. **Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces**. Energy and Buildings 35, 95–101. 2003.
- NIKOLOPOULOU, M.; LYKODIS, S. **Use of Outdoor Spaces and Microclimate in a Mediterranean Urban Area**. Building and Environment, 42, 3691–3707. 2007.
- NUCCI, J. C.; CAVALHEIRO, F. **Espaços Livres e qualidade de vida urbana**. Paisagem Ambiente Ensaios 11. São Paulo. 1998.
- OKE, T. R. **Street Design and Urban Canopy Layer Climate**. Energy and Buildings, 11, 103 – 113. 1988.
- OLIVEIRA, L. A. DE.; MASCARÓ, J.J. **Análise da qualidade de vida urbana sob a ótica dos espaços públicos de lazer**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 59-69, abr./jun. 2007.
- OWEN, W.J. **The R Guide**. Department of Mathematics and Computer Science University of Richmond. 2010.
- PARANÁ, Prefeitura Municipal de Curitiba. Instituto Municipal de Turismo. **Dados Gerais da Cidade**. Disponível em: <http://www.turismo.curitiba.pr.gov.br/conteudo/dados-gerais-da-cidade/61>. Acessado em: Agosto/2017.
- PARANÁ, Prefeitura Municipal de Curitiba. **Decreto nº 427/83 – Define critérios para denominação das áreas públicas ajardinadas**. Leis Municipais. 1983. Disponível em: <http://leismunicipa.is/jlkpa>. Acessado em: Agosto/2017.
- PARANÁ, Prefeitura Municipal de Curitiba. **Lei Ordinária nº 13.909/2011**. Leis Municipais. 2011. Disponível em: <http://leismunicipa.is/hcpen>. Acessado em: Abril/2019.
- PARANÁ, Prefeitura Municipal de Curitiba. **Prospecto de Registro da operação Urbana Consorciada Linha Verde**. 2016.
- PEETERS, A. ETZION, Y. **Automated recognition of urban objects for morphological urban analysis**. Computers, Environment and Urban Systems. 2012.
- PEETERS, A. **A GIS-based method for modeling urban- climate parameters using automated recognition of shadows cast by buildings**. Computers Environment and Urban Systems. 2016.
- 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.
- PIASKOWY, N. A.; KRÜGER. E. **Analysis of shading and usage of sun-lit areas in an urban square in a subtropical location**. Conference, Windsor Comfort, Making Cumberland, Relevant Use, Energy. 2016
- PIASKOWY, N. A.; KRÜGER. E. **Estudo sobre acessibilidade solar e comportamento do usuário na praça do Japão em Curitiba - PR**. XIV Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. 2017a.
- PIASKOWY, N. A.; KRÜGER. E. **Impact of solar access on visitors ' behavior in an urban square in a subtropical location**. PLEA. Edimburgo. 2017b.
- QGIS. **Documentação para QGIS 2.14**. Website. 2017. Disponível em: https://docs.qgis.org/2.14/pt_BR/docs/index.html. Acessado em: Agosto/2017.
- QI, F.; ZHAI, J. Z.; DANG, G. **Building height estimation using Google Earth**. Energy and Buildings. 2016.

RAJU, P.L.N.; CHAUDHARY, H.; JHA, A.K. **Shadow analysis technique for extraction of building height using high resolution satellite single image and accuracy assessment.** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-8, ISPRS Technical Commission VIII Symposium, 09 – 12 December 2014, Hyderabad, India. 2014.

REHAN, S. M. T. I.; ISLAM, K. S. **Analysis of building shadow in urban planning: A review.** Article. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/310604884>

REZENDE, V. F.; FURTADO, F.; OLIVEIRA, M. T. C.; JUNIOR, P. J. A **Outorga Onerosa do Direito de Construir e o Solo Criado: uma necessária avaliação das matrizes conceituais.** Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 51, nov. 2009. ISSN 2317-1529.

RIBEIRO, C.; MATOS DE CARVALHOS, H.; SANTOS, M. **Metodologia para análise do sombreamento em centros urbanos.** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife/PE. 2010.

RIO DE JANEIRO, Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. **Decreto nº 20504 de 13 de setembro de 2001.** Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rj/r/rio-de-janeiro/decreto/2001/2050/20504/decreto-n-20504-2001-regulamenta-a-lei-complementar-n-47-de-1-de-dezembro-de-2000-quanto-aos-criterios-de-analise-e-limites-maximos-permitidos-para-sombreamento-de-edificacoes-nas-praias-municipais>. Acessado em: Setembro/2017.

ROBBA, F.; MACEDO, S. S. **Praças Brasileiras.** São Paulo: EDUSP, 2002.

RODRIGUES, J. M. Em busca de modernização: o legado do arquiteto Donat Alfred Agache para a cidade de Curitiba. Monografia. UFPR. 2010.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano.** 2. Edição. São Paulo, Pro-editores. 2000.

ROSANELI, A. F.; DALMOLIN, G. H.; FARIA, D. R. **O conceito de espaço público: sucinta revisão de literatura em artigos do ENANPUR.** Anais XVIII ENANPUR. Natal. 2019.

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. Acessado em: Abril/2019.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU. **“Carta a Londrina e Ibiporã”.** Boletim Informativo, v.3 , n.5, p.3, 1996.

SCHLEE, M B.; NUNES, M. J.; REGO, A. Q.; RHEINGANTZ, P.; DIAS, M. Â.; TANGARI, V. R. **Sistema de espaços livres nas cidades brasileiras – um debate conceitual.** Paisagem e Ambiente - Ensaios, n. 26, p. 225-247. São Paulo. 2009.

SCHMITZ, L. K.; MENDONÇA, F. **Reestruturação urbana e conforto térmico: cenários de modelização em Curitiba - PR após a copa de 2014.** Revista Brasileira de Climatologia, São Paulo, n. 7, v. 8, p. 61-81, 2011.

SCHVARSBERG, B.; MARTINS, G. C.; CAVALCANTI, C. B. **Estudo de Impacto de Vizinhança: Caderno Técnico de Regulamentação e Implementação.** Brasília: Universidade de Brasília, 2016

SEELYE, K. Q. **Building Boom in Boston Casts Shadows on History and Public Space.** The New York Times. 11 de julho de 2017. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2017/07/11/us/boston-development-shadow-building-boom.html>. Acessado em: Setembro/2017.

SHETTIGARA, V. K.; SUMERLING G. M. **Height determination of extended objects using shadows in spot Images.** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 64: 35-44. 1998.

SOARES, V. G. **Geovisual – Um Ambiente de Consultas Visuais para Bancos de Dados Geográficos.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. 2002.

SPAUTZ, D. **Projeto prevê o fim do limite de altura dos prédios em Itapema**, Reportagem online. Disponível em: <http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/de-ponto-a-ponto/noticia/2017/12/dagmara-spautz-projeto-preve-o-fim-do-limite-de-altura-para-predios-em-itapema-10055070.html>. Acessado em: Março/2018.

SUNEARTHTOOLS. **Ferramentas para designers e consumidores de energia solar**. 2016. Disponível em: <http://www.sunearthtools.com/>. Acessado em: Agosto/2016.

TOLEDO, F. S.; SANTOS, D. G. **Espaços livres de construção**. Rev. SBAU, Piracicaba, v.3, n.1, mar. 2008, p. 73-91. 2008.

THORSSON. S.; LINDQVIST, M.; LINDQVIST, S. **Thermal bioclimatic conditions and patterns of behavior in an urban park in Goteborg, Sweden**. International Journal of Biometeorology. 2004.

THORSSON, S.; HONJO, T.; LINDBERG, F.; ELIASSON, I.; LIM, E. M. **Thermal comfort and outdoor activity in Japanese urban public places**. Environment and Behavior, v. 39, n. 5, p. 660-684, 2007.

TROPMAIR, H.; GALINA, M.H. **Áreas verdes**. Território & Cidadania, Rio Claro, SP, ano III, n. 2, jun-dez, 2003.

TSAI, T. H.; JHOU, W. C.; CHENG, W. H.; HU, M. C.; SHEN, I. C.; LIM, T.; HUA, K. L.; GHONEIM, A.; HOSSAIN, M. A.; HIDAYATI, S. C. **Photo sundial: Estimating the time of capture in consumer photos**. Neurocomputing 177, 529–542. 2016.

USA, City of New York. **The SEQR Technical Manual Changes March 2014 Edition**. Office of Environmental Coordination. 2014. Disponível em: <http://www1.nyc.gov/site/oec/environmental-quality-review/technical-manual.page>. Acessado em: Setembro/2017.

USA, City of New York. Community Board Five. Central Park Sunshine Task Force. **Mission Statement**. Disponível em: <https://www.cb5.org/cb5m/projects/archive/central-park-sunshine-task-force/>. Acessado em: Abril/2019.

USA, Department of Commerce. **ESRL - Earth System Research Laboratory**. Global Monitoring Division. Disponível em: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/calcdetails.html>. Acessado em: Agosto/2016.

WALL, E.; WATERMAN, T. **Desenho Urbano**. Ed. Bookman. Porto Alegre. 2012.

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.

WANG, S.; TIAN, Y.; ZHOU, Y.; LIU, .; LIN, C. **Fine-Scale Population Estimation by 3D Reconstruction of Urban Residential Buildings**. Sensors. 2016.

WHYTE, W. H. **The Social Life of Small Urban Spaces**. Book. Project for Public Spaces. 2001.

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. **Solar rights in the design of urban squares**. PLEA– Passive Low Energy Architecture. Toulouse/France. 2002. Disponível em: ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/PLEA_2002/7_CASE_STUDIES/YEZIORO.PDF. Acessado em: Setembro/2017

YEZIORO, A.; CAPELUTO, I.G.; SHAVIV, E. **Design guidelines for appropriate insolation of urban squares**. Renewable Energy 31. Elsevier. 2006.

YANG Y; DIEZ-ROUX, A. V. **Walking Distance by Trip Purpose and Population Subgroups**. American Journal of Preventive Medicine. Published by Elsevier Inc. 2012.

APÊNDICE A – CÓDIGO ABERTO DA SIMULAÇÃO NO SOFTWARE R

```
library(shadow)
library(raster)
library(rgeos)
library (rgdal)
library (maptools)
library(sp)

readOGR(dsn="/Volumes/Macintosh HD/Jeanne/Geral/UTFPR/Doutorado/Software
R/PraçaJapao", layer="Poligonos_Praca_Japao_morfo_imediata")
japaotot<-
readOGR(dsn="/Volumes/Macintosh HD/Jeanne/Geral/UTFPR/Doutorado/Software
R/PraçaJapao", layer="Poligonos_Praca_Japao_morfo_imediata")
plot(japaotot)
location = gCentroid(japaotot)
time = as.POSIXct("2016-06-21 08:00:00", tz = "America/Sao_Paulo")
location_geo = spTransform(location, "+proj=longlat +datum=WGS84")
solar_pos = maptools::solarpos(location_geo, time)
solar_pos
footprint = shadowFootprint(obstacles = japaotot, obstacles_height_field = "BLDG_HT",
solar_pos = solar_pos)
writeOGR (footprint, dsn = "/Volumes/Macintosh
HD/Jeanne/Geral/UTFPR/Doutorado/Software R/Testes_Qgis", layer = '
footprint_JPTOT_210616_08_00h', driver = "ESRI Shapefile")
```

APÊNDICE B – TABELAS DE ANÁLISE DOS ESPAÇOS PÚBLICOS ABERTOS DE CONVÍVIO NA CIDADE DE CURITIBA/PR

Critério 1 – classificação quanto a arborização

Critério 2 – Classificação quanto ao entorno

Critério 3 – Classificação quanto ao uso

1) Zoneamento Polo da Linha Verde

Nº de Pavimentos Permitido – Livre

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – ausente

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – Livre

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 08 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Praça	João Antônio Pereira Da Silva (João Lameiro)	1.573	565	36%	2	1	3	Desfav.
2	Praça	Mauro Ferreira	8.094	2.772	34%	2	1	2	Desfav.
3	Praça	Cova Da Íria	5.106	770	15%	3	1	3	Selec.
4	Praça	Cons Tomás Coelho	4.296	3.673	86%	1	1	1	Desfav.
5	Praça	Sem Identificação	4.140	680	16%	3	1	1	Desfav.
6	Praça	João Claudio Dos Santos	8.680	5.341	62%	1	1	2	Desfav.
7	Jardinete	Geraldo Meira Goes	285	174	61%	1	1	1	Desfav.
8	Jardinete	Sem Identificação	797	-	-	3	1	1	Desfav.

2) Zoneamento Especial Conector

Nº de Pavimentos Permitido – 04 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – ausente

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – 08 pavimentos

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 19 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Eixo de Animação	Arthur Bernardes	5.152	5.152	100%	1	1	1	Desfav.
2	Jardim Ambiental	Olga de Araújo Espindola	2.477	-	-	3	1	1	Desfav.
3	Eixo de Animação	Sem Identificação	2.320	-	-	3	1	1	Desfav.
4	Praça	da União	12.096	-	-	3	1	2	Desfav.
5	Jardinete	Professor Erasmo Pilotto	441	380	86%	1	2	1	Desfav.
6	Eixo de Animação	Sem Identificação	1.304	-	-	3	1	1	Desfav.

7	Jardinete	Celestina Bortoletto Cavallin	470	112	24%	3	2	3	Selec.
8	Jardinete	Alice Alves da Cruz e Oliveira	157	157	100%	1	1	1	Desfav.
9	Jardinete	Nossa Senhora do Rosario de Fatima	791	437	55%	2	1	1	Desfav.
10	Praça	Manoel Tambosi	1.812	199	11%	3	1	1	Desfav.
11	Praça	Sem Identificação	5.078	3.322	65%	1	1	2	Desfav.
12	Jardinete	Sergio Vergés	754	197	26%	3	1	1	Desfav.
13	Praça	Maria Da Paixão Brandão Reis	607	197	32%	2	1	1	Desfav.
14	Jardinete	Sem Identificação	53	-	-	1	1	1	Desfav.
15	Largo	Alexandre Marchioro	509	325	64%	1	1	3	Desfav.
16	Jardinete	Padre Alcides Zanella	281	-	-	1	1	1	Desfav.
17	Jardinete	Sem Identificação	79	-	-	1	1	1	Desfav.
18	Largo	São Silvestre	710	264	37%	2	1	1	Desfav.
19	Praça	Sem Identificação	16.501	-	-	1	1	1	Desfav.

3) Zoneamento Setor Especial da Linha Verde

Nº de Pavimentos Permitido – 06 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – ausente

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – 10 pavimentos

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 05 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Jardinete	Arthur Praxedes de Miranda	200	-	-	3	1	1	Desfav.
2	Praça	Sem Identificação	9.006	4.951	55%	2	1	1	Desfav.
3	Jardinete	Sem Identificação	563	358	64%	3	1	1	Desfav.
4	Praça	Thereza Glaser	494	-	-	3	1	1	Desfav.
5	Praça	Abílio de Abreu	25.225	2.663	11%	2	1	2	Desfav.

4) Zoneamento Setor Especial do Centro Cívico

Nº de Pavimentos Permitido – Livre (Via principal) / 06 pavimentos (Demais vias)

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – 10 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – 06 pavimentos

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 15 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Largo	José Knopfholz	548	548	100%	1	2	-	Desfav.
2	Praça	Des. Francisco Cunha Pereira	5.678	827	15%	3	2	2	Selec.
3	Largo	da China	591	-	-	3	1	1	Desfav.
4	Jardinete	Sem Identificação	289	-	-	3	1	1	Desfav.

5	Praça	Nossa Senhora de Salette	52.331	12.515	24%	3	1	1	Desfav.
6	Praça	Gibran Khalil Gibran	1.786	178	10%	3	2	1	Desfav.
7	Praça	Rio Iguaçu	8.937	336	4%	3	1	2	Desfav.
8	Jardinete	Ricardo Scremin	569	526	93%	1	1	1	Desfav.
9	Largo	Melvin Jones	883	350	40%	2	2	3	Selec.
10	Jardinete	Joao Regis Teixeira Júnior	1.210	227	19%	3	1	1	Desfav.
11	Praça	Sem Identificação	3.190	500	16%	1	1	1	Desfav.
12	Jardinete	Dr. João de Lima Cordeiro	38	38	100%	1	2	-	Desfav.
13	Praça	Didi Caillet	1.990	355	18%	3	3	3	Selec.
14	Praça	Nossa Senhora da Glória	432	432	100%	1	2	3	Desfav.
15	Praça	Goethe	808	302	37%	2	1	3	Futuro

5) Zoneamento Especial Estrutural

Nº de Pavimentos Permitido – Livre

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – ausente

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – ausente

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 43 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Jardinete	Sem Identificação	331	-	-	3	1	1	Desfav.
2	Praça	Profª. Hildegard Schman	8.704	5.713	66%	1	2	3	Desfav.
3	Praça	Dante Gasparin	713	-	-	3	1	3	Futuro
4	Jardinete	Nelson Batista Ribas	79	-	-	3	1	1	Desfav.
5	Largo	Da Galcia	651	275	42%	2	2	2	Desfav.
6	Praça	Ildefonso Correia De Serro Azul - Poeta Da Saudade	1.484	670	45%	2	2	1	Desfav.
7	Largo	Prof. Dr. Haroldo Trevisani Beltro	422	300	71%	1	2	3	Desfav.
8	Jardinete	Luiz Carlos Ribeiro	51	-	0%	3	2	1	Desfav.
9	Praça	Oswaldo Cruz	15.866	2.000	13%	3	2	1	Desfav.
10	Jardinete	Sem Identificação	708	50	7%	3	3	1	Desfav.
11	Jardinete	Mons. Francisco Gorski	97	-	-	3	3	1	Desfav.
12	Praça	Hee Wing	129	-	-	3	2	2	Desfav.
13	Praça	Mons. Francisco Starzynski	1.044	-	-	3	3	1	Desfav.
14	Jardinete	Paula Pedroso Do Amaral	144	144	100%	1	2	2	Desfav.
15	Praça	Maria Polenta	358	358	100%	1	2	1	Desfav.
16	Jardinete	Rodrigo David E Silva	194	129	66%	1	2	1	Desfav.
17	Jardinete	José Affonso Werneck	217	137	63%	1	2	1	Desfav.
18	Jardinete	Sem Identificação	73	60	82%	1	2	1	Desfav.
19	Praça	Tito Schier	8.905	4.719	53%	2	2	3	Selec.
20	Praça	Pe. João Bagozzi	554	60	11%	3	2	3	Selec.
21	Jardinete	João Zonta	317	40	13%	3	1	1	Desfav.

22	Jardinete	Waldemar Klemtz	254	-	-	3	1	1	Desfav.
23	Praça	Des. Armando Carneiro	5.097	1.541	30%	3	2	3	Selec.
24	Praça	Sem Identificação	1.645	389	24%	3	2	1	Desfav.
25	Jardinete	Nilseu Brock	460	250	54%	2	2	2	Desfav.
26	Praça	São Paulo Da Cruz	1.460	590	40%	2	3	3	Selec.
27	Praça	29 De Agosto - Dia Do Paraná	564	409	72%	1	1	3	Desfav.
28	Jardinete	Mário Bandeira Rocha	41	-	-	3	1	1	Desfav.
29	Jardinete	Paul Harris	656	656	100%	1	2	1	Desfav.
30	Praça	Gen. San Martin	768	206	27%	3	2	3	Selec.
31	Jardinete	Eng. Raul Iwersen	299	100	33%	2	1	1	Desfav.
32	Praça	Eufráasio Correia	9.743	9.559	98%	1	1	3	Desfav.
33	Jardinete	Sem Identificação	384	-	-	3	1	2	Desfav.
34	Jardinete	Sem Identificação	539	-	-	3	1	2	Desfav.
35	Largo	Pe. Albino Vico	755	683	90%	1	2	3	Selec.
36	Praça	Do Japão	1.307	1.307	100%	1	3	1	Desfav.
37	Praça	Da Ucrânia	2.741	1.619	59%	2	2	3	Selec.
38	Praça	Sem Identificação	18.039	1.545	9%	3	1	1	Desfav.
39	Jardinete	Maria Gomes	229	50	22%	3	1	2	Desfav.
40	Praça	Do Japão	7.456	2.593	35%	2	3	3	Selec.
41	Praça	Else Schiller Otte	319	-	-	3	2	1	Desfav.
42	Largo	Baden Powel	955	708	74%	1	2	3	Desfav.
43	Jardinete	Sem Identificação	1.260	877	70%	1	1	1	Desfav.

6) Zoneamento Especial Marechal Floriano

Nº de Pavimentos Permitido – 04 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – 10 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – 10 pavimentos

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 06 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Praça	Waldomiro Rauth	2.183	753	34%	2	1	2	Desfav.
2	Praça	Nossa S. Do Carmo 1	14.861	1.683	11%	1	1	1	Desfav.
3	Praça	Nossa S. Do Carmo 2	8.859	834	9%	1	1	1	Desfav.
4	Praça	D. Geraldo Fernandes	8.775	3.883	44%	2	1	3	Futuro
5	Praça	Dr. Joaquim Menelau de Almeida Torres	10.194	2.374	23%	1	1	2	Desfav.
6	Largo	Júlio Szymanski	294	100	34%	2	1	3	Desfav.

9) Zoneamento Setor Especial Nova Curitiba

Nº de Pavimentos Permitido – Livre

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – ausente

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – Livre

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 06 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Jardinete	Ruben Dario	1.630	573	35%	2	3	1	Desfav.
2	Jardinete	Sem Identificação	1.058	-	-	0	3	1	Desfav.
3	Praça	Maria De Lurdes Gasparin Pianowski	1.618	1.618	100%	1	3	1	Desfav.
4	Praça	Adolfo João Hilário da Veiga	6.313	400	6%	3	1	1	Desfav.
5	Jardinete	Renato Volpi	640	346	54%	2	2	3	Selec.
6	Jardinete	Jorge Renato Toniolo	803	-	-	3	2	1	Desfav.

8) Zoneamento Setor Especial Pres. Wenceslau Braz

Nº de Pavimentos Permitido – 04 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – 10 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – 10 pavimentos

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 10 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Jardinete	Júlio Bobato	271	200	74%	1	1	1	Desfav.
2	Praça	Sem Identificação	1.572	150	10%	3	1	1	Desfav.
3	Centro Esportivo	Arnaldo Faivro Busato 1	10.041	5.608	56%	2	1	2	Desfav.
4	Centro Esportivo	Arnaldo Faivro Busato 2	5.591	1.119	20%	3	1	2	Desfav.
5	Centro Esportivo	Arnaldo Faivro Busato 3	8.543	2.829	33%	2	1	2	Desfav.
6	Centro Esportivo	Arnaldo Faivro Busato 4	10.168	2.446	24%	3	2	2	Selec.
7	Centro Esportivo	Arnaldo Faivro Busato 5	3.437	1.365	40%	2	2	1	Desfav.
8	Centro Esportivo	Arnaldo Faivro Busato 6	9.729	1.663	17%	3	2	2	Selec.
9	Centro Esportivo	Arnaldo Faivro Busato 7	12.204	2.068	17%	3	1	1	Desfav.
10	Jardinete	Sem Identificação	219	219	100%	1	2	1	Desfav.

9) Zoneamento Zona Central

Nº de Pavimentos Permitido – Livre

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – Cone da Aeronáutica

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – Cone da Aeronáutica

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 13 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m²)	Área Arb. (m²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Jardinete	Sem Identificação	256	40	16%	3	2	1	Desfav.
2	Praça	Rui Barbosa	36.947	9.622	26%	3	2	3	Selec.
3	Praça	Santos Andrade	12.921	7.209	56%	2	2	3	Desfav.
4	Jardinete	Leonor Twardowski	1.889	497	26%	3	2	1	Desfav.
5	Largo	Bittencourt	935	935	100%	1	2	3	Desfav.
6	Praça	De Bolso do Ciclista	93	15	16%	3	1	1	Desfav.
7	Praça	Senador Correa	7.051	-	-	2	1	1	Desfav.
8	Praça	Dezenove de Dezembro	4.433	2.607	59%	2	2	3	Desfav.
9	Largo	Frederico Faria de Oliveira	405	250	62%	1	2	3	Desfav.
10	Praça	General Osório	12.009	8.986	75%	1	2	3	Desfav.
11	Praça	Zacarias	2.348	529	23%	3	2	3	Selec.
12	Praça	Carlos Gomes	5.994	3.193	53%	2	2	3	Desfav.
13	Largo	Alfredo Parodi	1.495	-	-	3	1	1	Desfav.

10) Zoneamento Zona de Transição da Linha Verde

Nº de Pavimentos Permitido – 04 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – ausente

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – 10 pavimentos

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 37 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m²)	Área Arb. (m²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Jardinete	Habib Taherzadeh	2.018	921	46%	2	1	2	Desfav.
2	Jardinete	Sem Identificação	544	390	72%	1	1	1	Desfav.
3	Jardinete	Sem Identificação	729	589	81%	1	1	1	Desfav.
4	Praça	Léo A. Hatschbach	933	-	-	3	1	1	Desfav.
5	Praça	Pedro De Almeida	6.025	-	-	3	1	1	Desfav.
6	Praça	Pe. Mário Tsio	445	445	100%	1	1	1	Desfav.
7	Praça	Primo Favretto	4.016	2.032	51%	2	1	2	Desfav.
8	Jardinete	Papa Bento XV	185	-	0%	3	1	1	Desfav.
9	Praça	Mansueden dos Santos Prudente	12.289	-	-	3	1	2	Desfav.
10	Jardinete	Ver. Lauro C. Chaves	3.230	253	8%	3	1	2	Desfav.
11	Jardinete	Delfino Mendes de Siqueira	2.246	200	9%	3	1	2	Desfav.
12	Praça	Pr. João Emílio Henck	6.040	2.587	43%	2	1	1	Desfav.
13	Praça	Domingas B. Stoco	3.457	1.501	43%	2	1	1	Desfav.
14	Jardinete	Elias Celso Lisboa de Miranda Filho	3.206	3.000	94%	1	1	1	Desfav.
15	Praça	José Ferreira dos Santos	4.456	2.000	45%	2	1	1	Desfav.

16	Praça	Juventina Abib	452	450	99%	1	1	1	Desfav.
17	Praça	Carlos Schott	1.698	641	38%	2	1	1	Desfav.
18	Jardinete	Dep. Fed. Mário César Stamm	1.674	1.674	100%	1	1	2	Desfav.
19	Jardinete	Sem Identificação	1.117	900	81%	1	1	2	Desfav.
20	Eixo De Animação	Santa Catarina	2.132	1.144	54%	2	1	2	Desfav.
21	Praça	Brasílica dos Santos Muniz	1.315	94	7%	3	1	3	Futuro
22	Praça	Amazires Bley Davet	17.084	13.105	77%	1	1	3	Desfav.
23	Jardinete	Vicente Laginestra	5.177	1.870	36%	2	1	3	Desfav.
24	Jardinete	Sem Identificação	399	80	20%	1	1	1	Desfav.
25	Praça	Cel. Adélio Conti	26.044	5.296	20%	3	1	1	Desfav.
26	Jardinete	Sem Identificação	191	0	0%	3	1	1	Desfav.
27	Praça	Sem Identificação	281	0	0%	3	1	1	Desfav.
28	Jardinete	Eng. Augusto Grohs	1.333	737	55%	2	1	1	Desfav.
29	Jardinete	Prof. Fernando Lacerda Carneiro	443	-	-	3	1	1	Desfav.
30	Jardinete	Sem Identificação	297	-	-	3	1	1	Desfav.
31	Jardinete	Sem Identificação	73	-	-	3	2	1	Desfav.
32	Jardinete	Sem Identificação	227	-	-	3	1	1	Desfav.
33	Praça	Alfredo Hauer	15.641	1.867	12%	3	1	3	Futuro
34	Praça	Maj. Fidncio Lemos do Prado	571	571	100%	1	1	1	Desfav.
35	Praça	São Francisco de Assis	769	750	98%	1	1	3	Desfav.
36	Largo	Prof. Miguel Wouk	877	877	100%	1	1	1	Desfav.
37	Praça	Nova República	3.042	828	27%	3	1	1	Desfav.

11) Zoneamento Zona de Transição de Curitiba

Nº de Pavimentos Permitido – 06 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – 08 pavimentos (Via principal) / 06 pavimentos (Demais vias)

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – 08 pavimentos (Via principal) / 06 pavimentos (Demais vias)

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 15 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Praça	Ronald Golias	5.809	1.307	22%	3	1	1	Desfav.
2	Praça	Octávio Sylvio Nicco	3.421	1.342	39%	2	1	1	Desfav.
3	Jardinete	Alice Pilotto	738	139	19%	3	1	2	Futuro
4	Praça	Guilherme Schultz	2.105	200	10%	3	1	1	Desfav.
5	Jardinete	David Krieger	1.377	1.370	100%	1	1	1	Desfav.
6	Jardinete	Mons. Joao Augusto Sobrinho	526	150	29%	3	3	2	Selec.
7	Jardinete	Sem Identificação	1.676	200	12%	3	1	1	Desfav.
8	Jardinete	Sem Identificação	896	-	-	3	1	1	Desfav.
9	Praça	Sem Identificação	8.614	6.924	80%	1	1	1	Desfav.

10	Praça	Paulo Roberto Bittencourt Teixeira	2.405	2.405	100%	1	1	2	Desfav.
11	Jardinete	Altenncio Gabardo	774	541	70%	1	1	1	Desfav.
12	Jardinete	Edith Wasilewska	59	-	-	3	1	1	Desfav.
13	Praça	Sem Identificação	1.034	343	33%	3	1	1	Desfav.
14	Jardinete	Sem Identificação	44	-	-	3	1	1	Desfav.
15	Praça	Sem Identificação	639	-	-	3	1	1	Desfav.

11) Zoneamento Zona de Transição de Curitiba

Nº de Pavimentos Permitido – 06 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – 08 pavimentos

Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – 08 pavimentos

Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 131 espaços

	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Praça	Anna Ritter	5.173	1.903	37%	2	2	2	Desfav.
2	Jardinete	Frederico Stall	486	-	-	3	2	1	Desfav.
3	Eixo De Animação	Arthur Bernardes	11.535	4.511	39%	2	2	1	Desfav.
4	Praça	da Espanha	5.014	3.826	76%	1	1	3	Desfav.
5	Eixo de Animação	Arthur Bernardes 2	7.408	3.894	53%	2	1	1	Desfav.
6	Praça	Nossa S. das Graças	2.425	921	38%	2	3	1	Desfav.
7	Praça	Aurora Lambertucci Geronasso	4.345	1.392	32%	2	2	3	Selec.
8	Jardinete	Sem Identificação	35	-	-	3	1	1	Desfav.
9	Jardinete	Gen. Isaac Nahon	140	70	50%	2	2	3	Desfav.
10	Jardinete	Lá Aun Engel	706	100	14%	3	1	1	Desfav.
11	Recando	Joseph Smith	316	-	-	3	1	1	Desfav.
12	Jardinete	Sem Identificação	143	-	-	3	1	1	Desfav.
13	Jardinete	Rubens de M. Braga	273	150	55%	2	1	3	Desfav.
14	Jardinete	Sem Identificação	27	26	97%	1	2	1	Desfav.
15	Praça	Emerson da Silva	174	170	98%	1	3	3	Desfav.
16	Jardim	Fr. Timteo	509	80	16%	3	1	2	Desfav.
17	Jardinete	Osmar Carta	100	80	80%	1	2	1	Desfav.
18	Jardinete	Bispo D I. Krauze	361	250	69%	1	1	3	Desfav.
19	Praça	de Portugal	4.280	1.010	24%	3	1	1	Desfav.
20	Jardinete	Sem Identificação	75	-	-	3	2	1	Desfav.
21	Jardinete	Paulo Henrique Andrade Santos	113	30	26%	3	2	1	Desfav.
22	Largo	David S. da Motta	171	170	100%	1	2	3	Desfav.
23	Praça	Alfredo Andersen	3.394	3.394	100%	1	2	3	Desfav.
24	Jardinete	Natálio Santos	1.044	550	53%	2	2	3	Desfav.
25	Jardim Ambiental	Sete de Setembro	3.075	1.880	61%	2	2	1	Desfav.
26	Praça	Da Polônia	2.218	2.000	90%	1	1	1	Desfav.
27	Praça	Plínio Tourinho	12.108	2.194	18%	3	1	1	Desfav.
28	Praça	Ouvidor Pardinho	14.948	2.000	13%	3	1	3	Futuro
29	Praça	Sagrado Coração de Jesus	1.439	-	-	3	1	1	Desfav.

30	Praça	Elias Abdo Bittar	9.952	2.717	27%	3	1	3	Selec.
31	Praça	Miguel Couto	95	90	95%	1	1	2	Desfav.
32	Praça	Helene Ginvert Garfunkel	815	100	12%	3	1	3	Selec.
33	Jardinete	Sem Identificação	179	80	45%	2	1	1	Desfav.
34	Jardinete	Sem Identificação	175	-	-	3	1	1	Desfav.
35	Praça	Do Expedicionário	1.101	80	7%	3	1	2	Desfav.
36	Largo	Cel. Joaquim Pereira De Macedo	342	100	29%	3	2	1	Desfav.
37	Largo	Mto. Luiz E. Zilli	242	200	83%	1	1	2	Desfav.
38	Jardinete	José Armando de Almeida Maranhão	126	90	72%	1	1	2	Desfav.
39	Jardinete	Sem Identificação	180	60	33%	2	1	1	Desfav.
40	Jardinete	Sem Identificação	140	80	57%	2	1	1	Desfav.
41	Jardinete	Henrique Oliva	157	100	64%	1	1	1	Desfav.
42	Jardinete	James Portugal Macedo	203	80	39%	2	2	3	Selec.
43	Jardinete	Sem Identificação	156	100	64%	1	2	1	Desfav.
44	Praça	Cel. Elísio da Costa Marques	144	80	56%	2	2	1	Desfav.
45	Praça	Santos Dumont	1.464	1.200	82%	1	2	3	Desfav.
46	Jardinete	Cap. Eduardo A. Torres Pereira	67	-	-	3	2	1	Desfav.
47	Jardinete	Ramiro Trevisan	80	40	50%	2	2	1	Desfav.
48	Jardinete	Olga E. de Menezes	27	-	-	3	2	1	Desfav.
49	Praça	Ten. Ernani Vidal	652	484	74%	1	2	1	Desfav.
50	Jardinete	Terezinha Schlivinski	821	-	-	3	1	1	Desfav.
51	Jardim Ambiental	Sete de Setembro 2	8.104	2.909	36%	2	2	3	Selec.
52	Jardinete	Dr. Roque Vernalha	445	440	99%	1	1	1	Desfav.
53	Praça	Jorn. Divonira Torres Kudri	-	0	-	3	1	1	Desfav.
54	Praça	Hayao Washida	1.663	100	6%	3	1	1	Desfav.
55	Jardinete	Constantino Fanini	1.460	1.400	96%	1	1	1	Desfav.
56	Praça	Parque Afonso Botelho	23.481	10.775	46%	2	2	3	Desfav.
57	Largo	Dr. Acir Mulinari	210	210	100%	1	2	1	Desfav.
58	Núcleo Ambiental	Aniello Pierri	655	-	-	3	1	3	Futuro
59	Largo	Dr. Ciro Silva	107	107	100%	1	2	2	Desfav.
60	Praça	Profª. Rosa Kolody	628	80	13%	3	2	1	Desfav.
61	Jardinete	Sebastiana Siqueira de Almeida	452	452	100%	1	2	1	Desfav.
62	Jardinete	Irmã Efigênia	47	47	101%	1	2	1	Desfav.
63	Jardinete	Sem Identificação	402	100	25%	3	2	1	Desfav.
64	Largo	Dr. Theodoro Bayma	207	207	100%	1	2	2	Desfav.
65	Praça	Mal. Alberto Ferreira De Abreu	1.390	948	68%	1	2	3	Desfav.
66	Praça	Miguel Couto 2	659	400	61%	1	2	3	Desfav.
67	Praça	Octávio De Sá Barreto	422	-	-	3	1	1	Desfav.
68	Praça	Giovanni Gervasoni	28	-	-	3	2	1	Desfav.
69	Jardinete	Sem Identificação	749	200	27%	3	1	1	Desfav.
70	Jardinete	Sem Identificação	172	120	70%	1	1	1	Desfav.
71	Jardinete	Sem Identificação	33	-	-	3	1	1	Desfav.

72	Jardinete	Luiz Affonso Leal Hauer	653	422	65%	1	1	3	Desfav.
73	Jardinete	Nagibe Chede Abraho	2.090	600	29%	3	1	1	Desfav.
74	Jardinete	Prof. Alceu Pedrazzi	352	352	100%	1	2	1	Desfav.
75	Jardinete	Prof. Amantino de Mello Ribas	537	500	93%	1	1	1	Desfav.
76	Praça	Kornel Denega	618	300	49%	2	2	1	Desfav.
77	Largo	Francisco Pirkiel	313	-	-	3	2	1	Desfav.
78	Jardinete	Natalia Bertasso Tavares	11	-	-	3	1	1	Desfav.
79	Jardinete	Clóvis Edilberto D'assumpo	3.589	674	19%	3	1	1	Desfav.
80	Jardinete	Maria Irene De Albuquerque	142	100	70%	1	1	1	Desfav.
81	Jardinete	Sem Identificação	101	50	50%	2	1	1	Desfav.
82	Jardinete	Pr. Lourival Malinoski	473	0	0%	3	1	1	Desfav.
83	Jardinete	Sem Identificação	339	250	74%	1	1	1	Desfav.
84	Praça	29 de Março	12.766	6.316	49%	2	1	3	Desfav.
85	Jardinete	Sem Identificação	394	250	63%	1	1	3	Desfav.
86	Largo	Irmã Estanislava	450	300	67%	1	1	1	Desfav.
87	Praça	Odilon Mader	2.015	598	30%	3	1	1	Desfav.
88	Jardinete	Frederico Kirchgasser	53	53	100%	1	1	1	Desfav.
89	Largo	Cavichiolo Ii	859	859	100%	1	1	1	Desfav.
90	Praça	Abibe Isfer	1.697	800	47%	2	2	1	Desfav.
91	Praça	Da França	4.203	4.203	100%	1	1	3	Desfav.
92	Largo	Anibal Guimares Carneiro	124	80	64%	2	1	1	Desfav.
93	Jardinete	Sem Identificação	517	400	77%	1	1	1	Desfav.
94	Jardinete	Sem Identificação	133	130	98%	1	1	1	Desfav.
95	Largo	Augusto Ickert	7	7	100%	1	1	1	Desfav.
96	Praça	Antônio Gunha	7.363	1.700	23%	3	1	3	Futuro
97	Jardinete	Felipe Nievola	783	500	64%	1	1	2	Desfav.
98	Jardinete	Sem Identificação	554	0	0%	3	1	1	Desfav.
99	Jardinete	Pe. Bonifácio Kleinpass	48	30	63%	1	1	1	Desfav.
100	Largo	Prosdócimo Guerra	556	450	81%	1	1	2	Desfav.
101	Largo	Eng. Savino Folloni	249	150	60%	2	2	1	Desfav.
102	Praça	Vivian Calopreso Braga	222	222	100%	1	1	3	Desfav.
103	Praça	Da Suíça	2.346	2.346	100%	1	3	3	Desfav.
104	Jardinete	Jorn. Samuel Gimarães Da Costa	836	400	48%	2	1	1	Desfav.
105	Jardinete	José De Oliveira Rocha	170	170	100%	1	1	1	Desfav.
106	Praça	Prof. Carlos Stellfeld	380	380	100%	1	1	3	Desfav.
107	Jardinete	Jules Gineste Salomon	114	20	18%	3	1	1	Desfav.
108	Jardinete	Catarina Furlan	290	40	14%	3	2	3	Selec.
109	Jardinete	Sem Identificação	837	30	4%	3	2	3	Selec.
110	Praça	Sem Identificação	2.566	1.500	58%	2	1	1	Desfav.
111	Eixo De Animação	Arthur Bernardes 3	1.092	400	37%	2	1	1	Desfav.
112	Centro Esportivo	Avelino Vieira	14.431	1.000	7%	3	1	1	Desfav.

113	Jardinete	Ângelo Cavol	358	60	17%	3	1	1	Desfav.
114	Jardinete	Sem Identificação	18	-	-	3	1	1	Desfav.
115	Largo	Lúcio Gusso	190	-	-	3	1	1	Desfav.
116	Largo	Pe. Ângelo Baggio	412	350	85%	1	1	1	Desfav.
117	Jardinete	José Sezanoski	118	-	-	3	1	1	Desfav.
118	Jardinete	Sem Identificação	2.292	2.000	87%	1	1	1	Desfav.
119	Praça	Abílio de Oliveira Mendes	2.486	912	37%	2	1	1	Desfav.
120	Praça	Dos 21 Irmãos- Amigos de Curitiba	163	-	-	3	1	1	Desfav.
121	Eixo De Animação	Arthur Bernardes 4	4.045	2.801	69%	1	1	1	Desfav.
122	Jardinete	Margarida Ribas de Mello	780	-	-	3	1	1	Desfav.
123	Largo	Isaac Lazzarotto	1.226	1.200	98%	1	2	2	Desfav.
124	Largo	Otto Braun	417	400	96%	1	2	1	Desfav.
125	Praça	Pedro A. Brotto	629	629	100%	1	2	2	Desfav.
126	Largo	Ver. Dorgelo Biazetto	184	180	98%	1	1	3	Desfav.
127	Jardinete	Seneval Cardoso	220	220	100%	1	2	2	Desfav.
128	Jardinete	Argentino Rumiato	201	201	100%	1	2	1	Desfav.
129	Núcleo Amb.	Ten. Ferdinando Ernesto Guilherme Liegel	784	-	-	3	2	1	Desfav.
130	Praça	Elba de Pádua Lima	2.157	200	9%	3	1	1	Desfav.
131	Praça	Zumbi dos Palmares	28.395	3.593	13%	3	1	2	Desfav.

13) Zona Residencial Mercês

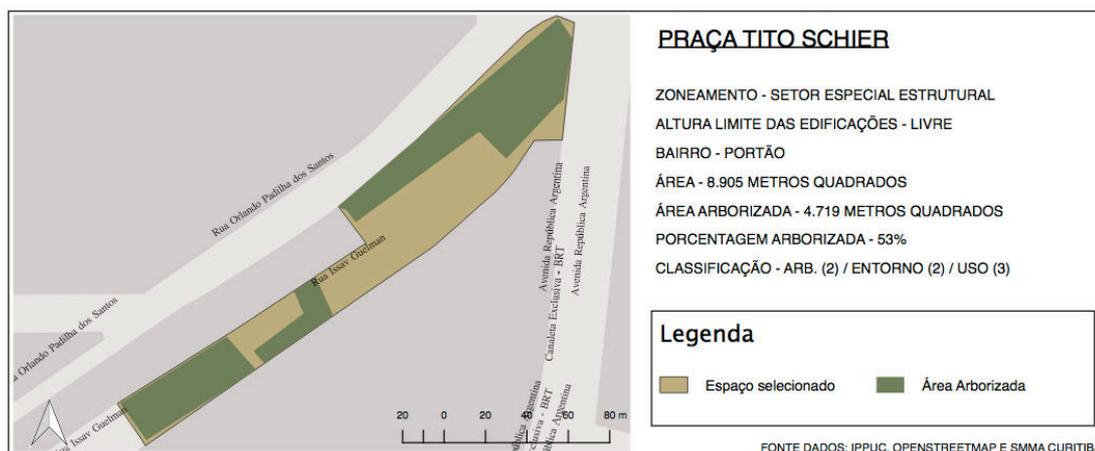
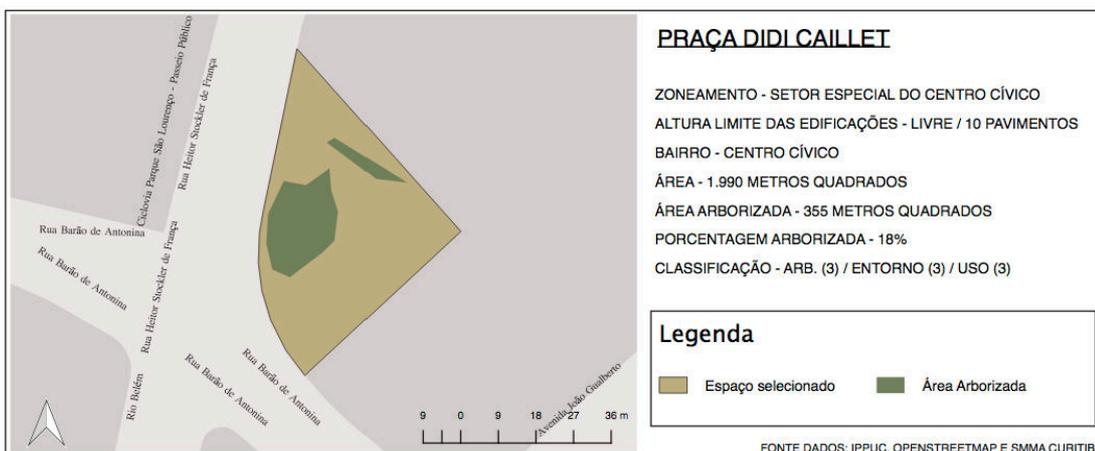
Nº de Pavimentos Permitido – 02 pavimentos

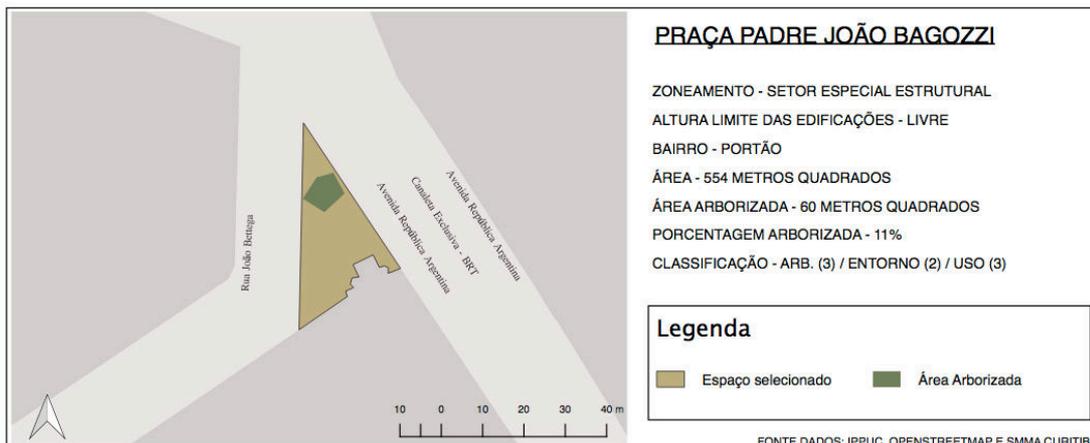
Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo Decreto nº 933/2014 – 08 pavimentos

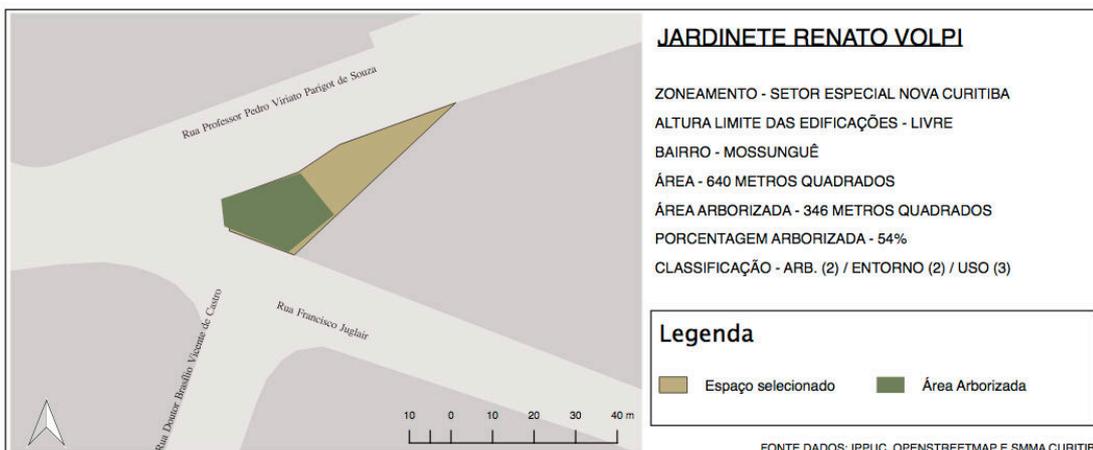
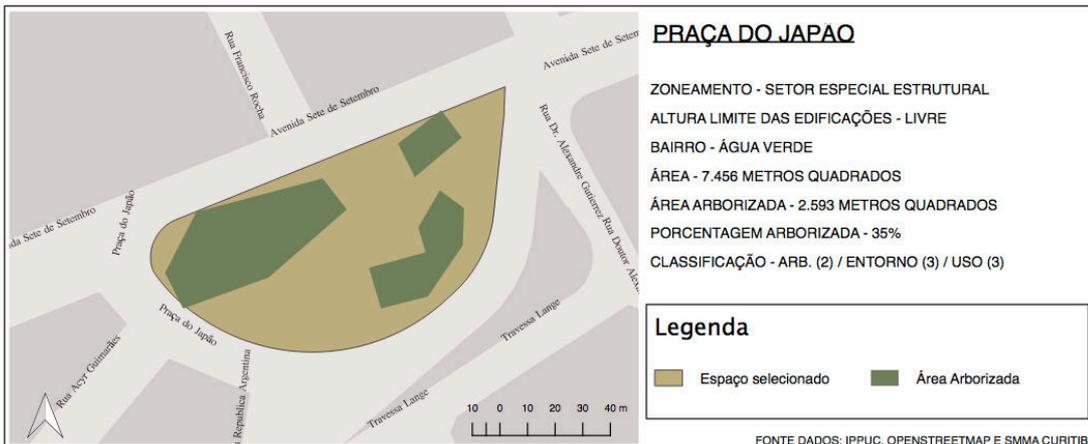
Nº de Pavimentos com Potencial Construtivo – ausente

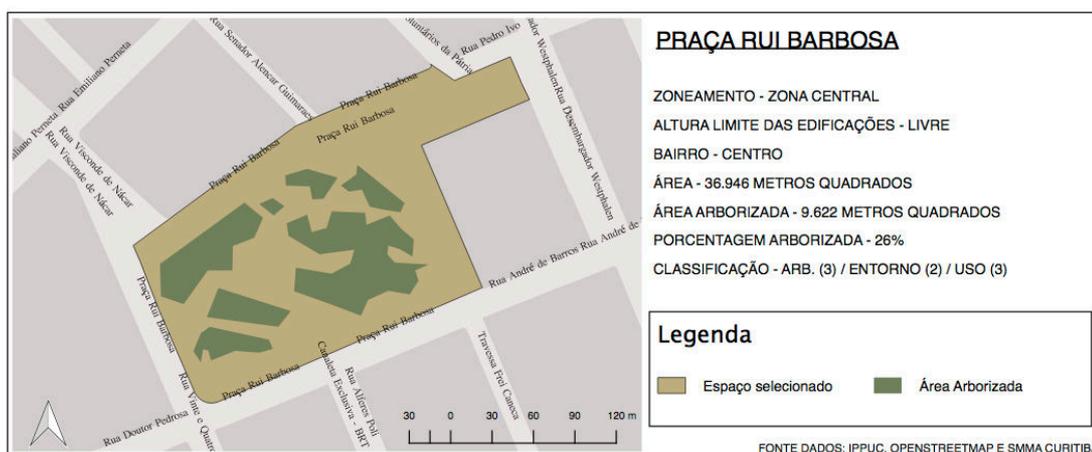
Nº de Espaços existentes no Zoneamento – 01 espaço

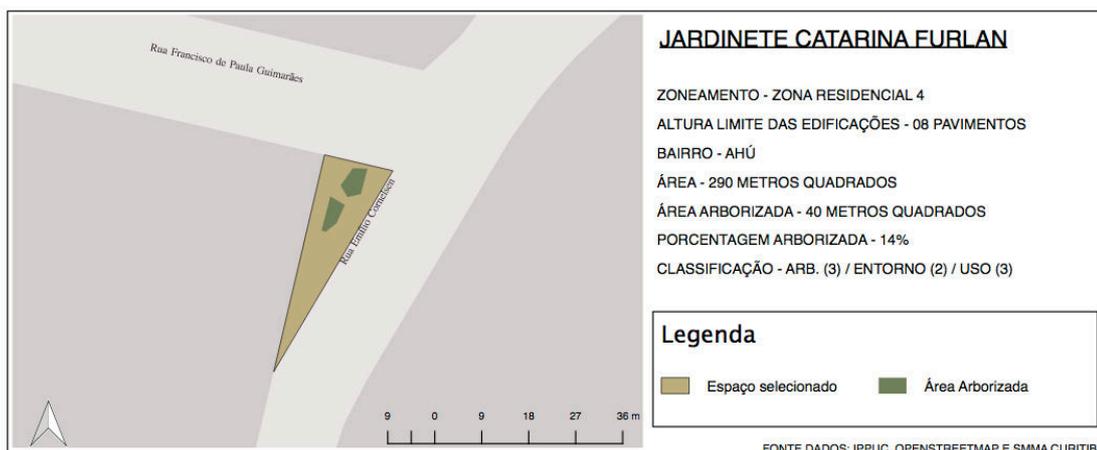
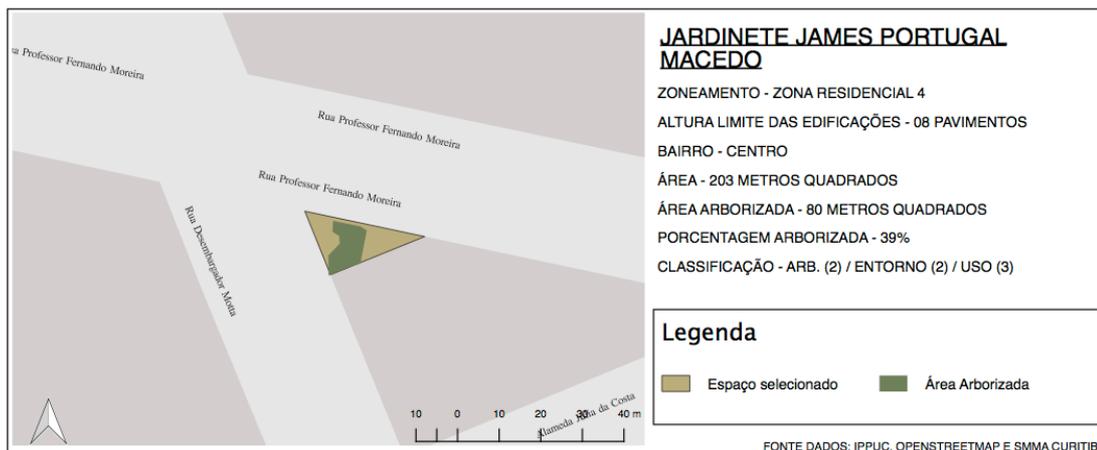
	Tipo	Espaço Público	Área Polígono (m ²)	Área Arb. (m ²)	% Arborizado	Class. Critério 1	Class. Critério 2	Class. Critério 3	Parecer
1	Jardinete	Isabel Lopes Santos Souza	367	200	55%	2	2	1	Desfav.

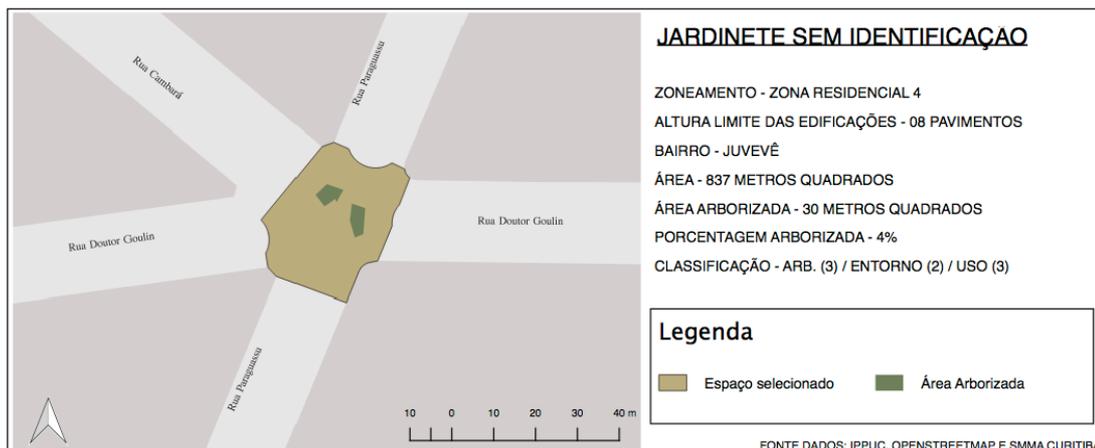












ANEXO A – GUIA AMARELA DE LOTE SITUADO NO ZONEAMENTO POLO DA LINHA VERDE

	PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA Secretaria Municipal do Urbanismo
---	--

CONSULTA PARA FINS DE CONSTRUÇÃO

Inscrição Imobiliária	Sublote	Indicação Fiscal	Nº da Consulta / Ano
██████████	-	██████████	██████████

Bairro: ATUBA Quadricula: ██████████ Bairro Referência:	Rua da Cidadania: Boa Vista
---	-----------------------------

Informações da SMU - Secretaria Municipal do Urbanismo

Testadas do Lote

Posição do Lote: **Testada para 03 ruas**

- | | | |
|---|-------------------------------|--|
| 1- Denominação: ██████████ | Sistema Viário: NORMAL | |
| Cód. do Logradouro: E252H | Tipo: Principal | Nº Predial: ██████ Testada (m): 91,60 |
| Dados de Projeto de Rua (UUS-5.1): OBEDECER O ALINHAMENTO CONFORME A PLANTA DE LOTEAMENTO. | | |
| 2- Denominação: ██████████ | Sistema Viário: NORMAL | |
| Cód. do Logradouro: ██████ | Tipo: Secundária | Nº Predial: ██████ Testada (m): 80,00 |
| Dados de Projeto de Rua (UUS-5.1): CONSULTAR O DNER QUANTO A EXIGÊNCIA DE FAIXA DE DOMINIO OBEDECER FAIXA DE DOMINIO E F.N.E. DE 15m - LEI FED. 6766/79 | | |
| 3- Denominação: ██████████ | Sistema Viário: NORMAL | |
| Cód. do Logradouro: ██████ | Tipo: Secundária | Nº Predial: ██████ Testada (m): 157,50 |
| Dados de Projeto de Rua (UUS-5.1): OBEDECER O ALINHAMENTO CONFORME A PLANTA DE LOTEAMENTO. | | |

Cone da Aeronáutica: 977,00m em relação a Referência de Nível (RN) Oficial

Parâmetros da Lei de Zoneamento

Zoneamento: **PÓLO-LV.PÓLO DA LINHA VERDE - 1 - S. NORTE - P1**

Sistema Viário: **NORMAL/NORMAL/NORMAL**

* Em caso de dúvidas ou divergências nas informações impressas, vale a Legislação Vigente.

Classificação dos Usos

Usos Permitidos Habitacionais
HABITAÇÃO COLETIVA

Usos Permitidos Comerciais
COMÉRCIO E SERVIÇO VICINAL, DE BAIRRO E SETORIAL
COMUNITÁRIO 1 E 2
COMUNITÁRIO 3 - ENSINO
COMÉRCIO E SERVIÇO ESPECÍFICO 1 ATENDIDA LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA
HABITAÇÃO INSTITUCIONAL
HABITAÇÃO TRANSITÓRIA 1 E 2
PARA OS USOS ACIMA LISTADOS VERIFICAR OBS. para construção 6

Usos Tolerados
UMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR POR LOTE.

Usos Permissíveis

Usos Proibidos

Parâmetros da Construção

Coefficiente de Aproveitamento

1,0.





PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA

Secretaria Municipal do Urbanismo

CONSULTA PARA FINS DE CONSTRUÇÃO

Inscrição Imobiliária	Sublote	Indicação Fiscal	Nº da Consulta / Ano
██████████	-	██████████	██████████

Taxa de Ocupação
 RESIDENCIA UNIFAMILIAR - 50%
 DEMAIS USOS : EMBASAMENTO E SUBSOLO - 75% (OBS. para construção 1)
 TORRE - 50 %
 Taxa de ocupação do subsolo deverá ser igual a do pavimento situado acima.

Taxa de Permeabilidade

 Ver OBS. para construção 4 e 5

Densidade máxima
 100 HABITAÇÕES/HA PARA CONJUNTOS HABITACIONAIS DE HABITAÇÃO COLETIVA

Altura Máxima
 2 PAVIMENTOS PARA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR
 LIVRE PARA OS DEMAIS USOS
 ATENDIDO O CONE DE APROXIMAÇÃO DE VÔO DA AERONÁUTICA

Recuo Frontal
 5,00 M.

Afastamento das Divisas
 EMBASAMENTO OU ATÉ 2 PAVIMENTOS - FACULTADO
 ACIMA DE 2 PAVIMENTOS - H/6 ATENDIDO O MÍNIMO DE 2,50 M.

Estacionamento
 OBEDECER O CONTIDO NO DECRETO 1021/2013 E REGULAMENTO DE EDIFICAÇÕES DA SMU.

Recreação
 OBEDECER O CONTIDO NO REGULAMENTO DE EDIFICAÇÕES DA SMU.

Observações Para Construção

1 - Embasamento: parte inferior de edificação constituída por um ou mais pavimentos localizados sobre o solo ou acima do subsolo, limitados a uma altura total de 10,00 m, medida considerando a distância entre o piso do pavimento térreo e o piso do pavimento localizado imediatamente acima do embasamento.

2 - Possibilidade de modificação de parâmetros urbanísticos, de forma onerosa, com compra de CEPACs, de acordo com o definido no Anexo V da Lei 13909/2011 e Lei 14773/2015:

- Usos: Habitação Coletiva, Habitação Institucional, Habitação Transitória 1 e 2, Comunitário 1 e 2, Comunitário 3 - Ensino, Comércio e Serviço Vicinal, de Bairro e Setorial e Comércio e Serviço Específico 1.

- Coeficiente de aproveitamento máximo: 4,0

- O acréscimo de coeficiente de aproveitamento dá direito ao acréscimo de densidade para conjuntos habitacionais de habitação coletiva na proporção de 10 (dez) unidades habitacionais para cada 0,1 de coeficiente de aproveitamento adquirido, podendo chegar a densidade livre.

- O acréscimo de densidade além do básico de 100 HAB/HA poderá ocorrer na proporção de 15 CEPACs para cada unidade habitacional excedente, podendo chegar a densidade livre;

3 - Incentivos construtivos admitidos onde houver aquisição de no mínimo 80% da ACA, conforme art. 8º da Lei 13909/2011 e Lei 14773/2015:

- A área de construção destinada a estacionamento localizadas no térreo e demais pavimentos sobre o solo, desde que vedadas frontalmente e dotadas de tratamento paisagístico conforme artigo 3º do Decreto 001/2016, não serão computadas no cálculo do coeficiente de aproveitamento sendo consideradas no número de pavimentos;

- densidade livre para conjuntos habitacionais de habitação coletiva;

- para lote com área igual ou superior a 2.000m², será concedido incentivo construtivo equivalente a 10% da área do lote, limitado ao acréscimo máximo da área de construção em 1.000,00 m².

- quando o lote possuir ocupação exclusivamente comercial ou de prestação de serviços, será concedido incentivo construtivo equivalente a 50% da área do lote;

4. Conforme o artigo 4º do decreto 001/2016, para as áreas livres dotadas de ajardinamento, paisagismo, arborização e permeabilidade será concedido acréscimo de 2 (duas) vezes as áreas livres do terreno, excetuando-se as áreas de recuo frontal. (A concessão desse incentivo não se aplica para os usos de habitações unifamiliares e habitações unifamiliares em série).

