

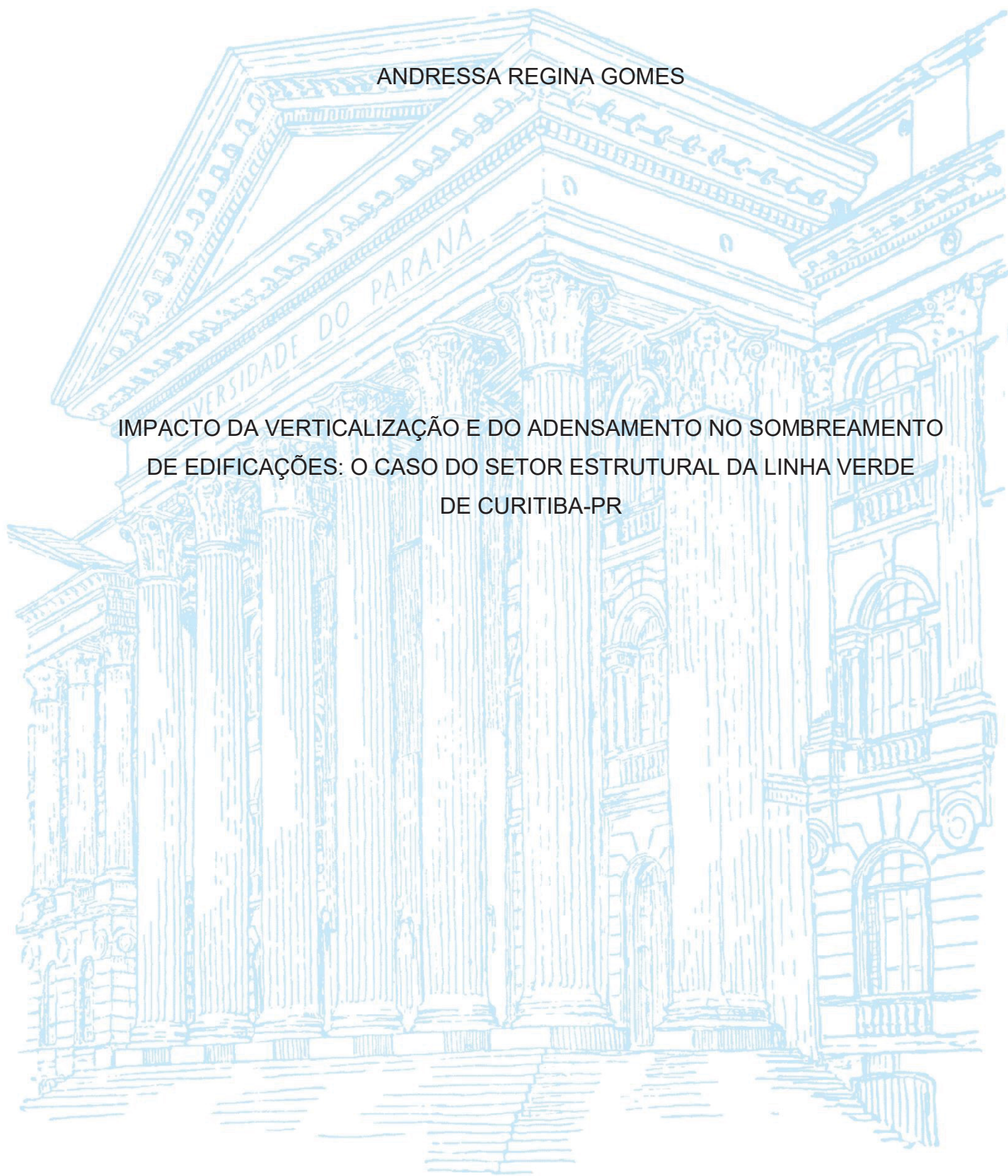
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRESSA REGINA GOMES

IMPACTO DA VERTICALIZAÇÃO E DO ADENSAMENTO NO SOMBREAMENTO
DE EDIFICAÇÕES: O CASO DO SETOR ESTRUTURAL DA LINHA VERDE
DE CURITIBA-PR

CURITIBA

2023



ANDRESSA REGINA GOMES

IMPACTO DA VERTICALIZAÇÃO E DO ADENSAMENTO NO SOMBREAMENTO
DE EDIFICAÇÕES: O CASO DO SETOR ESTRUTURAL DA LINHA VERDE DE
CURITIBA-PR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Setor de Tecnologia, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná – UFPR, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Francine Aidie Rossi

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Gomes, Andressa Regina.

Impacto da verticalização e do adensamento no sombreamento de edificações : o caso do setor estrutural da linha verde de Curitiba-PR. / Andressa Regina Gomes. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Francine Aidie Rossi.

1. Construção civil. 2. Espaço urbano. 3. Legislação urbana. 4. Curitiba (PR). I. Rossi, Francine Aidie. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. III. Título.

Bibliotecário: Nilson Carlos Vieira Júnior CRB-9/1797



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA CIVIL -
40001016049P2

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA CIVIL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ANDRESSA REGINA GOMES** intitulada: **IMPACTO DA VERTICALIZAO E DO ADENSAMENTO NO SOMBREAMENTO DE EDIFICAES: O CASO DO SETOR ESTRUTURAL DA LINHA VERDE DE CURITIBA/PR**, sob orientação da Profa. Dra. FRANCINE AIDIE ROSSI, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 28 de Outubro de 2022.

Assinatura Eletrônica

03/11/2022 10:24:37.0

FRANCINE AIDIE ROSSI

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

07/11/2022 11:09:51.0

LEANDRO CARLOS FERNANDES

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

03/11/2022 18:07:09.0

JEANNE MORO MOREIRA PINTO

Avaliador Externo (NENHUM VÍNCULO INSTITUCIONAL)

Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3110 - E-mail: ppgecc@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 232801

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 232801

RESUMO

As cidades sofrem constantes transformações no seu território em função de necessidades socioambientais e de infraestrutura. Para uma urbanização ordenada é preciso regulação do poder público, com base em aprovação de leis que garantam a harmonia do espaço urbano. O objetivo desta pesquisa é avaliar o impacto do adensamento e verticalização propostos pela Lei Municipal 15.511/2019 no sombreamento de fachadas de edifícios, em lotes no Setor Especial da Linha Verde (SE-LV) de Curitiba-PR. O método está dividido em três etapas: a escolha de lotes passíveis de ocupação na SE-LV, a simulação de dois cenários de ocupação e identificação de sombreamento nas fachadas das edificações no verão e inverno. Os resultados apresentaram valores diferentes para cada estação do ano analisada. As simulações de inverno apresentaram maior sombreamento das fachadas, o que pode implicar em impactos no desempenho térmico, lumínico e energéticos das unidades habitacionais. Assim, sugere-se que, para a elaboração das leis urbanas, sejam analisadas as possibilidades de caracterizar de forma mais minuciosa os parâmetros altura, taxa de ocupação e recuos, uma vez que o aumento de áreas sombreadas, principalmente no inverno, indica redução do desempenho térmico, lumínico e energético de edificações lindeiras.

Palavras-chave: sombreamento; verticalização; adensamento; legislação urbana; Linha Verde.

ABSTRACT

Cities are in constant transformations in densification and verticalization, due the socio-environmental or infrastructure needs of their inhabitants. For an orderly urbanization, it is necessary to regulate the public power with the approval of laws that guarantee the harmony of the urban space. The goal of this research is to evaluate the impact of shading on building facades, considering the densification and verticalization proposed by Municipal Law 15.511/2019, in lots in the Special Sector of the Linha Verde of Curitiba-PR. The method is divided in three steps: selection of urban lots, the simulation of two occupancy scenarios and the estimation of the facades shading in summer and winter. The results show a more significant shaded areas during the winter, which may impact the thermal, light and energy performance of the housing units. It is important to analyze the parameters of urban occupation, such as height of buildings, occupancy rates and setbacks between buildings, since the increase in shaded areas, especially in winter, can impact on the reduction in the thermal, lighting and energy performance of neighboring buildings.

Keywords: Shading; Verticalization; Densification; Urban Legislation; Linha Verde.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – VARIAÇÃO DO CONSUMO SETORIAL DE ELETRICIDADE ANO-BASE 2018.....	17
FIGURA 2 – PARTICIPAÇÃO SETORIAL NO CONSUMO DE ELETRICIDADE.....	17
FIGURA 3 – ZONEAMENTO DE CURITIBA-PR PROPOSTO PELA LEI ORDINÁRIA Nº 15511/2019	34
FIGURA 4 – DELIMITAÇÃO DA ÁREA DA LINHA VERDE E SUAS SUBDIVISÕES	36
FIGURA 5 – EFEITOS DE ABSORÇÃO, REFLEXÃO E PERDA DE CALOR QUE OCORREM NO MEIO URBANO.....	49
FIGURA 6 – AQUECIMENTO DO DOSSEL URBANO EM RELAÇÃO À ÁREA CIRCUNDANTE	50
FIGURA 7 – SEQUÊNCIA LÓGICA DO TRABALHO.....	57
FIGURA 8 – EVOLUÇÃO MANCHA URBANA RMC 1955 A 2020	58
FIGURA 9 – LOTES PERTENCENTES AO POLO-LV E AO SE-LV.....	61
FIGURA 10 – CONDOMÍNIO RESIDENCIAL LINEA VERDE.....	63
FIGURA 11 – NÚCLEOS DE INTERESSE DE CONJUNTOS HABITACIONAIS DE HABITAÇÃO COLETIVA.....	65
FIGURA 12 – TERRENOS SELECIONADOS PARA OS PLANOS DE OCUPAÇÃO DO CENÁRIO	67
FIGURA 13 – ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA PARA TAXA DE OCUPAÇÃO.....	68
FIGURA 14 – PERSPECTIVA AÉREA DA IMPLANTAÇÃO DOS EDIFÍCIOS PARA A SIMULAÇÃO 1	73
FIGURA 15 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA SUDOESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 1	74
FIGURA 16 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA NOROESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 1	74
FIGURA 17 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA NORDESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 1	75
FIGURA 18 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA SUDESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 1	76
FIGURA 19 – PERSPECTIVA AÉREA DA IMPLANTAÇÃO DOS EDIFÍCIOS PARA A SIMULAÇÃO 2	78

FIGURA 20 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA SUDOESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 2	79
FIGURA 21 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA NOROESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 2	80
FIGURA 22 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA NORDESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 2	81
FIGURA 23 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA SUDESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 2	82
FIGURA 24 – CARTA SOLAR DE CURITIBA	84
FIGURA 25 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 10h NA SIMULAÇÃO 1	85
FIGURA 26 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 12h NA SIMULAÇÃO 1	85
FIGURA 27 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 15h NA SIMULAÇÃO 1	86
FIGURA 28 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 10h NA SIMULAÇÃO 2	90
FIGURA 29 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 12h NA SIMULAÇÃO 2	90
FIGURA 30 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 15h NA SIMULAÇÃO 2	91
FIGURA 31 – PROJEÇÃO E NOMEAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES DA SIMULAÇÃO 1 NOS LOTES SELECIONADOS	96
FIGURA 32 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A E 2B – INVERNO 10h.....	97
FIGURA 33 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A E 3B – INVERNO 10h.....	97
FIGURA 34 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DA EDIFICAÇÃO 4A – INVERNO 10h.....	98
FIGURA 35 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 4B E 4C – INVERNO 10H.....	98
FIGURA 36 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A E 4B – INVERNO 10h.....	99

FIGURA 37 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDESTE DAS EDIFICAÇÕES 2B, 3B E 4C – INVERNO 10h	100
FIGURA 38 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE E SUDESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A E 2B – INVERNO 12h	100
FIGURA 39 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A E 3B – INVERNO 12h.....	101
FIGURA 40 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 4B E 4C – INVERNO 12h	101
FIGURA 41 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A E 2B – INVERNO 15h.....	102
FIGURA 42 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 1B, 3A E 3B – INVERNO 15h	103
FIGURA 43 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 4B E 4C – INVERNO 15h	103
FIGURA 44 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DA EDIFICAÇÃO 1B – INVERNO 15h.....	104
FIGURA 45 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A, 3A, 4B E 6A – INVERNO 15h.....	104
FIGURA 46 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A E 5A – VERÃO 10h.....	105
FIGURA 47 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDOESTE DAS EDIFICAÇÕES 1B, 3A, 5A E 6A – VERÃO 15h.....	105
FIGURA 48 – PROJEÇÃO E NOMEAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES DA SIMULAÇÃO 2 NOS LOTES SELECIONADOS	107
FIGURA 49 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DA EDIFICAÇÃO 2A – INVERNO 10h.....	107
FIGURA 50 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A, 4A E 4B – INVERNO 10h	108
FIGURA 51 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A, 3A – INVERNO 10h.....	108
FIGURA 52 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DAS EDIFICAÇÕES 4A E 4B – INVERNO 10h.....	109
FIGURA 53 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DA EDIFICAÇÃO 2A – INVERNO 12h.....	109

FIGURA 54 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 1ª, 3ª, 4ª E 4B – INVERNO 12h	110
FIGURA 55 - SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DAS EDIFICAÇÕES 1A E 4A – INVERNO 12h.....	110
FIGURA 56 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DA EDIFICAÇÃO 6A – INVERNO 15h.....	111
FIGURA 57 – SOMBREAMENTO DAS FACHADAS SUDESTE E NORDESTE DA EDIFICAÇÃO 3A – VERÃO 10h	112
FIGURA 58 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDOESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A e 4B – VERÃO 15h.....	112
FIGURA 59 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDOESTE DAS EDIFICAÇÕES 5A e 6A – VERÃO 15h.....	113

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – RELAÇÕES ENTRE COMPONENTES MORFOLÓGICOS E INSTRUMENTOS MUNICIPAIS.....	30
QUADRO 2 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS GERAIS DE TODAS AS ZONAS DO EMLV	37
QUADRO 3 – USOS PERMITIDOS E TOLERADOS DE TODAS AS ZONAS DO EMLV	38
QUADRO 4 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS BÁSICOS E COM POTENCIAL ADICIONAL DE ZONAS DO EMLV	39
QUADRO 5 – ELEMENTOS E VARIÁVEIS ENCONTRADOS NO AMBIENTE URBANO QUE PODEM INTERFERIR NO MICROCLIMA E CONFORTO TÉRMICO	45
QUADRO 6 – ELEMENTOS A SEREM CONTROLADOS PARA PROMOVER CONFORTO TÉRMICO EM CADA REGIÃO CLIMÁTICA PROPOSTA POR OLGAYAY.....	47
QUADRO 7 – DADOS DOS LOTES SELECIONADOS PARA PLANOS DE OCUPAÇÃO.....	68

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO NAS GARAGENS, DURANTE O INVERNO NA SIMULAÇÃO 1	87
GRÁFICO 2 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO NAS GARAGENS DURANTE O VERÃO NA SIMULAÇÃO 1	87
GRÁFICO 3 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO NAS TORRES DURANTE O INVERNO NA SIMULAÇÃO 1	88
GRÁFICO 4 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO NAS TORRES DURANTE O VERÃO NA SIMULAÇÃO 1	88
GRÁFICO 5 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO DURANTE O INVERNO NA SIMULAÇÃO 1	89
GRÁFICO 6 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO DURANTE O VERÃO NA SIMULAÇÃO 1	89
GRÁFICO 7 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO DURANTE O INVERNO NA SIMULAÇÃO 2	91
GRÁFICO 8 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO DURANTE O VERÃO NA SIMULAÇÃO 2	92

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS GERAIS E COM POTENCIAL ADICIONAL DO POLO-LV E SE-LV PARA USO DE HABITAÇÃO COLETIVA	60
TABELA 2 – CONJUNTOS HABITACIONAIS DE HABITAÇÃO COLETIVA NO POLO-LV E SE-LV	62
TABELA 3 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS DO LINEA VERDE CONDOMÍNIO	66
TABELA 4 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS PARA A SIMULAÇÃO 1	72
TABELA 5 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS PARA A SIMULAÇÃO 2	77
TABELA 6 – ALTURA E AZIMUTE SOLAR NOS SOLSTÍCIOS DE VERÃO E INVERNO EM CURITIBA.....	83
TABELA 7 – PORCENTAGENS DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS NA SIMULAÇÃO 1	93
TABELA 8 – PORCENTAGENS DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS NA SIMULAÇÃO 2	93
TABELA 9 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS LEGAIS <i>VERSUS</i> SIMULAÇÃO 1	126
TABELA 10 – CARACTERÍSTICAS DAS TORRES OCUPAÇÃO DOS LOTES NA SIMULAÇÃO 1	126
TABELA 11 – CARACTERÍSTICAS DAS TORRES OCUPAÇÃO DOS LOTES NA SIMULAÇÃO 1	126
TABELA 12 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS LEGAIS <i>VERSUS</i> SIMULAÇÃO 2	127
TABELA 13 – CARACTERÍSTICAS DAS TORRES OCUPAÇÃO DOS LOTES NA SIMULAÇÃO 2	127

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVO GERAL	19
1.3 ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 MORFOLOGIA URBANA	21
2.2 FORMA URBANA	27
2.2.1 Regulação da forma urbana das cidades	28
2.3 DO ESTATUDO DA CIDADE À LEI MUNICIPAL DE ZONEAMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	31
2.3.1 Eixo Metropolitano da Linha Verde	35
2.3.2 Linha Verde e a implantação da Operação Urbana Consorciada	40
2.4 MODIFICAÇÕES DO CLIMA URBANO DECORRENTES DA URBANIZAÇÃO E ADENSAMENTO	45
2.5 INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS URBANOS NO SOMBREAMENTO DE ÁREAS ADENSADAS	51
3 MATERIAIS E MÉTODOS	56
3.1 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	57
3.1.1 Escolha do local de estudo	59
3.2 MODELAGEM DA ÁREA DE ESTUDO	63
3.2.1 Simulação de ocupação dos lotes	66
3.2.2 Modelagem do cenário	69
3.3 IDENTIFICAÇÃO DO SOMBREAMENTO	69
3.3.1 Análise das sombras nas fachadas	70
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	71
4.1 SIMULAÇÕES DE OCUPAÇÃO DOS LOTES	71
4.2 QUANTIFICAÇÃO DO SOMBREAMENTO	82
4.2.1 Análise das sombras nas fachadas	95
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
REFERÊNCIAS	117

1 INTRODUÇÃO

A concentração populacional em áreas urbanas provoca a expansão das cidades e altera de forma constante a sua paisagem. A qualidade ambiental e a qualidade de vida dos moradores também sofrem impactos significativos, o que pode ser visto nos estudos de Proust *et al.* (2012), Scherer *et al.* (2013) e Kim *et al.* (2015), que estudaram o efeito do clima urbano na saúde.

Pitman, Daniels e Ely (2015) e Viegas *et al.* (2013) também discutiram em seus estudos a importância do planejamento urbano correlacionar aspectos fundiários, climáticos, cartográficos e sociais, uma vez que a evolução dos *habitats* humanos fornece diversos benefícios e serviços aos usuários, porém podem se tornar ambientes insalubres e desconfortáveis, apresentando custos relevantes com a saúde e econômicos.

Segundo Givoni (1994), é possível realizar a organização urbana por meio de estudos dos efeitos da localização de uma cidade dentro de uma região, densidade urbana, orientação e largura das vias, altura relativa dos edifícios e áreas verdes. Para o autor, essas estruturas físicas da cidade podem afetar o clima local. No entanto, elas podem ser consideradas, por meio do planejamento e desenho urbano, para melhorar as condições de conforto dos habitantes e reduzir a demanda energética (GIVONI, 1994).

Segundo Assis e Frota (1999), planejamento urbano realizado sem uma abordagem eficiente e abrangente, do ponto de vista climático, pode contribuir para transformações do clima urbano, como por exemplo o aumento da temperatura do ar, do gasto energético, de tempestades, da concentração da poluição do ar e na diminuição da ventilação natural. Sendo importante ressaltar que a integração do planejamento com a climatologia urbana depende de uma base de dados climáticos medidos localmente (FERREIRA; ASSIS; KATZSCHNER, 2017).

Diante de um cenário climático urbano e visando mitigar os problemas ambientais, sociais e o melhor controle da distribuição da população, verticalização e densificação habitacional e localização de serviços no Brasil, em 2001, foi sancionada a Lei Federal nº 10.257 – Estatuto da Cidade. Ela regulamenta os artigos 182 e 183¹ da Constituição Federal e estabelece para algumas cidades, principalmente as mais

¹ Os artigos 182 e 183 tratam da política de desenvolvimento urbano nacional.

populosas, a necessidade de elaboração de uma legislação que oriente o planejamento urbano (BRASIL, 2001).

Quando integrante da Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município de Araucária-PR, em 2019, e participante das audiências públicas e reuniões sobre a elaboração da Revisão do Plano Diretor do município, foi possível observar como a necessidade da infraestrutura e o aumento da oferta de serviços são mais relevantes para a sociedade civil do que as consequências das alterações ambientais urbanas vindas do desenvolvimento econômico. Procurando entender melhor a dinâmica do planejamento urbano *versus* alterações do clima urbano e como o poder público tem a capacidade de contribuir para esse impasse, penso que essa pesquisa possa contribuir de forma objetiva e clara com essa discussão para o entendimento da relação e os possíveis impactos do crescimento da infraestrutura urbana.

Uma vez que o espaço urbano está em constante transformação, em função do aumento populacional e até mesmo das necessidades comerciais, o poder público necessita repensar e buscar soluções que atendam a essa demanda, mantendo a qualidade de vida da população. Dessa forma, a administração pública, em conjunto com profissionais qualificados da área de urbanismo, pode criar estratégias de uso e ocupação do solo, tendo a possibilidade de moldar a forma urbana das cidades e prever como ela influenciará na vida da população diante das demandas de infraestrutura, ambientais, culturais e sociais.

Na presença do dinamismo do crescimento urbano, vale ressaltar que não basta apenas desenhar o espaço físico e prever os processos que ali ocorrerão, também é necessário para a qualidade de vida dos usuários da cidade considerar a dinâmica do clima urbano. Neste contexto, a presente pesquisa explora a relação entre a forma urbana e o sombreamento, tendo a intenção de avaliar o impacto do sombreamento em fachadas de edifícios, baseando-se em parâmetros urbanísticos de acordo com a legislação municipal vigente.

O recorte espacial da presente pesquisa é a cidade de Curitiba-PR, que possui o Plano Diretor Municipal orientando o planejamento urbano e o desenvolvimento integrado do município. O plano é o instrumento básico e estratégico para a política urbana e nele estão dispostas diretrizes para as outras leis e políticas municipais, entre elas a Lei Municipal nº 15.511/2019, que dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo de Curitiba. Dessa forma, esta pesquisa levanta o seguinte questionamento: Qual é o impacto no sombreamento em fachadas de edifícios,

considerando o adensamento e verticalização propostos pela Lei Municipal 15.511/2019 em lotes no Setor Especial da Linha Verde de Curitiba-PR?

1.1 JUSTIFICATIVA

A seguir apresentam-se algumas questões ambientais, tecnológicas e socioeconômicas que justificam esta pesquisa.

O problema energético surgiu a partir da crise do petróleo na década de 1970. Hoje a energia não renovável, obtida por meio do processamento e uso do combustível fóssil ainda é muito usada, porém estão sendo cada vez mais desenvolvidos meios alternativos e sustentáveis de obtenção e uso de energia.

Em 1994, durante a Conferência Internacional sobre Construção Sustentável, na Flórida, o pesquisador Charles Kibert apresentou a primeira definição conhecida do conceito de construção sustentável e seus seis princípios (FERREIRA, 2010):

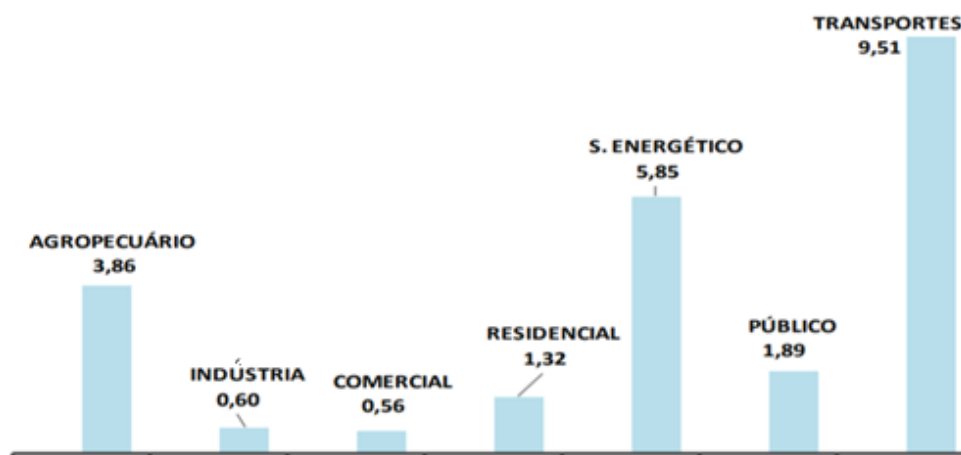
- Diminuir o consumo de recursos;
- Aumentar a reutilização de recursos;
- Utilizar materiais recicláveis e reciclados sempre que possível;
- Proteger o ambiente natural;
- Criar um ambiente saudável e não tóxico na construção;
- Aumentar a qualidade do ambiente interior.

Na contramão dos estudos sobre construção sustentável, o Brasil ainda apresenta muitos projetos de edificação que priorizam a utilização de sistemas de condicionamento e iluminação artificiais e sistemas construtivos, que consomem elevadas quantidades de recursos naturais não renováveis e geram muito resíduos sólidos, soluções essas que contribuíram para resultar na crise energética no ano de 2001, a chamada “crise do apagão”, condição que aumenta a importância da discussão com relação à diminuição do consumo de recursos e mesmo assim criando um ambiente saudável.

Contudo, quando a crise poderia ter gerado um novo pensamento com relação ao consumo, mais de dez anos depois, o Balanço Energético Nacional de ano-base 2018 ainda apresentou dados em que os setores comercial e residencial registraram

juntos uma variação do consumo de eletricidade de aproximadamente 2% a mais em relação ao ano anterior, conforme FIGURA 1.

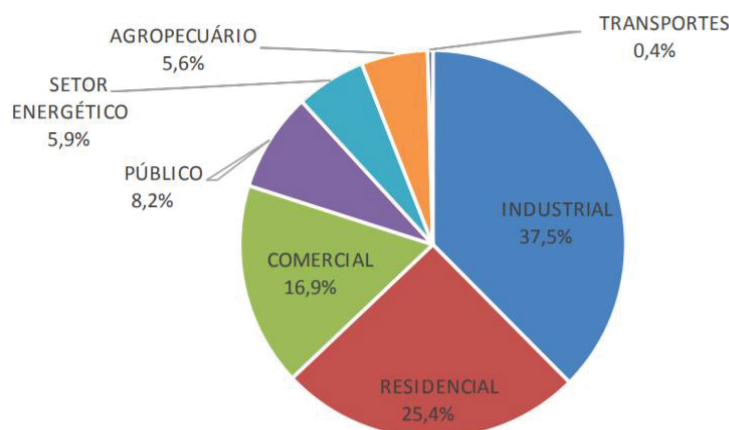
FIGURA 1 – VARIAÇÃO DO CONSUMO SETORIAL DE ELETRICIDADE ANO-BASE 2018



FONTE: Balanço Energético Nacional 2019 (2019, p.16).

Entretanto, em se tratando do total de energia elétrica consumida no país, os setores comercial, residencial e industrial, em 2018, demandaram juntos aproximadamente 80% da energia disponibilizada, conforme FIGURA 2.

FIGURA 2 – PARTICIPAÇÃO SETORIAL NO CONSUMO DE ELETRICIDADE



FONTE: Balanço Energético Nacional 2019 (2019, p.18).

Para haver a redução do consumo energético, tornando a possibilidade de se apresentarem cidades cada vez mais sustentáveis, é interessante que haja planejamento quanto aos parâmetros urbanísticos do desenho urbano. Segundo Givoni (1998), o desenho urbano e as políticas urbanas podem interferir no clima local

e promovem o conforto térmico tanto externo quanto interno, reduzindo assim a demanda de energia elétrica para a climatização artificial.

Todas as modificações feitas em um espaço trazem consequências ao meio onde se inserem. As edificações, áreas de permeabilidade, praças e vias não podem ser consideradas sistemas independentes, essas alterações influenciam e interagem continuamente com o microclima externo.

A luz natural, principalmente em edificações da área urbana verticalizada, pode ser afetada por variáveis como o tipo e as dimensões das aberturas, os sombreamentos, a refletividade, orientação geográfica e relação da edificação com o entorno (CINTRA, 2011). Além da altura das edificações vizinhas, os espaçamentos entre edifícios e largura das vias também atuam quando se trata do acesso à insolação direta, no sombreamento e consumo de energia (PEREIRA *et al.*, 2016).

Diante desse cenário, é possível relacionar a geometria urbana com a alteração do microclima local e ao sombreamento. Assim, o uso de tecnologias associadas a esse tema pode contribuir para a coleta e qualidade dos dados climáticos, associados ao uso de programas de simulação de microclima urbano, como ferramenta para o planejamento das cidades e para o entendimento da relação entre microclima local e parâmetros urbanísticos.

As áreas urbanas contemplam a maior parte das atividades econômico-financeiras, sociais e culturais, resultantes da densidade populacional. Elas apresentam alta demanda de sistemas de água e esgoto, matérias-primas e energia.

As soluções sustentáveis nos meios urbanos buscam o equilíbrio entre relações sociais, ambientais e econômicas, contribuindo para a conservação ambiental e redução de resíduos sólidos oriundos de residências, comércios, fábricas e construção civil. Para atingir a proporcionalidade, é necessário a construção de políticas públicas eficientes que promovam o equilíbrio da preservação do meio ambiente, desenvolvimento econômico e qualidade de vida da população.

Junto ao crescimento acelerado da população urbana, também se faz necessário o controle e o planejamento urbano que impeçam situações que influenciem de forma negativa o conforto em ambientes internos e abertos. Dessa forma, para haver simultaneamente conforto no ambiente construído e redução do consumo de energia, é necessário o uso de estratégias bioclimáticas na concepção do projeto e conhecimento sobre como a relação da morfologia urbana e clima urbano podem contribuir para o conforto térmico da população.

Locais mais iluminados naturalmente e ensolarados podem possibilitar que pessoas vivam em locais salubres e confortáveis com saúde e bem-estar. Essas condições, as quais relacionam o homem e ambiente construído, tendem a se destacar cada vez mais quando é observada a necessidade crescente de alternativas sustentáveis para o planejamento das cidades.

Nos centros urbanos, o adensamento e a verticalização comprometem o acesso das edificações ao sol e à luz natural e propiciam aos ambientes internos projeções indevidas de sombras. De acordo com Martau (2009), a falta da presença de luz natural influencia nas questões emocionais e biológicas de cada indivíduo. Os raios solares proporcionam ao ambiente o efeito bactericida (VIANNA, 2017) e promovem melhores condições sanitárias e de habitabilidade (ASSIS *et al.*, 2007b). Assim, para haver simultaneamente conforto e bem-estar dos usuários, além de eficiência energética, é necessário o conhecimento da dinâmica do clima local de forma conjunta com o ambiente construído.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto do adensamento e verticalização propostos pela Lei Municipal 15.511/2019, no sombreamento em fachadas de edifícios, em lotes do Setor Especial da Linha Verde de Curitiba-PR.

1.3 ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O texto do trabalho foi organizado em cinco capítulos, acompanhados pelas referências e apêndices.

O capítulo 1 apresenta o tema da pesquisa, assim como as justificativas, o objetivo geral e a estrutura do texto.

O capítulo 2 compreende a revisão de literatura que embasou a pesquisa. Entre os temas apresentados estão a morfologia e forma urbana, o Estatuto da Cidade à Lei Municipal de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo de Curitiba-PR, no qual foi exposto mais detalhadamente o Eixo Metropolitano da Linha Verde e a implantação da Operação Urbana Consorciada, as modificações do clima urbano resultantes da urbanização e adensamento, bem como a influência dos parâmetros urbanos no sombreamento de áreas adensadas.

O capítulo 3, referente aos materiais e métodos, expõe os dados utilizados para a escolha do recorte urbano selecionado para a pesquisa e as respectivas justificativas, os dados utilizados e programas necessários para a modelagem da área de estudo, para a simulação e quantificação do sombreamento.

O capítulo 4 apresenta os resultados e as discussões decorrentes das simulações realizadas para a pesquisa. Eles foram referentes aos projetos de ocupação dos lotes fazendo uso da legislação vigente e a quantificação do sombreamento dessas mesmas ocupações.

O capítulo 5 apresenta as últimas ponderações sobre a pesquisa e as sugestões para estudos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta alguns conceitos necessários para entender como a forma urbana e as condições que ela apresenta estão relacionadas ao planejamento urbano. A revisão abrangerá assuntos relacionados à pesquisa que envolvem o dinamismo da cidade, inclusive quando se trata da forma urbana, ordenada pelos parâmetros construtivos da legislação urbana municipal, sombreamento urbano e acesso solar.

O referencial teórico a seguir consiste em um resumo de algumas discussões que trazem como tema principal a influência da forma urbana no sombreamento e acesso solar no espaço urbano.

As pesquisas relacionadas a esse contexto analisam a alteração microclimática nas cidades com relação ao grau de urbanização, utilizando métodos quantitativos e qualitativos que monitoram variáveis climáticas, levantamento de parâmetros urbanísticos, simulações e técnicas de cenários (ROMERO, 2000; KATZSCHNER², 1997 *apud* ROSSI, 2012).

2.1 MORFOLOGIA URBANA

Diferentes métodos e conceitos de estudo das formas e paisagens das cidades podem estar inseridos no tema de morfologia urbana (TURCZYN, 2019). A seguir serão mencionadas algumas teorias que possuem maior relevância diante do tema, visto que as interrelações que ocorrem no meio urbano impactam diretamente no clima local.

Primeiramente serão apresentadas as escolas inglesa e italiana, as quais oferecem bases metodológicas e conceituais sobre a morfologia urbana para as escolas francesa e catalã. Em seguida, apresentam-se estudos que ocorreram no Brasil sobre o assunto, no qual se destacaram os arquitetos Nestor Goulart Reis Filho e Candido Malta Campos Filho.

As cidades e todas as suas modificações são assuntos abordados em diversas áreas do conhecimento. De forma multidisciplinar, há desde geógrafos, arquitetos, urbanistas, historiadores, sociólogos até biólogos e médicos que trazem a

² KATZSCHNER, L. Urban Climate Studies as Tools for Urban Planning and Architecture, In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Salvador, 1997. **Anais...** Salvador: PAUFBA/Lacam – Antac, 2001. p. 49-58.

cidade como objeto central de seus estudos. Cada pesquisador, dentro do seu campo, possui diferentes perspectivas e métodos de compreensão. Uma das configurações de compreensão das cidades dentro da área de arquitetura e urbanismo trata-se puramente da morfologia urbana (TURCZYN, 2019).

A palavra morfologia traz em seu significado o estudo da forma da matéria, porém na área dos estudos urbanos não há um significado unânime do conceito ou até mesmo da delimitação do campo de pesquisa. Para Del Rio³ (2000 *apud* REGO; MENEGUETTI, 2011), no desenho urbano, o estudo da morfologia apresenta-se como um método de análise fundamental para identificar princípios, tipos e regras inerentes ao traçado das cidades, sendo vital para intervenções urbanas possíveis.

Segundo Rego e Meneguetti (2011), o princípio da morfologia urbana traz a ideia de que a disposição do tecido da cidade em diferentes épocas e o desenvolvimento não são aleatórios, mas seguem padrões.

Segundo Netto, Costa e Lima (2014), os métodos individuais e empíricos estudados pelo geógrafo alemão M. R. G. Conzen (1907-2000) e pelo arquiteto Saverio Muratori (1910-1973) em meados do século XX são considerados clássicos da morfologia urbana e respectivamente referem-se à abordagem das escolas inglesa e italiana. Porém, alguns autores também reconhecem as “escolas” de pensamento que constroem gradativamente as bases da morfologia urbana, as escolas francesa e a catalã (SILVA, 2014; MOUDON; OLIVEIRA, 2017).

A escola inglesa para análise sistemática da paisagem urbana utiliza a visão tripartite, na qual são definidos três complexos formais: tecido urbano, plano urbano e padrão de uso e ocupação do solo, sendo a paisagem urbana resultado da combinação desses complexos, em que o plano urbano é a estrutura morfológica que contém o tecido urbano e o padrão de uso e ocupação do solo (NETTO; COSTA; LIMA, 2014).

A escola italiana visa à análise morfológica com base na escala arquitetônica iniciada pelos estudos de Muratori e continuado por Gianfranco Caniggia (1933-1987), cujo método vai da identificação do tipo básico à evolução para a ocupação do território, passando por três escalas: processo tipológico, formação de conjuntos e

³ DEL RIO, V. **Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento**. São Paulo: Pini, 2000.

tecidos urbanos e análise das rotas de compreensão do processo de ocupação do território (COSTA; SAFE; CASTRO, 2013; MOUDON; OLIVEIRA, 2013).

Outros dois nomes também contribuíram para o desenvolvimento das pesquisas sobre morfologia urbana na Itália, seriam eles Aldo Rossi e Carlo Aymonino (LOPES, 2019). Segundo a autora, Rossi defendia a relação entre cidade e arquitetura, e Aymonino a análise morfológica do espaço.

Sobre o desenvolvimento metodológico e teórico do estudo da persistência da forma urbana para análise do plano da cidade, Rossi contribuiu ao introduzir o conceito de tipologia, analisando o processo de transformação da cidade considerando a permanência das tipologias (LOPES, 2019).

Para Safe, Faquinesi e Costa (2013), a escola italiana visa à percepção da realidade contemporânea como uma síntese da história coletiva, que pode ser observada por meio da unidade habitacional mais recente, denominada como “tipo”. Os autores explicam que a forma é a síntese da realidade estrutural, ambiental e funcional, embasando a análise tipológica e o processo evolutivo durante o passar dos anos.

A evolução se dá por meio do processo de reconhecimento da existência do tipo e das suas mudanças decorrentes ao longo do tempo, as principais são observadas na implantação e/ou ocupação do solo e/ou na fachada (SAFE, FAQUINELI E COSTA, 2013).

Para Gauthier e Gilliland (2006), pode-se dividir os estudos sobre morfologia urbana em cognitivos e normativos sem afetar a natureza dos trabalhos. No primeiro caso, incluem-se estudos que tem por objetivo produzir explicações para a forma urbana e, no segundo, enquadram-se os que buscam determinar ou prescrever como a cidade deveria ser planejada (REGO; MENEGUETTI, 2011).

Rego e Meneguetti (2011) expõem assim a dicotomia entre as escolas inglesa e italiana de morfologia urbana, nas quais os estudos estabelecidos por M. R. G. Conzen adotam uma abordagem explanatória, cognitiva, e os estudos tratados por Saverio Muratori apresentam uma abordagem de caráter mais normativo.

Apesar de Rego e Meneguetti (2011) exporem a dicotomia das Escolas Clássicas de Morfologia Urbana, Moudon e Oliveira (2017) defendem a convergência, com base na existência de um conjunto de conhecimentos comuns, na qual a cidade pode ser “lida” e analisada tomando-se sua forma física.

A escola francesa surgiu no final dos anos 1960. Os arquitetos Philippe Panerai e Jean Castex, junto ao sociólogo Jean-Charles Depaule fundaram a Escola de Arquitetura de Versalhes (MOUDON; OLIVEIRA, 2017). Panerai⁴ (1999 *apud* SILVA 2014) reconhecia que o urbano possibilita que diferentes ciências humanas sejam reunidas para compreendê-lo, o qual deve ser realizado por meio de análises das cidades. Ele propunha também, a fim de entender o espaço urbano de forma dinâmica, analisar fenômenos de crescimento da cidade com a inclusão da dimensão temporal.

Em suma, para Silva (2014), a escola francesa partiu dos conceitos italianos e acrescentou os temas urbanos debatidos por outros teóricos como Henri Lefebvre. Foram valorizados os tecidos urbanos das cidades tradicionais, tanto quanto foram mostradas a importância da lógica dos espaços que formam o tecido urbano e a importância da dimensão física dessas cidades, assim, foram além dos italianos, visto que a visão arquitetônica das cidades abrange os monumentos excepcionais, valores dos tecidos urbanos comuns edificados em sua totalidade (SILVA, 2014).

Embora os métodos de estudo da morfologia urbana apresentem particularidades, é facilmente reconhecido que a análise morfológica se baseia em três princípios segundo Moudon e Oliveira (2017):

- Três elementos físicos fundamentais definem a forma urbana, sendo os edifícios e espaços abertos relacionados com esses, ruas e parcelas ou lotes;
- A forma urbana pode ser compreendida, normalmente, em quatro níveis de resolução que correspondem ao edifício/à parcela, à rua/ao quarteirão, à cidade, e à região;
- A dimensão histórica só pode ser compreendida tomando-se por base o momento no qual os elementos aos quais ela corresponde sofrem contínua transformação e substituição.

A escola catalã surge logo em seguida e tem relação com o Laboratório de Urbanismo da Escola de Arquitetura de Barcelona na Universidade Politécnica de Barcelona e se dispôs a desenvolver uma outra metodologia para a análise da forma

⁴ PANERAI, P. **Análise urbana**. Brasília: Universidade de Brasília, 1999.

urbana (LAMAS, 1989). Manuel Solà-Morales é um dos principais arquitetos dessa vertente e realizou as primeiras formulações das formas de crescimento da cidade nos primeiros anos de 1970 (LÓPEZ; CARREIRO, 2017). A vertente discute a relação entre infraestrutura, tipologia, morfologia, tendo como resultado três níveis das formas urbanas: parcelamento (P), urbanização (U) e edificação (E) (SILVA, 2014).

A escola catalã tenta apontar os desequilíbrios regionais, a industrialização, o mercado de terras e as políticas públicas de fomento e planejamento das cidades (SOLÀ-MORALES⁵, 1997 *apud* SILVA, 2014). A divisão metodológica PUE é similar ao conceito da vertente francesa, visto que considera que as tipologias de tecidos urbanos são produtos dos três momentos da produção física urbana, sendo cada qual resultante de ideias e projetos próprios (SILVA, 2014).

Na introdução das escolas sobre o estudo da morfologia urbana, é possível notar que ela é estudada além da cidade exclusivamente isolada e sim com a sua inserção no território, considerando o conjunto das formas urbanas. Os trabalhos desenvolvidos pelas escolas italiana, francesa e catalã influenciaram as correntes posteriores que tinham o tema como objeto ou método das pesquisas (SILVA, 2014).

De forma sucinta, buscando apontar similaridades e diferenças entre escolas, Moudon (2009) discorreu que a escola italiana se iniciou com arquitetos interessados em explorar como alguns tipos de edifícios deveriam ser projetados e construídos. Para a autora, a escola francesa (década de 1960) tinha como seguidores arquitetos e sociólogos interessados no urbanismo, principalmente nos aspectos sociais do ambiente construído. Dessa forma, segundo Moudon (2009), cada escola clássica de estudos sobre a morfologia urbana tinha diferentes propósitos para investigar a forma urbana em razão de diferentes direcionamentos profissionais que pesquisavam sobre o tema.

No Brasil, o conceito de morfologia urbana iniciou de forma ampla nos estudos históricos e logo em seguida em estudos da paisagem (ANTONUCCI, 2005). Segundo Antonucci (2005), o arquiteto Nestor Goulart Reis Filho fez um dos estudos pioneiros no país. Iniciando a pesquisa em 1962, utilizou conceitos de morfologia e tipologia, pesquisou a evolução da tipologia residencial no Brasil desde o império até a última década de 1940. Reis relacionava a arquitetura com as estruturas urbanas e as condições de evolução social e cultural, reconhecendo a evolução de condições de

⁵ SOLÀ-MORALES, M. **Las formas del crecimiento urbano**. Barcelona: UPC, 1997.

uso e a produção da arquitetura, não aceitando a transposição da arquitetura europeia (ANTONUCCI, 2005).

Segundo Silva (2014), no estudo de Reis foram considerados os tipos de habitação e a inserção da edificação no lote e na estrutura urbana, identificando diferentes paisagens e períodos históricos. Para Botechia (2018), Reis também se utiliza dos princípios da persistência urbana quando analisou as transformações de São Paulo, defendendo que as estruturas anteriores podem ter condicionado as estruturas decorrentes pela continuidade.

Por meio da problematização social na produção dos tipos de tecido urbano nas cidades capitalistas, o arquiteto e urbanista Candido Malta Campos Filho, nos últimos anos da década de 1970, fez sua contribuição para o estudo da morfologia urbana no país (SILVA, 2014). Campos Filho, fundamentado nas bases teóricas, inclusive na metodologia de Manuel Solà-Morales, dedicou-se à análise da evolução histórica dos tecidos urbanos, que para ele é resultado da soma das produções da urbanização, do parcelamento e da edificação, tendo o capital industrial e o processo especulativo como agentes produtores (SILVA, 2014).

O estudo da morfologia urbana, segundo Silva (2014), ligado aos paisagistas, diz respeito ao estudo sobre as formas urbanas, basicamente no que se refere à incidência da regulação e resultante do parcelamento sobre a paisagem. Para a autora, estudos que se referem à qualidade do espaço livre e construído são os mais utilizados daqueles desenvolvidos pelo grupo da morfologia urbana.

É possível observar que ao longo do tempo os estudos sobre a morfologia urbana foram se modificando e se completando com base no campo teórico e pelo desenvolvimento de pesquisas voltadas ao tema. Essa produção científica estabeleceu diversas teorias, abrangendo várias áreas do conhecimento (interdisciplinaridade) e diferentes métodos de análise da morfologia urbana.

O termo “morfologia urbana” apresenta relação com a palavra “forma urbana”, sendo que, segundo Ximenes (2014), a diferenciação ocorre quando aquele é a disciplina que estuda a forma do meio urbano e essa é o objeto a ser estudado. A seguir, serão apresentados os conceitos que abrangem forma urbana e legislação urbanística, que têm o intuito de conduzir o crescimento da cidade.

2.2 FORMA URBANA

O urbanista norte-americano Kevin Lynch escreveu um dos primeiros livros sobre o desenho urbano, o qual demonstrou, através da percepção do homem a respeito das formas urbanas, os valores qualitativos e seus significados (XIMENES, 2014).

Lynch (1981) sugeriu que fossem considerados elementos específicos à percepção da forma, cada um deles possuindo aspectos qualitativos estimados pela percepção do indivíduo, que seriam as vias, os limites, bairros, cruzamentos e pontos marcantes. O autor cita também, como elementos qualitativos, a influência das fachadas na identificação das vias, continuidade da forma edificada pela extensão da rua, o número de cruzamentos etc. (LYNCH, 1981).

Segundo Lamas (1989), a forma urbana pode ser definida como a maneira de os elementos morfológicos, que constituem e definem como o espaço urbano é organizado, relativamente à dimensão dos aspectos de organização funcional e aspectos quantitativos, qualitativos e figurativos (LAMAS, 1989).

De acordo com Lamas (1989)

- Aspectos de organização funcional são relacionados com as atividades humanas como o habitar, instruir, comercializar e com o uso de um espaço ou edifício, isto é, o tipo de uso do solo.
- Aspectos quantitativos são configurações da realidade urbana que podem ser quantificados ou pertencem a uma organização quantitativa como densidades, fluxos, superfícies etc.
- Aspectos qualitativos referem-se ao conforto e bem-estar com o tratamento dos espaços nos edifícios e no meio urbano.
- Aspectos figurativos referem-se basicamente à comunicação estética.

Segundo Silva (2014), a forma urbana pode ser fruto do processo de apropriação das pessoas em um contexto social e histórico, estendendo-se além da aparência externa, mas também como atribuição de significados e percepção dos habitantes. Para as análises das formas urbanas, algumas condicionantes são relevantes: características do meio físico como topografia, geomorfologia e hidrografia; processo histórico da estrutura urbana, o qual influencia na localização e

na infraestrutura; características socioeconômicas referentes ao valor da terra e ao perfil da população (SILVA, 2014).

A forma de uma cidade tem relação direta com o desenho que ela apresenta, sendo definida por espaços, volumes e traçados e conforme seus elementos são definidos e dispostos por meio do tipo e uso do solo, da densidade populacional, estética, das dimensões, dos fluxos etc. (XIMENES, 2014).

As muitas ações que modificam a forma urbana podem ter diversas origens, visto que ela pode ser considerada um produto da ação humana e é consequência da modificação contínua da forma anteriormente existente (XIMENES, 2014). Para a autora, a forma urbana é resultante de ações governamentais, iniciativa privada e pessoas civis, e o seu estudo é necessário para se buscar a melhor forma de intervenção no meio urbano e planejamento de novos espaços.

Diante do tema da forma urbana, principalmente relacionado aos aspectos qualitativos definidos por Lamas (1989), é possível fazer um elo com os aspectos ambientais do local. O que pode ser justificado a partir do momento em que o conforto e bem-estar da população se relacionam diretamente com a forma urbana. Assim, a forma é relevante para trazer aos usuários da cidade condições favoráveis de conforto (XIMENES, 2014).

2.2.1 Regulação da forma urbana das cidades

O urbanismo tem como um dos protagonistas as ações político-administrativas, que são conduzidas com base em um plano no tempo de ações políticas, econômicas e sociais, além de objetivar a mediação de conflitos entre interesses privados e públicos, que competem o uso do espaço urbano (LAMAS, 1989).

Para Lamas (1989), o objetivo do urbanismo é dominar o território e seus instrumentos modificadores como construção, adaptação e conservação do espaço, que necessita de planos e projetos para implementação. Segundo o autor, o planejamento se dá em três níveis de produção do espaço, seriam eles:

- Nível de planejamento – Programação: fase na qual são determinados os objetivos socioeconômicos, sendo uma etapa preliminar das ações futuras;

- Nível urbanístico – Plano: determina os objetivos no espaço e no tempo e especializa as execuções, implicando na definição das morfologias urbanas considerando as possibilidades físicas do território;
- Nível de construção – Projeto: faz a execução da construção do território de acordo com os objetivos e programas definidos.

Dessa forma, é possível tomar como base o que corresponde à esfera política. Segundo Silva (2014), parte-se do entendimento que as legislações, as quais envolvem o urbano, integram a produção da cidade como um todo. Assim, a legislação e os instrumentos urbanísticos podem regular a forma urbana do território, desde que seguidos.

As leis podem definir desde a maneira como as atividades e os edifícios vão se distribuir e se estruturar no espaço até a forma como os lotes serão ocupados e edificados, resultando em diferentes tipologias de edificações no território (SILVA, 2014). Portanto, fica evidente que a forma urbana tem relação direta com a legislação urbanística, visto que com base nela são definidos o zoneamento, a disposição de quadras, lotes, espaços públicos, tipo das edificações, fazendo referência também às regras impostas pelas leis que mencionam o parcelamento do solo, zoneamento e áreas verdes.

Segundo a Lei Federal 10.257, de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade, esses mecanismos precisam ser considerados no Plano Diretor de cada cidade e estabelece para o planejamento urbano estudos específicos. Segundo Silva (2014), a legislação municipal também tem a necessidade de corresponder às diretrizes da Lei Federal nº 6.766, de 19 de novembro de 1970; a Lei de Parcelamento do Solo, a qual estabelece percentuais mínimos para a adoção de áreas, sistema viário, áreas verdes e áreas institucionais. No entanto, a maneira como são distribuídos esses percentuais ficam à critério da prefeitura de cada cidade.

De qualquer forma, todos os parâmetros estruturados pelos profissionais capacitados de cada cidade devem ser validados com base no sancionamento de um conjunto de leis municipais como Lei de Zoneamento, Lei de Uso e Ocupação do Solo, Código de Obras e outras que, de alguma forma, possam influenciar no direcionamento do crescimento dos municípios.

As leis municipais como instrumentos urbanísticos para controle da forma urbana regulam e definem componentes que influenciam a morfologia e a tipologia do território, como é possível observar no QUADRO 1.

QUADRO 1 – RELAÇÕES ENTRE COMPONENTES MORFOLÓGICOS E INSTRUMENTOS MUNICIPAIS

Instrumento	Componentes morfológicos e tipológicos
Lei de Parcelamento do Solo	Regula o conjunto de quadras, a destinação de áreas públicas (sistema viário, calçadas, áreas institucionais, áreas verdes) e a divisão dos lotes (estrutura fundiária).
Lei de Zoneamento	Define quais os usos e o modo como as edificações podem se implantar nos lotes. Para regular a ocupação, utiliza parâmetros tais como lote mínimo (para fins de desdobro); taxa de ocupação, recuos frontais, laterais e de fundos; taxa de permeabilidade; gabarito; coeficiente de aproveitamento, classificação dos usos etc.
Código de Obras	Define o regramento da edificação (áreas mínimas) em função do tipo de atividade, número de pessoas, para que sejam preservadas condições de salubridade, segurança, convívio etc.

FONTE: Silva (2014, p. 140).

Diante do exposto, é importante destacar que os parâmetros urbanísticos podem ser vistos como especificações genéricas dos elementos espaciais e suas relações com o território urbano (MARSHALL⁶, 2011 *apud* SILVA, 2014). Sendo assim, os instrumentos de lei modelam uma intenção de forma urbana, mas não correspondem a uma forma direta e absoluta.

É necessário entender as particularidades de cada cidade, buscando soluções mitigadoras dos efeitos da urbanização no microclima urbano. Assim, é importante conhecer as características locais, como o clima, a localização, dimensão, densidade da área construída, ventilação, entre outros, que contribuem para o planejamento urbano (GIVONI, 1998).

Segundo Barbosa; Rossi e Drach (2014), a tipologia e as características formais dos projetos urbanos cabem ao poder público, visto que as leis de zoneamento definem alturas das edificações e afastamentos, sugerindo então, que principalmente variáveis como o sombreamento e acesso solar são inerentes às condições da forma urbana orientada em leis municipais.

⁶ MARSHALL, S. **Urban coding and planning**. Nova York: Routledge, 2011.

2.3 DO ESTATUTO DA CIDADE À LEI MUNICIPAL DE ZONEAMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257 de 2001) estabelece normas de interesse social e ordem pública, que ajustam o uso da propriedade urbana a favor do bem coletivo, da segurança e do bem-estar do indivíduo, bem como do equilíbrio ambiental (BRASIL, 2001). Os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, citados a seguir, foram regulamentados por esse estatuto, que tem como objetivo formular diretrizes gerais de condução do ambiente urbano (SANTIN; MARANGON, 2008).

Art. 182 A política de desenvolvimento urbano, executada pelo poder público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

[...]

Art. 183 Aquele que possuir como sua área urbana de até duzentos e cinquenta metros quadrados, por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição, utilizando-a para sua moradia ou de sua família, adquirir-lhe-á o domínio, desde que não seja proprietário de outro imóvel urbano ou rural. (BRASIL, 1988, p.124-125).

Segundo o Estatuto da Cidade, o plano diretor é um dos instrumentos de planejamento municipal e assegura o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à justiça social, ao desenvolvimento das atividades econômicas e à qualidade de vida.

Os artigos 39 a 42 da Lei nº 10.257, de 2001, são integralmente dedicados ao Plano Diretor das cidades e apresentam o conteúdo mínimo para ser formulado, além de deixar claro a obrigatoriedade do poder público realizá-lo caso a cidade tenha mais de 20 mil habitantes, integrantes de regiões metropolitanas e de aglomerações urbanas, integrantes de áreas especiais de interesse turístico, em área de influência de atividades com impactos ambientais significativos, entre outros. O Art. 40 da lei comenta a necessidade da aprovação por lei municipal e a sua revisão pelo menos a cada 10 (dez) anos.

Art. 40 O plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.

§ 1º O plano diretor é parte integrante do processo de planejamento municipal, devendo o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporar as diretrizes e as prioridades nele contidas.

§ 2º O plano diretor deverá englobar o território do Município como um todo.

§ 3º A lei que instituir o plano diretor deverá ser revista, pelo menos, a cada dez anos.

§ 4º No processo de elaboração do plano diretor e na fiscalização de sua implementação, os Poderes Legislativo e Executivo municipais garantirão:

I – a promoção de audiências públicas e debates com a participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade;

II – a publicidade quanto aos documentos e informações produzidos;

III – o acesso de qualquer interessado aos documentos e informações produzidos. (BRASIL, 2001, p. 27).

Diante do cenário nacional da política de desenvolvimento urbano e a promulgação do Estatuto da Cidade, houve a necessidade de Curitiba-PR ajustar-se ao planejamento urbano do município.

Até 2001, estava vigorando no município o Plano Diretor sancionado em 1966, a Lei Municipal nº 2.828. Esse plano foi abandonando a concepção dos centros e do zoneamento baseado no preenchimento de espaços vazios por uma ocupação progressiva (CARMO, 2011).

Após 3 (três) anos da promulgação do Estatuto da Cidade, Curitiba-PR sancionou a Lei Municipal nº 11.266, de 2004, que dispôs sobre a adequação do Plano Diretor às diretrizes e aos instrumentos instituídos pela Lei Federal em 2001. Essa adequação complementou as diretrizes já estabelecidas e incorporou políticas e diretrizes propostas e implantadas, em conformidade com as orientações determinadas para o desenvolvimento das etapas de implantação do Plano Diretor de Curitiba – PDC (CURITIBA, 2004).

Em 2015, o poder público do município promulgou a Lei Municipal nº 14.771, que dispôs sobre a Revisão do Plano Diretor de Curitiba – RPDC, de acordo com o disposto no art. 40 do Estatuto da Cidade. Essa lei, além de promover a revisão, consolidou as políticas públicas, diretrizes e os objetivos implantados no município e incorporou novos princípios alinhados às dinâmicas demográficas, sociais, econômicas e ambientais (CURITIBA, 2015).

A revisão do Plano Diretor de Curitiba (Lei 14.771), sancionada em 2015, atualizou os diversos documentos relacionados à implantação da lei. O Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo (Zuos) é um deles, sendo o instrumento que busca materializar o planejamento urbano adotado no Plano Diretor, compatibilizando-o com os objetivos, princípios e as diretrizes, abrangendo toda a comunidade e visando o bem-estar social.

Antes da sanção da lei, foram realizadas diversas reuniões entre poderes municipais executivo e legislativo, consultorias técnicas aos segmentos da sociedade civil e ao Conselho da Cidade de Curitiba – Concitiba, audiências públicas e *workshop* técnico, onde a população pôde sugerir e comentar a elaboração da LZUOS.

Segundo o prefeito Rafael Greca⁷, o objetivo é planejar a ocupação dos espaços de acordo com as particularidades e expectativas para o desenvolvimento, buscando melhorar a qualidade de vida dos moradores e cumprir as funções urbanas residencial, comercial, industrial, cultural, política, administrativa e de lazer, servindo de mecanismo para orientar a distribuição das diversas atividades.

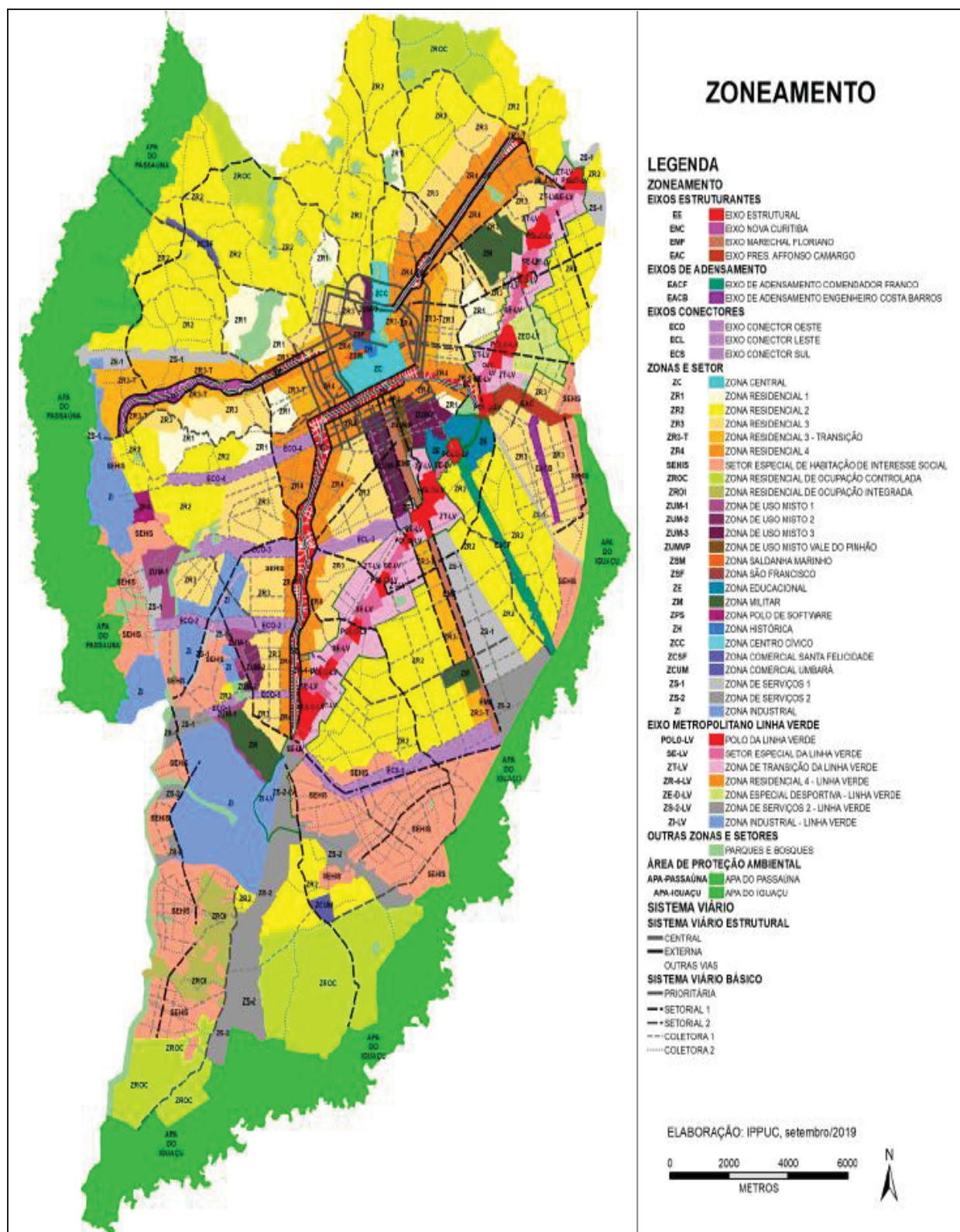
De acordo com o prefeito, o desenho urbano de Curitiba é simbolizado pelo desenvolvimento linear de alta densidade e alimentado pelos eixos de transporte coletivo, assim a LZUOS propõe novos eixos para estruturar espaços urbanos, sendo ajustada no zoneamento da cidade.

Em 2019, foi sancionada a Lei nº 15.511, a qual dispõe sobre o novo zoneamento, uso e ocupação do solo no município de Curitiba, dividindo o território em eixos, zonas e setores especiais e estabelecendo critérios e parâmetros de uso e ocupação. Ela revoga a Lei 9.800, que estava em vigor desde 3 de junho de 2000 e a Lei 7.529, de 14 de setembro de 1990, relacionada ao zoneamento, uso e ocupação do município.

De acordo com a nova lei, o zoneamento é a divisão do território e visa dar a cada região a melhor utilização conforme o sistema viário, topografia, transporte e infraestrutura existente (FIGURA 3). A divisão ocorre com base na criação de eixos, zonas, setores e adensamentos diferenciados e são delimitados por vias, logradouros públicos, acidentes topográficos e divisa de lote.

⁷ Mandato 2017/2020.

FIGURA 3 – ZONEAMENTO DE CURITIBA-PR PROPOSTO PELA LEI ORDINÁRIA Nº 15511/2019



FONTE: Curitiba-PR (2019).

De acordo com a LZUOS, com relação ao uso do solo, ele pode ser classificado em habitacional – usos destinados à habitação permanente, institucional ou transitória. O uso não habitacional é o destinado às atividades comercial, de serviço, comunitária, agropecuária, industrial etc.

O zoneamento e os parâmetros determinados para cada uma das zonas vão no mesmo sentido do crescimento ordenado da população e da cidade para os próximos anos. Segundo Schmitz (2014), a última LZUOS (Lei 9.800/2000) mantinha o conceito de zoneamento funcional, adensamento populacional e atividades comerciais e de serviço sem significativas mudanças. Segundo a autora, ainda havia a preocupação em evitar a formação de áreas de sombra e melhorar as condições de insolação e ventilação por meio de parâmetros de uso e ocupação do solo.

A nova LZUOS, inicialmente, manteve os princípios já utilizados mesmo havendo algumas mudanças, as quais se destacam alterações de parâmetros urbanísticos e de zoneamento. As mudanças mais evidentes na nova lei são quanto à criação da Zona Residencial 3 de Transição, que contém características de ocupação da Zona Residencial 3 e 4, criação de novas zonas mistas, inclusive a do Vale do Pinhão, próxima ao Eixo Marechal Floriano, criação do Eixo de Adensamento Engenheiro Costa Barros, criação da Zona São Francisco e da Zona Saldanha Marinho, no centro da cidade, e a criação do Eixo Metropolitano Linha Verde (EMLV), o qual substituiu a Zona de Transição – BR-116.

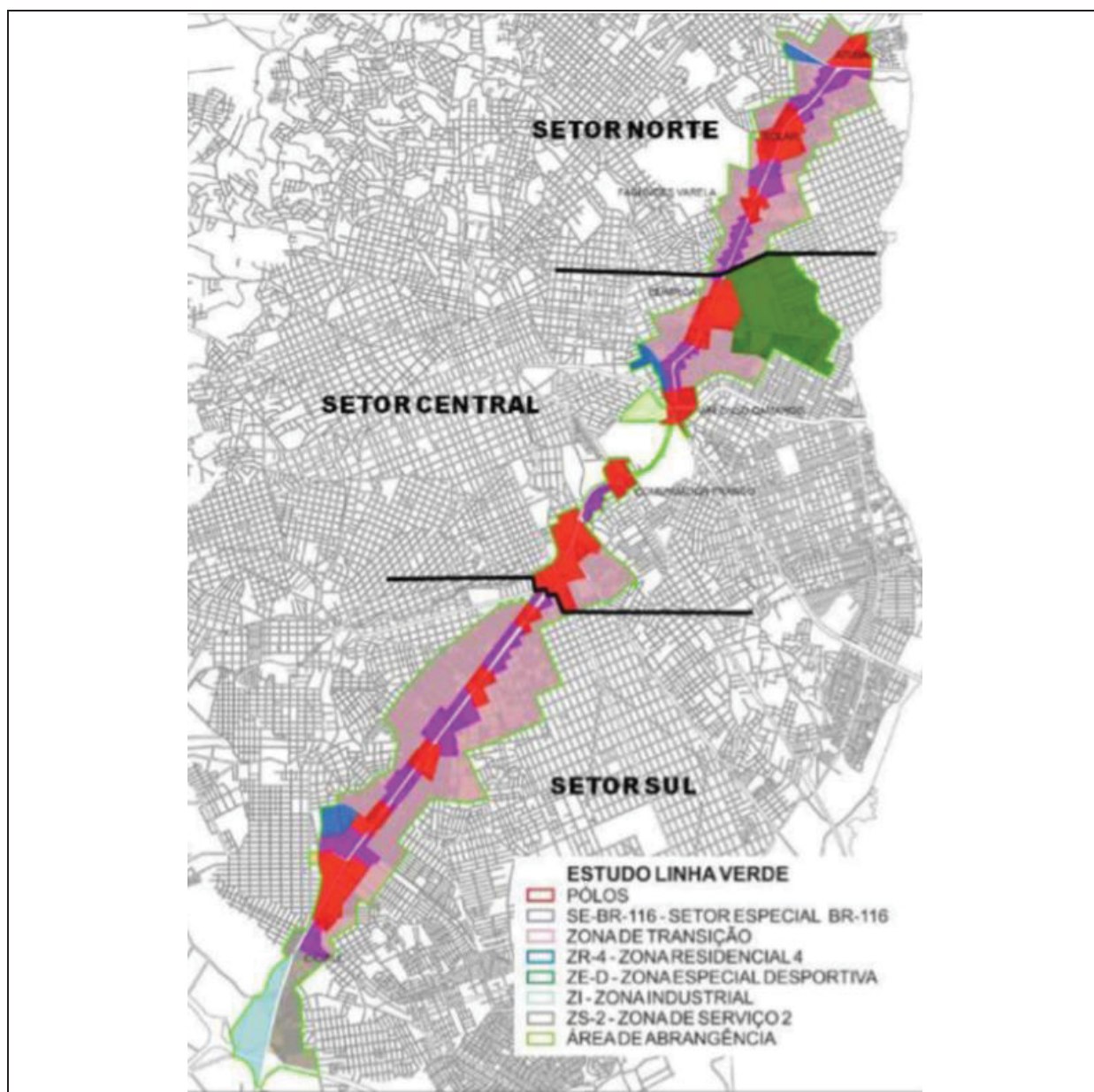
2.3.1 Eixo Metropolitano da Linha Verde

O Eixo Metropolitano da Linha Verde (EMLV) caracteriza-se como um eixo que integra 22 bairros de Curitiba. As alterações dos parâmetros de uso do solo e o zoneamento da via são considerados fomentadores do desenvolvimento da própria Linha Verde, bem como da cidade, uma vez que a proposta consiste na expansão do emprego, comércio e dos serviços, das áreas de lazer e da mobilidade (PMC, 2019).

O novo zoneamento e uso do solo apresentam a possibilidade de acréscimo de potencial construtivo por meio de transferência ou aquisição de potencial construtivo. Com relação à porção urbana da BR-116 de Curitiba, há regulamentações específicas para os três setores – norte, central e sul – e essas são subdivididas em zonas, como apresentado na FIGURA 4.

O Eixo Metropolitano Linha Verde (EMLV) possui 7 (sete) zonas (FIGURA 4): Polo da Linha Verde (PO-LV); Setor Espacial da Linha Verde (SE-LV); Zona de Transição da Linha Verde (ZT-LV); Zona Residencial 4-Linha Verde (ZR-4-LV); Zona Especial Desportiva-Linha Verde (ZED-LV); Zona de Serviço 2-Linha Verde (ZS-2-LV); Zona Industrial-Linha Verde, de modo consequente. Cada uma delas apresenta parâmetros de uso e ocupação distintos entre si e entre a antiga Zona de Transição – BR-116.

FIGURA 4 – DELIMITAÇÃO DA ÁREA DA LINHA VERDE E SUAS SUBDIVISÕES



FONTE: PMC (2019).

Na antiga Zona de Transição – BR-116, de acordo com o Quadro XVI no anexo da Lei 9.800/2000, o Coeficiente de Aproveitamento (CA) era 1, sendo o lote mínimo de 6.750 m². Na nova LZUOS, nos Parâmetros Construtivos com Potencial Adicional, é possível encontrar CA de até 4 em lotes mínimos de 20.000 m². Com relação à altura das edificações, desde 2019 é possível encontrar zonas com altura livre, sendo que antes eram de 4 pavimentos.

Independente do porte dos novos empreendimentos, a Taxa de Ocupação (TO), que representa o edifício projetado no terreno, em sua maioria ainda é de 50%, sendo necessário afastamentos frontal e lateral (QUADRO 2). É importante lembrar que os parâmetros são dinâmicos e estão relacionados a outras leis e conselhos municipais, que podem influenciar nas construções em casos específicos.

QUADRO 2 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS GERAIS DE TODAS AS ZONAS DO EMLV

Zoneamento	Parâmetros Construtivos Gerais			
	Taxa de Ocupação (%) (3)	Recuo Frontal (M)	Afastamento das Divisas (M)	Lote Mínimo (Testada (M) x Área (M ²))
Polo da Linha Verde Polo-LV	50	5	Embasamento ou até o 2º pavimento: facultado. Acima de 2 pavim.: h/6 atendido o mínimo de 2,5 m.	20 x 1000
	Embasam. (4): 76% Torre e 50%			
Setor Especial da Linha Verde SE-LV	50	5	Até 2 pavimentos: facultado. Acima de 2	20 x 1000
Zona de Transição da Linha Verde ZT-LV	50	5	Até 2 pavimentos: facultado. Acima de 2 pavim.: h/6 atendido o mínimo de 2,5 m	15 x 450
Zona Residencial 4 ZR-4	50	5	Até 2 pavimentos: facultado. Acima de 2 pavim.: h/6 atendido o mínimo de 2,5 m	15 x 450
Zona Especial Desportiva ZED	50	10	Até 2 pavimentos: facultado. Acima de 2 pavim.: h/6 atendido o mínimo de 2,5 m	20 x 1000
	30			
Zona de Serviço 2 ZS-2	50	10	.	15 x 450

FONTE: Anexo da Lei Municipal 15.511/2019, Curitiba-PR.

No EMLV, os usos são os mais variados, segundo a LZUOS/2019, os permitidos enquadram-se desde habitação coletiva, uso comunitário, comércio e serviço e indústria tipo 1 e 2 na Zona de Serviço 2. As habitações unifamiliares

enquadram-se em usos toleráveis, havendo a necessidade da avaliação e aprovação pelo Conselho de Urbanismo Municipal (CMU) para alvará de construção. Como permissíveis também, antes se encontrava o uso comunitário 3 – Ensino, o qual na lei atual está como uso permitido em zonas específicas do EMLV, conforme QUADRO 3.

QUADRO 3 – USOS PERMITIDOS E TOLERADOS DE TODAS AS ZONAS DO EMLV

Zoneamento	Usos Permitidos	Usos Tolerados
Polo da Linha Verde Polo-LV	Habitação Coletiva Habitação Institucional Habitação Transitória 1 e 2 Comunitário 1 e 2 Comunitário 3 – Ensino Comércio e Serviço Vicinal, de Bairro e Setorial Comércio e Serviço Específico 1 (5)	1 Habitação Unifamiliar
Setor Especial da Linha Verde SE-LV	Habitação Coletiva Habitação Institucional Habitação Transitória 1 e 2 Comunitário 1 e 2 Comunitário 3 – Ensino Comércio e Serviço Vicinal, de Bairro e Setorial Comércio e Serviço Específico 1 (5)	1 Habitação Unifamiliar
Zona de Transição da Linha Verde ZT-LV	Habitações Unifamiliares em Série (2) Habitação Coletiva Habitação Institucional Habitação Transitória 1 Edifícios de Escritórios Comunitário 2 Culto Religioso (7) Comunitário 1 Comércio e Serviço Vicinal e de Bairro	3 Residências Unifamiliares
Zona Residencial 4 ZR-4	Habitações Unifamiliares em Série (2) Habitação Coletiva Habitação Institucional Habitação Transitória 1 Comunitário 2 Culto Religioso (7) Comércio e Serviço Vicinal, de Bairro e Setorial	3 Residências Unifamiliares
Zona Especial Desportiva ZED	Habitação Transitória 1 e 2 Comércio e Serviço Vicinal, de Bairro e Setorial Comunitário 1, 2 e 3 Usos vinculados às atividades desportivas	1 Residência Unifamiliar
Zona de Serviço 2 ZS-2	Habitação Transitória 2 e 3 Comércio e Serviço Vicinal, de Bairro, Setorial e Geral Comunitário 2 – Culto Religioso (7) Indústria Tipo 1 e 2 Comércio Específico 1 e 2 (5)	1 Residência Unifamiliar Comunitário 2 – Lazer, Cultura e Ensino (7)

FONTE: Anexo da Lei Municipal 15.511/2019, Curitiba-PR.

Analisando o QUADRO 4 têm maior capacidade de alteração da morfologia da Linha Verde.

QUADRO 4 , é possível entender um pouco mais sobre o zoneamento da Linha Verde, uma vez que apresenta os parâmetros construtivos básicos da via e os parâmetros adicionais, esses adquiridos por meio da aquisição dos Cepacs. Das

zonas apresentadas pelo anexo da Lei Municipal 15.511/2019, Curitiba-PR, nota-se que a Zona de Serviço 2 é a única área que não apresenta parâmetros construtivos com potencial adicional. Já as zonas de Transição da Linha Verde, Zona Residencial 4 e a Zona Especial Desportiva apresentam dentro da área alguns usos, principalmente habitacionais, que possibilitam a compra de potencial construtivo, tendo edificações com alturas e densidade maiores, sendo a altura máxima de até oito pavimentos.

No entanto, o Polo e o Setor Especial da Linha Verde apresentam usos em que as alturas e densidades são livres, desde que se faça a compra do potencial construtivo (QUADRO 4). Pelo motivo de serem zonas com um alto potencial de construção e lindeiros à via da Linha Verde são áreas que, em um primeiro momento, têm maior capacidade de alteração da morfologia da Linha Verde.

QUADRO 4 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS BÁSICOS E COM POTENCIAL ADICIONAL DE ZONAS DO EMLV

Zoneamento	Usos Permitidos	Parâmetros Construtivos Básicos		Parâmetros Construtivos com Potencial Adicional	
		Coef. de Aproveitamento	Altura (nº de pavim.)	Coef. de Aproveitamento	Altura (nº de pavim.)
Polo da Linha Verde Polo-LV	Habitação Coletiva	1	Livre	4	Livre
	Habitação Institucional	1	Livre	4	Livre
	Habitação Transitória 1 e 2				
	Comunitário 1 e 2				
	Comunitário 3 – Ensino				
	Comércio e Serviço Vicinal, de Bairro e Setorial				
	Comércio e Serviço Específico 1 (5)				
Setor Especial da Linha Verde SE-LV	Habitação Coletiva	1	6	4	Livre (10)
	Habitação Institucional	1	6	4	Livre (10)
	Habitação Transitória 1 e 2				
	Comunitário 1 e 2				
	Comunitário 3 – Ensino				
	Comércio e Serviço Vicinal, de Bairro e Setorial				
	Comércio e Serviço Específico 1 (5)				

FONTE: Adaptação feita pela autora do anexo da Lei Municipal 15.511/2019, Curitiba-PR.

(9) Atendidos os parágrafos 7 e 8 do Art. 7, e observado o Inciso VI do Art. 8 da Lei Municipal nº 13.909/2011.

(10) Atendido o Parágrafo 9 do Art. 7, e observado o Inciso VII do Art 8 da Lei Municipal nº 13.909/2011.

Com relação ao uso do solo na Linha Verde, ainda há uma concentração maior de usos comerciais, mas a tendência é que, no decorrer do desenvolvimento do EMLV, tipologias de uso misto e residencial sejam mais presentes (PREVEDELLO, 2014). Quanto à forma de implantação, a Linha Verde segue o mesmo modelo físico/financeiro utilizado pelo poder público para a Av. Sete de Setembro.

Segundo Prevedello (2014), esse molde fundamenta a construção da infraestrutura pública e de mobilidade urbana estimulando a ocupação da área. De acordo com o autor, a Av. Sete de Setembro pode ser um exemplo correspondente de como a região da Linha Verde vai se desenvolver, tendendo a ter uma grande área construída. Essa afirmação se baseia nos dados obtidos no estudo realizado pelo autor, legislação e a forma da implantação física criada para a Linha Verde. No entanto, uma diferença percebida é quanto à área verde, na Linha Verde, quando comparada ao trecho da Av. Sete de Setembro, recorte do Eixo Estrutural Sul, adotado por Prevedello (2014), ela se mostra mais presente, possuindo áreas verdes mais significativas destinadas ao uso público.

2.3.2 Linha Verde e a implantação da Operação Urbana Consorciada

O Projeto Urbano Linha Verde consiste na transição funcional da antiga rodovia BR-116 em um eixo de conexão na escala urbana e metropolitana de grande importância (GADENS, 2018). Esse projeto possui viabilidade com base na aplicação do instrumento de Operação Urbana Consorciada (OUC), que possibilita a captação de recursos para complementar as obras de infraestrutura e requalificação urbanística (CURITIBA, 2011).

A Operação Urbana Consorciada (OUC) é um dos diversos instrumentos previstos na aprovação do Estatuto da Cidade, que consolidou o entendimento da necessidade do Estado em promover uma distribuição justa dos ônus e benefícios da urbanização entre a sociedade, recuperando a valorização com base em obras públicas de forma a efetivar a função social da terra (PIZA; SANTORO; CYMBALISTA, 2004). Conforme os autores, a OUC pode ser entendida como um instrumento de redesenho de uma área urbana com base em alterações dos parâmetros urbanísticos,

combinando investimentos públicos e privados, visando a implantação de um projeto urbano, sendo que os valores resultantes das contrapartidas são encaminhados direto para a conta exclusiva da OUC, podendo ser utilizado somente para a execução das intervenções definidas por lei dentro do seu perímetro.

No início da década de 1990, a primeira iniciativa da OUC Faria Lima, em São Paulo, trouxe à tona a discussão da aplicação desse instrumento, tendo diversos problemas de implementação pela fragilidade da aplicação na época (SEPE; PEREIRA, 2011), visto que ela acabou sendo implementada em duas fases: a primeira anterior ao Estatuto da Cidade e a segunda em que ocorreram revisões na OUC para adaptá-la à nova lei federal (NASCIMENTO NETO; MOREIRA, 2013). Só a partir de 2001, um conjunto de regras foi estabelecido para as Operações Urbanas Consorciadas, garantindo segurança jurídica para a aplicação pelos poderes municipais (NASCIMENTO NETO; MOREIRA, 2013). A lei previu também os Certificado de Potencial Adicional de Construção (Cepacs), que são títulos imobiliários a serem emitidos pelo município, atuando como um mecanismo de venda, podendo ser alienados em leilão ou utilizados diretamente em obras necessárias à própria OUC, de contrapartida à outorga onerosa do direito de construir (NASCIMENTO NETO; MOREIRA, 2013).

O Prospecto de Registro da Operação Urbana Consorciada Linha Verde, OUC-LV (PMC, 2019) é um documento que traz informações sobre o histórico da Linha Verde além das informações, prospecções, estimativas e perspectivas para ela. Com relação ao histórico apresentado, é mostrado desde a década de 1970 até a implantação da OUC-LV. Segundo o Prospecto, o histórico da área urbana da Rodovia BR-116 destaca-se de acordo com os seguintes projetos: Projeto BR-Vida; BR-Cidade; Projeto do Sistema de Transporte de Altas Capacidades – STAC e Linha Verde.

De acordo com a PMC (2019), desde 1970, ao Leste da Rodovia BR-116, ocupações irregulares despertaram no poder público municipal a necessidade de desenvolvimento e implementação de ações que amenizassem esses efeitos na malha urbana da cidade. Inicialmente foram realizadas ações de melhoria na infraestrutura dos bairros Boqueirão e Hauer, depois ações de integração entre os lados oeste e leste e ações de melhoria viária. Ao longo de todo o processo de planejamento urbano, em diferentes épocas, diversas ações foram desenvolvidas e realizadas com o sentido de organizar a ocupação da via.

O Projeto BR-Vida foi desenvolvido em 1992, com o intuito de atenuar questões sobre o fluxo intenso da região (PMC, 2019), pois no início da década de 1990, o aumento do tráfego de veículos e a dificuldade de mobilidade relacionados à travessia de pedestres geravam problemas de segurança aos usuários. O projeto previa a implantação de pontos de travessia integrando os dois lados da cidade, implantação de dois parques, cinco bolsões de travessia, obras complementares em três viadutos existentes, intersecções em desnível e pavimentação das vias de acesso, no entanto foram implementados alguns bolsões de retorno com semaforização e iluminação, redutores eletrônicos de velocidade e uma intersecção em desnível. A evolução desse plano viabilizou o projeto BR-Cidade em 1996 (PMC, 2019).

A implantação do Contorno Leste, que estava em execução em meados de 1996 e só seria finalizada em 2002, traria a liberação da Rodovia BR-116 no trecho urbano da cidade e a necessidade de incorporação desse à malha urbana (PMC, 2019). Aprimorando o projeto BR-Vida, foi desenvolvido o projeto BR-Cidade tendo o objetivo de “transformar” uma rodovia federal em uma avenida de integração entre as malhas viárias dos bairros próximos (PMC, 2019).

Contudo, segundo a PMC (2019), o Projeto BR-Cidade tinha a dificuldade de ser implantado, pois uma vez que o Contorno Leste não estivesse finalizado, não seria possível descaracterizar a função da BR-116 em função de adequação às normas vigentes do Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER). Dentre as ações definidas para o projeto como manutenção das vias centrais, melhoria dos passeios, implantação do paisagismo e parque linear e implantação de iluminação urbana, foram inseridos apenas redutores eletrônicos de velocidade, transposição em desnível e iluminação.

Por meio desse projeto, houve um avanço no planejamento urbano de Curitiba-PR, através da Lei Municipal nº 9.800/2000 (PMC, 2019). Assim, as áreas que antes eram caracterizadas como Zonas de Serviços foram adequadas ao novo planejamento urbano, tornando-se assim espaços de uso misto nos mesmos moldes dos Setores Estruturais, seguindo a lógica do crescimento linear.

O projeto do Sistema de Transporte de Altas Capacidades – STAC, teve como incentivo a importância da BR-116 no contexto da cidade, sendo que a implementação dos contornos rodoviários estava em fase de conclusão, possibilitando a redistribuição do transporte de carga, passando a se mostrar mais como uma via de distribuição de

deslocamentos locais e metropolitanos (PMC, 2019). A principal ideia era implantar um eixo de desenvolvimento que seria convertido em um parque linear, redimensionando a ocupação urbana e melhorando a acessibilidade para educação, emprego e lazer na região (PMC, 2019). Porém, o período de negociação não teve êxito, e a administração municipal foi forçada a buscar novas alternativas, o que resultou no possível financiamento junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) dando início ao delineamento do Projeto da Linha Verde (PMC, 2019).

A implantação dos Contornos Rodoviários Leste e Sul pelo DNER, em 2002, permitiu uma nova configuração viária metropolitana destinada ao tráfego de passagem entre alguns municípios da região metropolitana e entre as principais capitais do norte e do sul do país (PMC, 2019). Dessa forma, grande parte do transporte de carga, que atravessava no trecho urbano da BR-116, passou a ser desviado pelos contornos, diminuindo esse tipo de tráfego e liberando a rodovia no trecho urbano. Diante dos avanços da mobilidade da via, segundo a PMC (2019), o poder público propôs o desenvolvimento de um Eixo Metropolitano de Transporte – a Linha Verde.

A Linha Verde para a área urbana de Curitiba caracterizou-se como um eixo que integra o uso do solo, sistema viário e transporte coletivo, passando a configurar realmente uma linha urbana compatível com as características urbanísticas dos demais eixos de desenvolvimento da cidade. De acordo com a PMC (2019), ela atinge e integra 22 bairros, sendo que no início da década de 2000 residia aproximadamente 32% da população de Curitiba nos bairros lindeiros da via, além do deslocamento diário de munícipes das cidades metropolitanas como Campina Grande do Sul, Quatro Barras, Colombo, Fazenda Rio Grande e Mandirituba (PMC, 2019).

O projeto da Linha Verde apresentou-se como um propulsor do desenvolvimento da cidade por meio das alterações dos parâmetros de uso e solo e zoneamento, o que permitia o desenvolvimento de comércios e serviços, melhorando a acessibilidade para o emprego, educação e lazer (PMC, 2019). A revitalização urbana e ambiental também foram pontos relevantes, bem como inserção do sistema de transporte público circulando em canaleta exclusiva, possibilitando um deslocamento rápido entre o Norte, Sul e centro da cidade, buscando atender de maneira mais eficaz as demandas do aumento populacional e do processo de integração do sistema de transporte (PMC, 2019).

Segundo a PMC (2019), as intervenções físicas foram caracterizadas pelas implantações da canaleta exclusiva para transporte público, obras de drenagem, recuperação de vias centrais e marginais e implantação de novas vias marginais. Foram previstas trincheiras em cruzamentos críticos, 32 estações para atender as linhas de transporte, ciclovias, além dos elementos paisagísticos.

Os polos previstos no Setor Especial da BR-116 na Lei 9.800/2000 tiveram regulamentações específicas e correspondem a áreas de ocupação e paisagem diferenciadas de alta e média densidade, onde se previu ocupações de usos mistos, verticalização e adensamento.

Em 2004, a adequação do Plano Diretor de Curitiba ao Estatuto da Cidade incorporou a faixa da BR-116 como um dos eixos estruturais da cidade. Ela passou também a ser indicada como uma das áreas preferenciais para futuras Operações Urbanas Consorciadas, transformando a Rodovia em um grande eixo de estruturação metropolitana (PMC, 2019).

A Operação Urbana Consorciada Linha Verde foi regulamentada pela Lei Municipal nº 13.909/2011 em conjunto com a redação dada pela Lei Municipal nº 14.773/2015 e regulamentada pelo Decreto Municipal nº 1/2016 quanto aos parâmetros construtivos e aspectos urbanísticos a serem adotados, possibilitando que os proprietários dos imóveis atingidos pelo perímetro da Operação Urbana pudessem construir acima dos limites permitidos, mediante a aquisição de Certificados de Potencial Adicional de Construção – Cepac (PMC, 2019).

Cada Cepac representa uma área equivalente adicional denominada área Construída Adicional – ACA, sendo possível adquirir quantos Cepacs forem necessários, conforme a ACA. Logo, os valores arrecadados, com a aquisição dos Cepac, financiam projetos de infraestrutura exclusivamente no perímetro da área, visando a melhoria urbanística, ambiental e social (PMC, 2019).

No entanto, ao se considerar os aspectos de qualidade de vida relacionados à verticalização, segundo Danni-Oliveira (1999), é importante considerar que as edificações tomam a forma de uma cortina de concreto, que possuem a capacidade de modificar a rugosidade da superfície local, canalizar os ventos e atuar como uma barreira na circulação do ar. Além de outros estudos da própria autora apresentarem

dados em que os pavimentos modificam as trocas energéticas e favorecem alterações no clima urbano (DANNI-OLIVEIRA⁸, 1987 *apud* DANNI-OLIVEIRA, 1999).

2.4 MODIFICAÇÕES DO CLIMA URBANO DECORRENTES DA URBANIZAÇÃO E ADENSAMENTO

O crescimento da população das cidades aumenta a demanda de consumo de energia, água e outros insumos, o que acarreta diversos problemas socioambientais, sendo um deles as alterações na dinâmica do clima local (SILVA, FERREIRA, SANTOS, 2015). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o último censo realizado mostrou que a população urbana brasileira vivendo em áreas urbanas atingiu mais de 80%, com algumas grandes cidades alcançando mais de 90%. Assim, as consequências ambientais e sociais relacionadas a essa situação tendem a se agravarem.

Em diversas cidades do Brasil e do mundo, o processo de urbanização está cada vez mais acelerado e como consequência várias modificações acontecem no meio urbano em decorrência do adensamento populacional, sendo a alteração do clima urbano uma delas.

Os dados apresentados no QUADRO 5 mostram os elementos e variáveis encontrados no ambiente urbano capazes de influenciar o microclima e o conforto térmico. Sendo que, “a forma e a orientação do traçado urbano, a edificação (e sua forma de implantação no lote) e a vegetação são (...) os mais significativos elementos de análise do entorno construído para o projeto bioclimático.” (VASCONCELLOS, 2006, p. 55).

QUADRO 5 – ELEMENTOS E VARIÁVEIS ENCONTRADOS NO AMBIENTE URBANO QUE PODEM INTERFERIR NO MICROCLIMA E CONFORTO TÉRMICO

Elementos do Entorno (área de estudo)		
Elementos Naturais	Elementos Construídos	Características do Espaço Construído

⁸ DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Aspectos temporoespaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982**. Contribuição ao estudo do clima urbano. São Paulo, 1987. 131f. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, 1987.

radiação solar; solo; topografia; hidrografia; vegetação; orientação solar; ventos; nebulosidade.	edificação; lote e quarteirão; traçado urbano; circulação; praça; pavimento; mobiliário; arborização; cor.	gabarito (em altura); densidade habitacional; uso do solo; tamanho das vias; fator de visão do céu; distância em relação ao mar.
--	--	---

FONTE: Vasconcellos (2006 *apud* XIMENES, 2014, p. 106).

É possível afirmar que uma edificação pode alterar as condições do entorno, visto que as interações entre construções são complexas, pois da mesma forma que as condições climáticas externas influenciam no interior de cada edificação, as construções propiciam mudanças do microclima ao redor (ROSSI, 2012).

Cada espaço urbano tem características climáticas específicas. Para buscar melhores práticas de planejamento é necessário análises individuais que visem a melhores condições de saúde e conforto térmico local. Dessa forma, é relevante que projetos de edifícios, praças, ruas, mobiliário e arborização urbana propiciem aos habitantes condições favoráveis de conforto local (XIMENES, 2014).

De acordo com o professor e arquiteto israelense Baruch Givon⁹ (1989 *apud* DUARTE, 2000), os efeitos do desenho urbano em variáveis climáticas eram estudados de forma experimental ou simulação matemática, podendo serem estudados também de forma analítica, em laboratórios, simulação computacional e cálculos numéricos. Segundo Spirn (1995) as características do clima urbano são bem conhecidas, tanto quanto as causas e os efeitos, porém esse entendimento não é aplicado com frequência. Para a autora, a poluição do ar, sensação de desconforto e o consumo energético são tratados isoladamente quando deveriam ser relacionados com o todo.

Vasconcellos (2006) reforça que é possível diferenciar zonas climáticas agrupando regiões geográficas, baseadas nos conjuntos de semelhanças climáticas. Olgay¹⁰ (2010 *apud* XIMENES, 2014) propôs quatro regiões climáticas: (1) fria; (2) temperada; (3) quente seca; (4) quente úmida, com o propósito de elaborar recomendações e projetos de intervenção urbana. O QUADRO 6 mostra os elementos

⁹ GIVONI, B. *Urban Design in Different Climates*. Geneva: **WMO Technical Document** n.346, 1989.

¹⁰ OLGAY, V. **Arquitectura y clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 2010.

a serem controlados para promover conforto térmico em cada região climática proposta por Olgay.

Uma das formas de controle (QUADRO 6), corresponde à radiação solar que, segundo Vasconcellos (2006), é fundamental para se alcançar o conforto térmico e se planejar espaços urbanos. Os efeitos da radiação solar podem ser sentidos nas edificações e nas ruas, sem esquecer que a intensidade desses efeitos é variável e são alterados pela morfologia urbana (VASCONCELLOS, 2006).

QUADRO 6 – ELEMENTOS A SEREM CONTROLADOS PARA PROMOVER CONFORTO TÉRMICO EM CADA REGIÃO CLIMÁTICA PROPOSTA POR OLGAY

Tipos de Clima	Controles a Serem Feitos	Técnicas para o Controle
Frio	<p>Aumentar a absorção da radiação;</p> <p>Promover a radiação direta em períodos frios;</p> <p>Evitar a reflexão da radiação solar.</p>	<p>Uso de vegetação apropriada para o clima (que permita a passagem de radiação solar para o interior das habitações nos períodos frios);</p> <p>Edificações agrupadas mantendo um espaço entre si para permitir a radiação solar (ordenação urbana proporcionando proteção contra os ventos para evitar a perda do calor adquirido da radiação solar);</p> <p>Uso de materiais pouco reflexivos;</p> <p>Uso de fachada irregular;</p> <p>Uso de coberturas que não sejam planas nas edificações vizinhas (para diminuir os efeitos da reflexão da radiação).</p>
Quente e seco	<p>Evitar a radiação solar direta;</p> <p>Evitar o aumento de calor;</p> <p>Promover a umidificação local.</p>	<p>Promover a ventilação dos espaços construídos, especialmente à noite (ajuda na dissipação do calor acumulado);</p> <p>Uso de barreiras contra a radiação solar (telhados extensos, vegetação etc.);</p> <p>Edificações compactas, com poucas aberturas e paredes espessas;</p> <p>Uso de pátios internos com espelhos d'água nas edificações para umidificar o ambiente.</p>
Quente e úmido	<p>Evitar a radiação solar direta;</p> <p>Promover a perda de calor.</p>	<p>Promover a ventilação dos espaços construídos, especialmente à noite (ajuda na dissipação do calor acumulado);</p> <p>Uso de barreiras contra a radiação solar (telhados extensos, vegetação etc.);</p> <p>Edificação com ventilação cruzada;</p> <p>Uso de vegetação para criação de áreas sombreadas e para promover a evaporação.</p>

Temperado	Evitar a perda rápida de calor acumulado durante o dia e à noite.	Uso de elementos como varandas, na edificação (à noite, criam barreiras contra o rápido esfriamento), permitindo a entrada de luz solar no inverno e impedindo no verão.
------------------	---	--

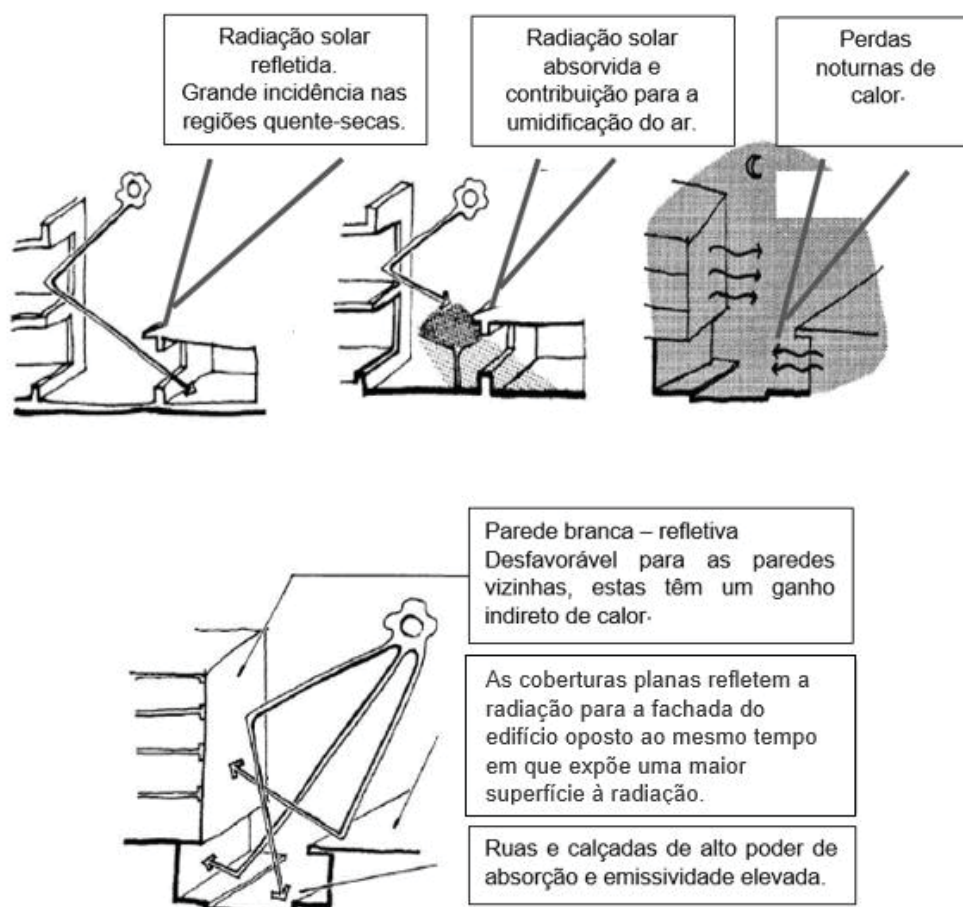
FONTE: Ximenes (2014, p.107).

A radiação solar pode afetar um ambiente tanto de forma direta quanto indireta – reflexão ou absorção pelo solo, piso, parede e outros elementos. Durante o dia, parte da radiação é absorvida e outra parte refletida pelos elementos que compõem o espaço. À noite, quando não há radiação, os elementos urbanos passam a liberar o calor acumulado. Esse efeito de absorção, reflexão e perda de calor pode ser observado na FIGURA 5.

É importante destacar que a radiação solar absorvida aquece as diferentes superfícies que compõem o meio urbano, dessa forma há o aquecimento da temperatura do ar ao redor (VASCONCELLOS, 2006; ROMERO¹¹, 2000 *apud* XIMENES 2014). O aquecimento do dossel urbano em relação à área circundante é um exemplo da ilha de calor, sendo um dos modelos mais claro da modificação climática local, conforme FIGURA 6 (OKE, 1987). Segundo Oke (1987), não tem como dimensionar o tamanho do efeito, pois ele varia no tempo e no espaço, além de ser resultado de outras características climáticas locais.

¹¹ ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos do desenho urbano**. CopyMarket.com, 2000.

FIGURA 5 – EFEITOS DE ABSORÇÃO, REFLEXÃO E PERDA DE CALOR QUE OCORREM NO MEIO URBANO



FONTE: Adaptado de Romero (2000 *apud* XIMENES, 2014).

A geometria urbana e as propriedades térmicas das superfícies que compõem a urbe possuem uma influência maior na configuração da ilha de calor urbana do que o vento ou a densidade populacional (OKE, 1981¹²; 1982¹³ *apud* DUARTE, 2000). Seguindo os estudos, o autor relacionava a intensidade da ilha de calor com o fator de céu visível (FCV) ou com a relação de altura das edificações com as larguras das vias (H/W) (OKE, 1981¹²; 1982¹³ *apud* DUARTE, 2000). Segundo Oke¹⁴ (1978 *apud* ROSSI, 2012) se a razão H/W for diferente de 1, a radiação penetrará nos cânions de forma diferente e a perda de calor será prejudicada. Além de que alguns materiais

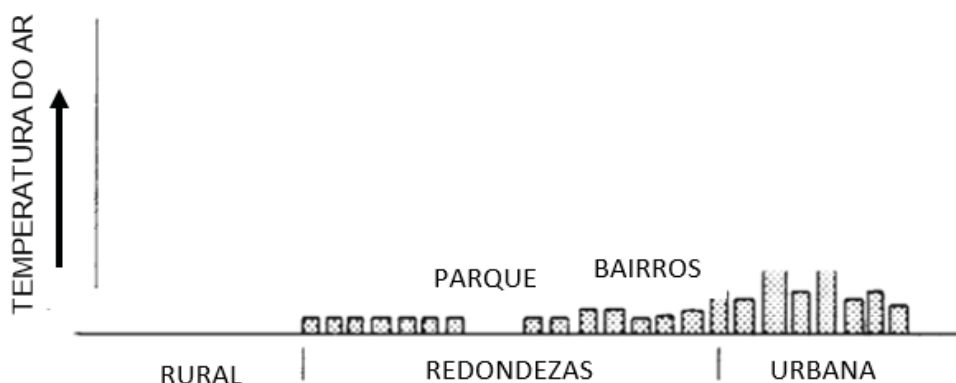
¹² OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v. 1, p. 237-253, 1981.

¹³ OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society**, v. 108, n. 455, p. 1-24, jan. 1982.

¹⁴ OKE, T. R. Boundary layer climates. London: **Mathuen e Co.**, 1978.

construtivos das edificações alteram o albedo e a capacidade de conter o calor (ROSSI, 2012).

FIGURA 6 – AQUECIMENTO DO DOSSEL URBANO EM RELAÇÃO À ÁREA CIRCUNDANTE



FONTE: Adaptado de Oke (1976 *apud* OKE, 1987).

Em locais que são medianamente adensados, parte da radiação é refletida pelas edificações e pelo solo, sendo ocasionalmente absorvida pelas superfícies do entorno. De acordo com GIVONI¹⁶ (1998 *apud* ROSSI, 2012), as ilhas de calor noturnas com intensidade de 3 °C a 5 °C e as diurnas com intensidade de 1 °C a 2 °C são frequentemente observadas, citando também alguns outros fatores que afetam a temperatura do ar, sobretudo no nível do solo.

À medida que a infraestrutura urbana favorece o aumento da densidade, quanto mais altos os edifícios e menor a distância entre eles, menos radiação solar atinge as vias e algumas áreas da edificação, pontos que podem ser contrabalanceados com a maior exposição de áreas de drenagem com solo natural e ventilação da rua (GIVONI⁹ (1989 *apud* Duarte, 2000) lembra também que quanto maior e mais densa a área construída, menor e mais lenta é a taxa de resfriamento, sendo esse um dos principais fatores que levam à ilha de calor.

Com base na temática, é interessante salientar que o estudo do adensamento urbano é importante tanto para a qualidade de vida da população quanto para a sustentabilidade urbana. Contudo, o uso de tecnologias avançadas ainda não está totalmente à disposição dos planejadores urbanos brasileiros, o que não favorece pensar em uma cidade de alta qualidade climática. Dessa forma, quando se trata da modificação do meio urbano e como as edificações podem alterá-lo, é possível considerar a influência da verticalização das edificações no ambiente urbano,

sobretudo quanto à alteração da temperatura do ar e ao sombreamento. Condições essas que foram escolhidas para serem debatidas no próximo item da pesquisa.

2.5 INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS URBANOS NO SOMBREAMENTO DE ÁREAS ADENSADAS

O crescimento das cidades diante da automação de sistemas produtivos, ocorrido com a Revolução Industrial e o aumento populacional, provocou mudanças na malha urbana, além de acarretar o surgimento de ambientes insalubres (TAMURA, 2010). Para mitigar os efeitos da urbanização, novos padrões de ocupação do solo foram estudados e planejados (TAMURA, 2010).

Os edifícios decorrentes das transformações urbanas, resultantes principalmente da aplicação da estética modernista, apresentaram sérias dificuldades em relação ao acesso solar, pois quanto maior a altura de um edifício, maior é a sombra que projeta nos prédios ao seu redor (TAMURA, 2010). Assim, é necessário que o planejamento de edificações leve em conta a adequação ao clima e ao contexto local, da mesma maneira que deve ser verificado o impacto ambiental sobre a área de influência, tanto sobre os espaços externos quanto sobre as construções vizinhas (CAMPOS, 2014).

Por volta da década de 1980, estudos realizados acerca de estratégias para a incorporação do acesso solar foram realizados com base na necessidade de se preservar o acesso ao sol em espaços urbanos abertos, principalmente nas cidades subtropicais (TSUDA, 2019). Essas simulações buscavam indicar a quantidade de horas de sol incidente, que é favorável aos pedestres, além de procurar estabelecer alturas e coeficientes de aproveitamento das edificações que proporcionasse conforto térmico aos usuários dos espaços urbanos abertos (TSUDA, 2019).

Na pesquisa de Campos (2014), foi realizado um estudo na área que a autora considerou de maior probabilidade de verticalização: a Zona Central de Curitiba-PR. Para o experimento, foram feitos levantamentos de campo, simulações em períodos considerados essenciais para a análise da amostra de sombreamento. Como resultado, a autora identificou que os edifícios já construídos na área de análise projetam sombras nas edificações vizinhas e comprometem de forma relevante o desempenho térmico, lumínico e energético dessas construções (CAMPOS, 2014).

Com base na análise realizada, Campos (2014) sugere que os órgãos responsáveis pela revisão do Plano Diretor analisem a possibilidade de rever a questão de altura livre em certos zoneamentos, com o critério de proporção do entorno construído. Segundo ela, é significativa a questão em que edifícios altos com um raio de grande influência atuam de forma negativa nas construções vizinhas.

Também na Zona Central da cidade de Curitiba-PR, o estudo de Juraszek (2016) foi analisar o sombreamento em planta de quadras, lotes e em fachadas selecionadas, procurando demonstrar o impacto da verticalização nas edificações. De acordo com Juraszek (2016), na Zona Central já havia o comprometimento de diversas quadras quanto ao acesso ao sol, havendo algumas áreas completamente sombreadas pela manhã, sendo que em planta 60% da área da quadra já se encontrava sombreada em todos os horários do dia. Nos cenários futuros e hipotéticos simulados em sua pesquisa, representados pelo adensamento máximo de acordo com a legislação vigente, as simulações demonstraram que a área sombreada em planta poderia ultrapassar 75% da quadra, podendo ser mitigada com base na consideração da questão do acesso ao sol no planejamento urbano da cidade (JURASZEK, 2016). Para esse estudo de caso, foram utilizados os *softwares* SketchUp e AutoCad.

Segundo Juraszek (2016), o objetivo foi alcançado, uma vez que ele contribuiu no entendimento das relações ambientais, principalmente quanto ao acesso solar, uma vez que foi relacionado à presença de diferenças térmicas intraurbanas, sendo uma variável importante para explicar o fenômeno de aquecimento diferenciado da malha analisada.

A pesquisa de Pinto (2019) teve como objetivo o desenvolvimento de um método de análise do impacto do sombreamento causado por edificações lindeiras a espaços públicos abertos, com a integração de dados, ferramentas livres de manipulação de dados geográficos e de simulação. O método desenvolvido pela autora foi validado realizando estimativas de sombreamento em diferentes áreas na cidade de Curitiba-PR nas datas de solstícios e equinócio de primavera.

Pinto (2019) apresentou suas análises resultantes por meio de mapas de visualização e dados quantitativos, além de comprovar que o método é aplicável e confiável na análise do sombreamento em locais públicos, principalmente quanto às primeiras etapas do planejamento urbano e em estudos de parâmetros limítrofes de altura das edificações ao redor de locais públicos.

Já em cidades que se encontram em zonas tropicais, o excesso de radiação solar evidenciou a necessidade do desenvolvimento de um modelo oposto ao do envelope solar. O envelope de sombreamento utiliza as alturas e volumes das edificações para calcular o sombreamento das áreas urbanas públicas, além de utilizar bases de estudos de insolação (EMMANUEL, 1993). Uma vez que o aproveitamento de energia solar pode ser potencialmente elevado, sabe-se que em área de clima tropical, os recursos utilizados em regiões subtropicais poderiam influenciar na construção da forma urbana, aumentando a carga térmica recebida pelo ambiente (BIRCK, 2017).

Barbosa (2018) analisou os parâmetros urbanísticos, principalmente a verticalização dos edifícios e como eles influenciam na sensação térmica urbana na cidade de Maringá-PR. A autora demonstrou em sua pesquisa que para regiões de clima tropical, principalmente subtropical úmido, a verticalização delimitada por princípios bioclimáticos e adequados parâmetros de parcelamento e de uso e ocupação do solo pode ser utilizada para a mitigação da sensação térmica. Nas simulações realizadas, os altos gabaritos das edificações contribuíram para diminuir os centros de calor. O uso da vegetação, além da verticalização, também mostrou contribuição significativa na atenuação da sensação térmica, calculado com base nos índices de qualidade de vida PMV¹⁵ e PPD¹⁶, o que favorece a implantação de parques e praças (BARBOSA, 2018).

A pesquisa apresenta uma avaliação comparativa da qualidade de vida e do ambiente em dois loteamentos da cidade. Barbosa (2018) procurou identificar a viabilidade da aplicação da verticalização, avaliando os impactos positivos e negativos por meio da simulação pelo *software* ENVI-MET dos parâmetros: altura da edificação, orientação solar, alinhamento e recuos, taxa de permeabilidade, gramíneas, vegetação arbórea e áreas verdes.

Barbosa (2018) destacou também a dificuldade de obtenção de dados da cidade para alimentar o programa de simulação. Dessa forma, a autora deixa claro a importância do incentivo à realização de pesquisas que produzam bancos de dados

¹⁵ *Predicted Mean Vote* – Índice de conforto térmico que considera as variáveis ambientais, atividades e vestimentas do indivíduo. Esse método foi desenvolvido por Fagner e adaptado à Norma ISO 7730 (BARBOSA; 2018). O índice prevê o valor médio das taxas de desconforto fornecidas por pessoas em condições de atividade e vestimentas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

¹⁶ *Predicted Percentage of Dissatisfied* – Proposto na Norma ISO 7730, quantifica a porcentagem prevista de pessoas insatisfeitas com um ambiente térmico dado (BARBOSA; 2018).

relacionados a diversas localidades, principalmente referentes à vegetação, já que possui grande influência na mitigação térmica urbana. Além da alimentação dos dados, a autora salienta a importância dos *softwares* de simulação na atividade prática do planejamento urbano, visto que, com base na ferramenta é possível uma visualização prévia das consequências de cada decisão.

No estudo de Nogueira *et al.* (2018), foram analisados os impactos da verticalização no microclima urbano em um bairro residencial de Maceió-AL, também zona tropical. Um estudo de caso que fez a comparação de três cenários, o qual simulou a temperatura e a velocidade do vento, utilizando a ferramenta computacional ENVI-MET 4.2. O primeiro cenário produzido representa o padrão atual de ocupação e implantação dos edifícios, já os dois cenários futuros foram produzidos baseados no novo padrão de uso permitido pela legislação, sendo um dos cenários com edificações com 10 pavimentos e o outro com 20 pavimentos (NOGUEIRA *et al.*, 2018).

Nogueira *et al.* (2018) concluíram que as edificações mais altas, com menores taxas de ocupação e com os maiores afastamentos são preferíveis, pois aumenta a porosidade da malha urbana e melhora a circulação de vento, sendo as edificações de 20 pavimentos as que apresentaram o melhor resultado para a região.

Os resultados obtidos na pesquisa de Muniz-Gäal *et al.* (2018) demonstraram que a maior relação entre a altura e a largura dos cânions ($H/W > 1,0$) apresentam temperatura do ar mais baixa que cenários mais abertos ($H/W = 0,4$). Segundo os autores, o aumento da relação H/W (maior que 1) amplia o sombreamento do cânion urbano, e naqueles que possuem orientação paralela à direção dos ventos predominantes têm o aumento do resfriamento das superfícies pelo aumento da sua velocidade, influenciando diretamente no conforto térmico do pedestre (MUNIZ-GÄAL *et al.*, 2018).

Muniz-Gäal *et al.* (2018) analisaram como as leis de uso e ocupação do solo podem interferir no microclima e no conforto térmico do pedestre em um cânion urbano. O estudo de caso foi realizado em Campinas-SP e foram efetuadas simulações com o *software* ENVI-MET 4.0. Na pesquisa, foram propostos 48 cenários combinados com base na variação dos parâmetros urbanísticos, como a taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento e orientação do cânion comparados ao conforto térmico proporcionado em cada cenário por meio do índice *Physiological Equivalent Temperature* (PET).

Para Pacifici e Marins (2017), o sombreamento causado por construções é responsável por criar microdiferenças climáticas no espaço urbano. Em vista dessas alterações urbanas, a pesquisa analisou as condições de acesso solar em vias urbanas em um bairro da cidade de São Paulo, além de simular cenários futuros de adensamento e seus impactos no sombreamento urbano e temperatura. A pesquisa foi realizada em etapas, em que foi analisado o acesso e simulação solar com base no Grashopper em Rhinoceros em quatro datas importantes, equinócios de primavera e outono e solstício de verão e inverno; coleta climática de campo para medir temperatura e o fator de visão do céu; comparação dos dados coletados com os da estação climática mais próxima; correlação dos dados climáticos com o sombreamento local e a criação de cenários alternativos de adensamento.

Nas pesquisas apresentadas, as questões principais relacionavam a influência da verticalização das edificações no ambiente urbano, sobretudo quanto à alteração da temperatura do ar e do sombreamento. Ficou evidente também que o poder público, diante da elaboração da legislação, necessita dar uma atenção maior a esse assunto, visto que os parâmetros urbanísticos influenciam na qualidade de vida dos usuários das cidades, além de ponderarem os efeitos de cada estratégia, procurando soluções que possam mitigar efeitos indesejados.

A aplicação das análises de insolação e disponibilidade, usos da energia solar podem favorecer novas diretrizes para o parcelamento urbano, além de estabelecerem gabaritos de construções no nível das quadras e lotes (ASSIS *et al.*, 2007a). No entanto, segundo Assis *et al.*, (2007a), no Brasil ainda ocorre um distanciamento considerável entre as questões da bioclimatologia urbana e edificações, principalmente com relação às leis municipais, aos planos de urbanização e códigos de obra. Embora haja iniciativas de implementação de legislações voltadas ao acesso solar, que foram motivadas pela necessidade de racionalização do consumo de energia elétrica, como o exemplo de Porto Alegre-RS (PMPA, 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo desta pesquisa é avaliar o impacto do adensamento e verticalização propostos pela Lei Municipal 15.511/2019 no sombreamento de fachadas de edifícios em lotes no Setor Especial da Linha Verde de Curitiba-PR. Para tal, foram escolhidos lotes e realizadas simulações de ocupação considerando os parâmetros construtivos estabelecidos pela legislação local.

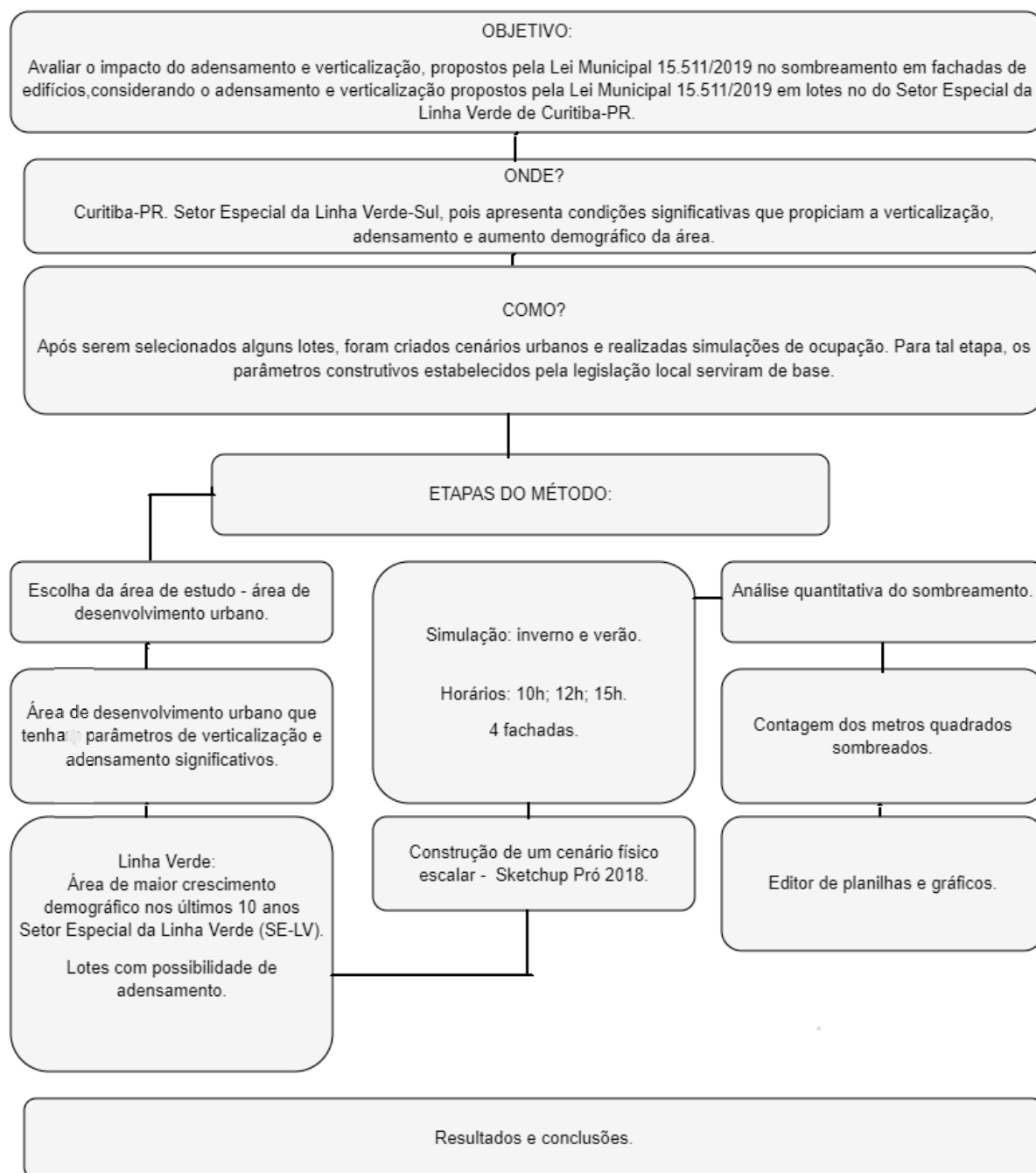
O trabalho, baseado no conceito de estruturação sugerido por Oke¹⁷ (1984 *apud* DUARTE, 2000), utiliza em um primeiro momento o método empírico fundamentado em condições reais, limitando-se a base de dados disponibilizados, seguido da utilização de um modelo físico escalar para avaliação do sombreamento.

É importante salientar que o recorte urbano representado neste trabalho não se refere a área total do Setor Especial da Linha Verde, uma vez que a lei utilizada prevê os mesmos parâmetros legais e construtivos para todo o zoneamento e tipologia adotada para a simulação.

A FIGURA 7 apresenta resumidamente o fluxograma com as etapas da pesquisa. Os questionamentos “onde” e “como” foram as bases para a ordenação das etapas do método e organização no desenvolvimento do trabalho.

¹⁷ OKE, T. R. Towards a prescription for the greater use of climatic principles in settlement planning. **Energy and Buildings**, Netherlands, n. 7, p. 1-10,1984.

FIGURA 7 – SEQUÊNCIA LÓGICA DO TRABALHO



FONTE: A autora (2022).

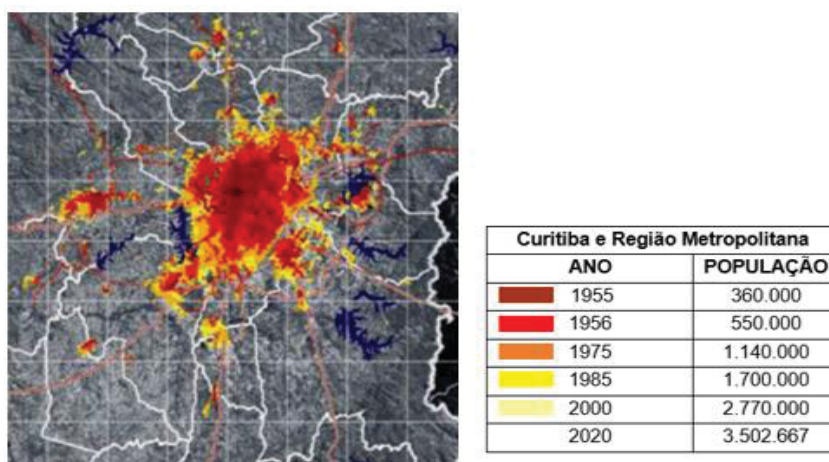
3.1 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Nesta seção, são apresentados elementos que caracterizam a cidade de Curitiba-PR quanto à localização territorial, aos dados climáticos e à caracterização da Linha Verde.

Curitiba está localizada no sul do país, é capital do estado do Paraná e conta com uma população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1.963.726 pessoas para o ano de 2021 (IBGE, 2022). Sua área territorial é de aproximadamente 434,863 km², 0,32% da área do estado (IBGE, 2010).

De acordo com o Iparde (2020), a maior parte da população de Curitiba reside na área urbana. A cidade conta com oito municípios limítrofes, e de acordo com Schmitz (2014), o processo de expansão do município está tão intensificado a ponto de formar conurbação, na qual a mancha contínua inclui diversas cidades da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), como Almirante Tamandaré, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Fazenda Rio Grande, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais e Quatro Barras. A FIGURA 8 apresenta a evolução estimada do crescimento da mancha urbana desde o ano de 1955 até a previsão para o ano de 2020.

FIGURA 8 – EVOLUÇÃO MANCHA URBANA RMC 1955 A 2020



FONTE: Autora (2022) Adaptado de IPPUC (2012) *apud* Schmitz (2012).

As características climáticas da cidade são condicionadas por fatores estáticos e dinâmicos e suas interações influenciam diretamente no tipo climático de cada local. Os estáticos estão relacionados com a latitude, altitude, proximidade do oceano e são responsáveis pela fração de energia solar que chega ao local. Já os fatores dinâmicos são as massas de ar e frentes, sendo responsáveis pelo ritmo da sucessão habitual dos estados atmosféricos (DANNI-OLIVEIRA, 1999).

Curitiba encontra-se ao sul do Trópico de Capricórnio e está localizada a leste do estado, latitude 25° 25' Sul e longitude 49° 11' Oeste, a 934 m de altitude no Primeiro Planalto Paranaense.

O clima da cidade é classificado como subtropical úmido com inverno frio, regido principalmente por massas de ar tropical (Atlântica e Continental) e polares (Atlânticas); o verão apresenta-se ameno e observa a atividade da Massa Equatorial Continental (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007).

As propriedades mais relevantes quanto ao clima são a distribuição pluviométrica regular durante o ano, em conjunto com temperaturas baixas durante inverno, sendo os meses de junho e julho os mais frios (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007). As chuvas mais intensas ocorrem de dezembro a maio e a estação menos chuvosa é o inverno. A altitude de Curitiba favorece ainda mais a redução de temperaturas, sendo conhecida como a capital mais fria do país (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, a cidade apresenta o clima tipo CFB, predominantemente tropical temperado. Curitiba apresenta clima úmido, temperado e sem estação seca definida; incidência pluviométrica maior no verão, podendo haver inversão dessa sazonalidade; velocidade do vento moderada, direção dominante Norte-Leste; a evapotranspiração apresenta 71% da precipitação e 82% quando a superfície é líquida; é comum a ocorrência de geadas no inverno (FILL, SUGAI e HILU¹⁸, 1999 *apud* ROSSI, 2004).

As características climáticas também são influenciadas pela sua urbanização e pode ser observada no comportamento espacial da temperatura. Em áreas verdes, com baixa densidade de edificações e pessoas, a temperatura do ar tende a ser mais baixa do que nas áreas que possuem uma circulação maior de veículos e pessoas, além de edificações e asfaltamento (ROSSI, 2004).

3.1.1 Escolha do local de estudo

Com o objetivo de avaliar o impacto do adensamento e verticalização no sombreamento de fachadas de edifícios, considerando a Lei Municipal 15.511/2019, foi realizada a análise de uma região lindeira à via, bem como os zoneamentos que a compreende. Para o desenvolvimento dos cenários de ocupação, foi necessário consultar informações locais disponíveis e atualizadas, entre elas, os dados

¹⁸ FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; HILU, A. Caracterização climatológica da região metropolitana de Curitiba. **Engenharia e Construção**, Curitiba, n. 28, p. 17-21, jan. 1999.

georreferenciados disponibilizados pelo IPPUC, Google Earth e Maps, além do estudo da geometria das edificações, implantação, altura e afastamentos.

Dentre os zoneamentos existentes no seguimento da Linha Verde, as zonas Polo da Linha Verde (Polo-LV) e o Setor Especial da Linha Verde (SE-LV) apresentam as maiores probabilidades de adensamento e verticalização. Isso ocorre pelo fato da Lei de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo apresentar para as zonas em questão incentivos para a aquisição de potencial construtivo. Esses estímulos legais chegam até a possibilitar altura livre e densidade HAB/HA livre para os conjuntos habitacionais de habitação coletiva. A TABELA 1 apresenta os parâmetros construtivos gerais e adicionais das referidas zonas para a tipologia citada.

TABELA 1 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS GERAIS E COM POTENCIAL ADICIONAL DO POLO-LV E SE-LV PARA USO DE HABITAÇÃO COLETIVA

	Parâmetros Construtivos	Polo da Linha Verde Polo-LV	Setor Especial da Linha Verde SE-LV
GERAIS	Taxa de ocupação (%)	Embasam.: 76% Torre: 50%	50%
	Recuo frontal (M)	5	5
	Afastamento das divisas (m)	Embasamento ou até 2º pavimento: facultado. Acima de 2 pavim.: h/6 atendido o mínimo de 2,5 m	Até 2 pavimentos: facultado. Acima de 2 pavim.: h/6 atendido o mínimo de 2,5 m
	Lote mínimo (TESTADA (m) x ÁREA (m²))	20 x 1000	
COM POTENCIAL ADICIONAL	Coefficiente de aproveitamento do lote	4	
	Altura (nº de pavim.)	Livre	
	Densidade para conj. habitacionais de hab. Col. (hab/ha)	Livre	

FONTE: A autora (2022), baseada na Lei Municipal 15.511/2019, Curitiba-PR.

Com relação aos parâmetros construtivos, os zoneamentos referenciados na TABELA 1 apresentam o mesmo coeficiente de aproveitamento, 4, recuo frontal de 5 m, afastamento das divisas facultado até o 2º pavimento e h/6 para os demais pavimentos, respeitando o mínimo de 2,5. Nos dois casos, o lote mínimo é de 1000 m², com testada mínima de 20 m. A única diferença é em relação à taxa de ocupação, que no Polo-LV permite um embasamento de 75% e torre de 50% e no SE-LV está limitado à 50%.

Seguindo a análise, a próxima etapa foi mapear as áreas contidas no Polo-LV e SE-LV e a locação dos lotes pertencentes às zonas. Os dados geográficos em *shapefile* arruamento/quadras; curvas de nível; lotes; zoneamento foram baixados da página *on-line* do IPPUC (IPPUC, 2021), compilados e organizados em um programa livre de multiplataforma de sistema de informação geográfica – QGIS, a fim de identificar na totalidade da Linha Verde os zoneamentos relevantes para o estudo. Dessa forma, com base na FIGURA 9, foi possível observar que as zonas em questão estão dispostas de maneira intercaladas e que abrangem todos os setores que competem à via, setores sul, central e norte.

FIGURA 9 – LOTES PERTENCENTES AO POLO-LV E AO SE-LV



FONTE: A autora (2022), baseada nos dados do IPUCC, 2021.

Para cada zona selecionada (Polo-LV e SE-LV), foi quantificado e apresentado na TABELA 2 o número total de lotes, com áreas maiores de 1000 m², conforme lote mínimo da legislação vigente, e os conjuntos de habitação coletiva. As quantidades apresentadas no quadro derivam da manipulação de dados oficiais georreferenciados no QGIS, disponibilizados pelo IPPUC.

TABELA 2 – CONJUNTOS HABITACIONAIS DE HABITAÇÃO COLETIVA NO POLO-LV E SE-LV

Zoneamento		Lotes	Lotes > = que o lote mínimo	Total de conjuntos habitacionais de hab. Col.	
Polo da Linha Verde Polo-LV	SETOR	SUL	594	106	3
		CENTRAL	727	130	0
		NORTE	618	66	1
Setor Especial da Linha Verde SE-LV	SETOR	SUL	671	161	6
		CENTRAL	323	31	0
		NORTE	518	91	2

FONTE: A autora (2022).

O levantamento mostra que a maior quantidade de conjuntos habitacionais de habitação coletiva está no setor sul da Linha Verde (TABELA 2), com um total de nove, sendo seis no SE-LV e três no Polo-LV. No setor norte (TABELA 2), há três conjuntos habitacionais de habitação coletiva, sendo duas no SE-LV e uma no Polo-LV. Na porção central da Linha Verde não há conjuntos de habitação coletiva nos zoneamentos discutidos.

Verifica-se que, apesar dos setores norte, central e sul apresentarem parâmetros urbanísticos semelhantes e condições urbanas condizentes para comportarem, os novos conjuntos habitacionais de habitação coletiva são encontrados somente nos setores norte e sul.

Em seu trabalho, Gadens (2018) afirma que o setor sul possui a maior consolidação do processo de transformação, o que permite melhores condições de avaliação dos resultados morfológicos resultantes da implementação da OUC Linha Verde. Por mais que o objetivo de Gadens (2018) fosse a avaliação do instrumento OUC, os seus resultados apresentaram aspectos importantes quanto à consolidação da ocupação no setor sul da OUC Linha Verde, uma vez que foi demonstrado uma tendência expressiva na alteração do uso, principalmente quanto ao uso residencial.

A pesquisa de Gadens (2018) verificou que entre 2011 e 2016 o uso residencial passou de equivalentes 45% do número total de lotes para 70% e no

período analisado, as áreas que adotaram usos residenciais foram caracterizadas em grande maioria por lotes, onde foram implantados condomínios formados por conjuntos de blocos com oito ou mais pavimentos, o que indica a tendência de um maior adensamento local (GADENS, 2018).

Dessa forma, optou-se por criar um cenário urbano no Setor Especial da Linha Verde-Sul, pois apresenta condições significativas que propiciam a verticalização, adensamento e aumento demográfico da área. A escolha foi fundamentada em análises dos parâmetros construtivos, reconhecimento das edificações de habitações coletivas presentes, organização dos dados georreferenciados e na presença de um processo significativo de crescimento urbano.

3.2 MODELAGEM DA ÁREA DE ESTUDO

Para a simulação da ocupação dos lotes no Setor Especial da Linha Verde-Sul, foi escolhido o conjunto habitacional de habitação coletiva Linea Verde (FIGURA 10). Ele foi utilizado como referência de porte e tipologia construtivas, área das unidades habitacionais e de modelo de ocupação para estacionamento.

FIGURA 10 – CONDOMÍNIO RESIDENCIAL LINEA VERDE



FONTE: www.googlemaps.com.

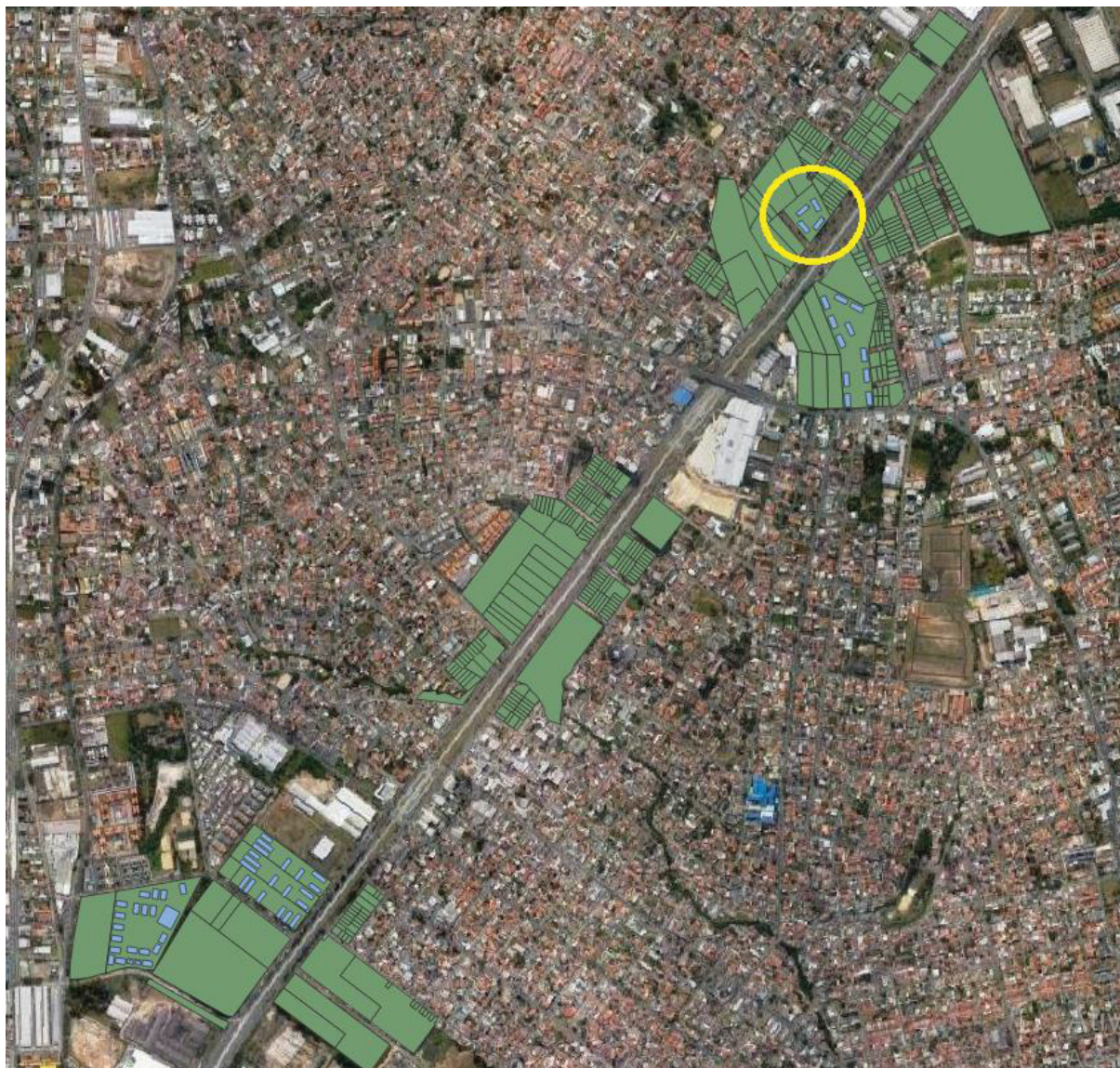
O Linea Verde Condomínio, concluído em 2014, fica localizado na BR-116, nº 15480, Bairro Fanny, em um lote de 12070,15 m². Apresenta quatro torres com onze

pavimentos, sendo que cada um deles conta com oito apartamentos por andar de 55 e 62 m², totalizando 344 moradias. Além das torres destinadas à moradia, ainda há um edifício-garagem com três pavimentos.

A seleção do conjunto habitacional foi feita com base na análise dos dados geográficos disponibilizados no Sistema de Referência de Coordenadas Planas SIRGAS 2000/UTM ZONE 22S pelo *site* do IPPUC. Os arquivos DWG de curvas de nível, planta cadastral e mapas de arruamento foram compatibilizados no programa AutoCad 2016 e uma vez sobrepostos foi possível identificar os lotes sujeitos ou não à construção, avaliar a localização georreferenciada, a declividade e as áreas de proteção ambiental.

Com a compatibilização e a identificação da área de implantação dos conjuntos habitacionais, foram identificados núcleos, sendo que um deles contém dois conjuntos habitacionais situados mais próximos à região central da Linha Verde, e outro núcleo no extremo sul da Linha Verde contém quatro conjuntos habitacionais. Todos com torres representadas em azul na FIGURA 11. Em hachura sólida verde, estão apresentados os lotes da Zona Especial – Setor Sul, onde os conjuntos estão implantados e circulado em amarelo o conjunto habitacional de habitação coletiva, escolhido para embasar o cenário desta pesquisa, Linea Verde Condomínio.

FIGURA 11 – NÚCLEOS DE INTERESSE DE CONJUNTOS HABITACIONAIS DE HABITAÇÃO COLETIVA



FONTE: A autora (2022).

Após a seleção do núcleo, foi realizado o estudo do condomínio para então embasar a construção dos cenários do trabalho. Os dados levantados e estimados do Condomínio Linea Verde foram obtidos através das imagens do Google Earth, da Consulta Informativa de Lote (PMC, 2022), IPPUC (2022) e por meio da ficha técnica do condomínio, disponibilizada pelo *site* da Construtora PDG.

Com o resultado do confronto das informações coletadas do Linea Verde Condomínio, foi possível desenvolver a TABELA 3. Entre os dados apresentados estão dimensões do lote, área total, taxa de ocupação (TO), coeficiente de aproveitamento (CA), área de cada pavimento, número de torres e uma estimativa de altura para cada torre.

TABELA 3 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS DO LINEA VERDE CONDOMÍNIO

legislação	Testada (m) x Área (m ²) min.	20 x 1000
	Taxa de ocupação	50%
	Coeficiente de aproveitamento	4
	Afastamento das divisas (m)	Até 2 pavimentos: facultado. Acima de 2 pavim.: h/6 atendido o mínimo de 2,5 m
	Altura (m)	Livre
área (m ²) do lote		12070,15
Condomínio Linea verde	Taxa de ocupação	48%
	Coeficiente de aproveitamento	2,3
	Afastamento das divisas (m)	5,5
	Núm. de torres	4
	Núm. de pavimentos residenciais por torre	11
	Núm. de pavimento do edifício-garagem	3
	Altura de cada torre (m)	36,5

FONTE: A autora (2022).

Observando os dados aéreos e a distribuição de lotes disponibilizados pelo IPPUC, na imediação do Linea Verde Condomínio havia mais lotes na mesma quadra com potencial de construção de acordo com a nova legislação. Assim, após a escolha da área para criar o cenário, foram realizadas simulações de ocupação fazendo uso dos parâmetros construtivos permitidos para a zona selecionada, sendo em um primeiro momento utilizado os recuos como limitação da forma, buscando a maior taxa de ocupação possível, e em um segundo momento utilizado para a ocupação, a maior altura viável.

3.2.1 Simulação de ocupação dos lotes

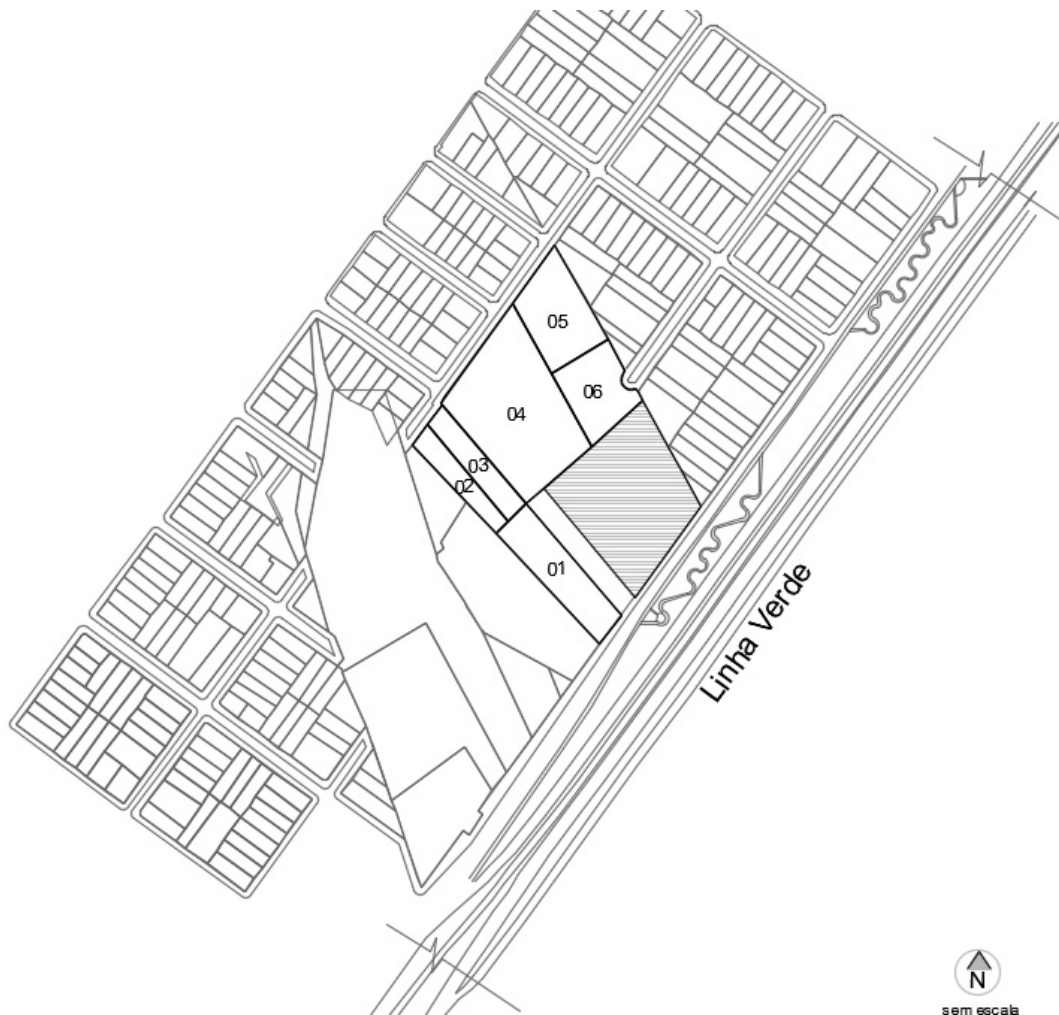
Quanto às simulações de ocupação dos lotes, foram realizadas de duas formas, ambas utilizando a possibilidade da compra de potencial construtivo.

- Simulação 1 (TO máxima): utilizou-se a taxa de ocupação e os dados de recuos como limitação da ocupação e;
- Simulação 2 (altura livre): utilizou-se a possibilidade da altura livre.

Ao total, foram feitas simulações de ocupação para seis terrenos próximos ao conjunto habitacional selecionado. A FIGURA 12 situa e mostra a disposição dos seis

terrenos utilizados para os planos de ocupação do cenário a ser construído e o terreno do conjunto habitacional existente (hachurado).

FIGURA 12 – TERRENOS SELECIONADOS PARA OS PLANOS DE OCUPAÇÃO DO CENÁRIO



FONTE: A autora (2022).

Quanto aos lotes selecionados, eles foram numerados e apresentam a metragem da área e testada mínima necessária para a ocupação de acordo com a Lei nº 15.511/2019 (QUADRO 7). Os dados apresentados foram coletados *on-line* no *site* da Prefeitura Municipal de Curitiba, com base na Consulta Informativa do Lote, a antiga *Guia Amarela*.

QUADRO 7 – DADOS DOS LOTES SELECIONADOS PARA PLANOS DE OCUPAÇÃO

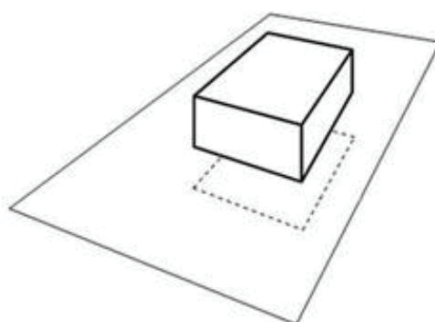
Lote	Indicação Fiscal	Testada (m)	Área do Terreno (m ²)
1	81644006	30,0	4347,00
2	81644017	21,4	2118,00
3	81644016	21,4	2228,00
4	81644020	104,2	11045,00
5	81644007	65,6	5000,00
6	81644021	23,9	3938,00

FONTE: A autora (2022).

Além das informações contidas no QUADRO 7, foi possível verificar os dados colhidos sobre os lotes, sendo eles: localização, enquadramento na Lei de Zoneamento, Usos Permitidos e Parâmetros Construtivos. A consulta foi possível a partir das indicações fiscais contidas nos arquivos em formato DWG disponibilizados pelo IPPUC.

Com base no conhecimento sobre a Linha Verde, as zonas que ela abrange e a área e os lotes escolhidos para o estudo, foi possível estruturar o plano de ocupação, sendo que o primeiro corresponde à tentativa de atingir o máximo da taxa de ocupação possível, lembrando que esse parâmetro apresenta similitude com a relação percentual entre projeção da edificação e área total do lote (FIGURA 13). O segundo plano procura atingir a maior altura possível diante da disposição dos lotes, sem exceder os demais parâmetros garantidos em lei.

FIGURA 13 – ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA PARA TAXA DE OCUPAÇÃO



FONTE: Saboya (2020).

Para realizar a simulação de ocupação, partiu-se das informações sobre taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, recuos e altura máxima do Setor Especial da Linha Verde-SE-LV, conforme apresentado na TABELA 1.

3.2.2 Modelagem do cenário

Para a modelagem dos cenários foram necessários estabelecer alguns pontos, entre eles: a altura dos pavimentos, o uso da topografia do terreno e a área de abrangência do estudo. Quanto ao meio utilizado para construção da volumetria, usou-se Sketchup 2018, programa amplamente utilizado na construção civil, uma vez que ele é útil para a elaboração de modelos tridimensionais georreferenciados, estudos espaciais e verificação de impacto de sombra, além de possibilitar importar bases vetoriais do AutoCad para que possa ser feita a modelagem em 3D.

As alturas totais de cada edificação foram determinadas com base na composição das ocupações. Na simulação 1 (TO máxima), a altura total corresponde à soma da altura de cada pavimento 3 m, mais a altura de 1,2 m de platibanda, de 3,5 m de barrilete e de cada pavimento garagem de 3,5 m. Para a simulação 2 (altura livre) a altura total corresponde às alturas de cada pavimento da edificação 3 m, mais 1,2 m da platibanda e 3,5 m do barrilete, uma vez que o espaço destinado para estacionamento está distribuído no terreno.

A topografia na área não foi considerada para o estudo do sombreamento, pois a declividade é pequena. Quanto à localização geográfica do projeto, o norte verdadeiro pôde ser confirmado utilizando o recurso de geolocalização do próprio Sketchup 2018 e do arquivo DWG georreferenciado.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DO SOMBREAMENTO

Para a determinação das sombras de cada edificação, foi utilizada a trajetória aparente do Sol no modelo 3D do Sketchup. As sombras projetadas foram para o solstício de inverno (21 de junho) e de verão (21 de dezembro), datas que permitiram avaliar o sombreamento nos dois extremos da exposição solar. Quanto aos horários escolhidos, as simulações ocorreram em três momentos de cada dia: às 10h, 12h e no meio da tarde, às 15h, uma vez que cenários que apresentam verticalização intensa produzem maior sombreamento no topo dos edifícios nos horários de 10h e 15h, além de produzir maior sombreamento nas fachadas das edificações vizinhas (FERNANDES DA SILVA, 2018).

Para que as simulações ocorressem, foram necessários configurar os dados geográficos e de iluminação. Primeiramente, foi acessado o campo sombras na

Bandeja Padrão do programa, logo após modificar o campo *Universal Time Coordinate* – Tempo Universal Coordenado (UCT), indicando -3h, fuso horário correspondente à área analisada. Foi realizada a mudança nos campos horário e data para valores anteriormente determinados. No campo de exibição, foi demarcado apenas o item em faces, uma vez que a quantificação das sombras foi realizada nas fachadas das edificações das simulações.

Para a mensuração do sombreamento nas fachadas, foram configurados os cenários das simulações, e para cada edifício foi contabilizada a sombra gerada nas demais edificações, com base nos desenhos de polígonos das sombras resultantes em cada um dos edifícios atingidos. Uma vez desenhados os polígonos, o próprio programa Sketchup tem informações quanto à área da forma desenhada.

Com base na coleta das informações da área do polígono, que representa o sombreamento nas fachadas dos edifícios e da área total da fachada, foi calculada a porcentagem da fachada atingida para cada orientação: sudeste, nordeste, sudoeste e noroeste.

3.3.1 Análise das sombras nas fachadas

As análises das sombras nas fachadas foram possíveis partindo-se do desenho de polígonos que representavam a projeção dos sombreamentos nas edificações. Para a visualização das sombras, por meio de polígonos, foi necessário, além da configuração de sombreamento, a construção dos cenários em camadas. Cada edificação foi desenhada em uma camada distinta, o que possibilita a ativação ou desativação da visualização das camadas (ou de cada edificação), assim como permitiu a visualização das sombras projetadas.

Com os cenários sendo compostos dessa forma, foi possível verificar as fachadas atingidas por sombras resultantes de outros edifícios, nos dias e horas definidos na Seção 3.3. Assim, foi possível verificar a abrangência da sombra em cada fachada analisada e identificar quais pavimentos foram mais atingidos pelo sombreamento.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A apresentação e discussão dos resultados foi dividida em duas partes, a primeira apresentando as possibilidades de ocupação dos lotes, de acordo com as duas simulações realizadas e apresentadas no capítulo de método; e a segunda apresentando os resultados do sombreamento das duas simulações.

4.1 SIMULAÇÕES DE OCUPAÇÃO DOS LOTES

Com o objetivo de avaliar o impacto do sombreamento em fachadas de edifícios, considerando o adensamento e verticalização propostos pela Lei Municipal 15.511/2019, em lotes no Setor Especial da Linha Verde de Curitiba-PR, foram realizadas duas simulações e para cada uma delas foram considerados aspectos distintos para o início do desenvolvimento das devidas perspectivas.

A seguir, serão mostrados os cenários tridimensionais, desenvolvidos para cada simulação e como as taxas de ocupação, coeficiente de aproveitamento e afastamentos de divisa se apresentam para cada lote.

- **SIMULAÇÃO 1:** utilizou-se a taxa de ocupação e os dados de recuos como limitação da ocupação com base na aquisição do potencial construtivo.

Os valores de cada um dos parâmetros construtivos estão apresentados no APÊNDICE A

A TABELA 4 apresenta o resultado decorrente da aplicação dos dados reais e dos obtidos no desenvolvimento do cenário para a realização da modelagem volumétrica dos edifícios. Para a área do estudo, a legislação urbana vigente permite, com a aquisição de potencial construtivo, taxa de ocupação de 50%, coeficiente de aproveitamento de 4, altura livre e afastamento de divisas h/6 para edificações com mais de 2 pavimentos, além da testada e área mínimas. Com a aplicação prática dos dados para o estudo de ocupação da simulação 1, foram obtidos e apresentados os parâmetros alcançados para cada lote, além dos números de pavimentos e torres atingidos dentro do objetivo do cenário, onde a limitação foi a taxa de ocupação e os recuos.

TABELA 4 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS PARA A SIMULAÇÃO 1

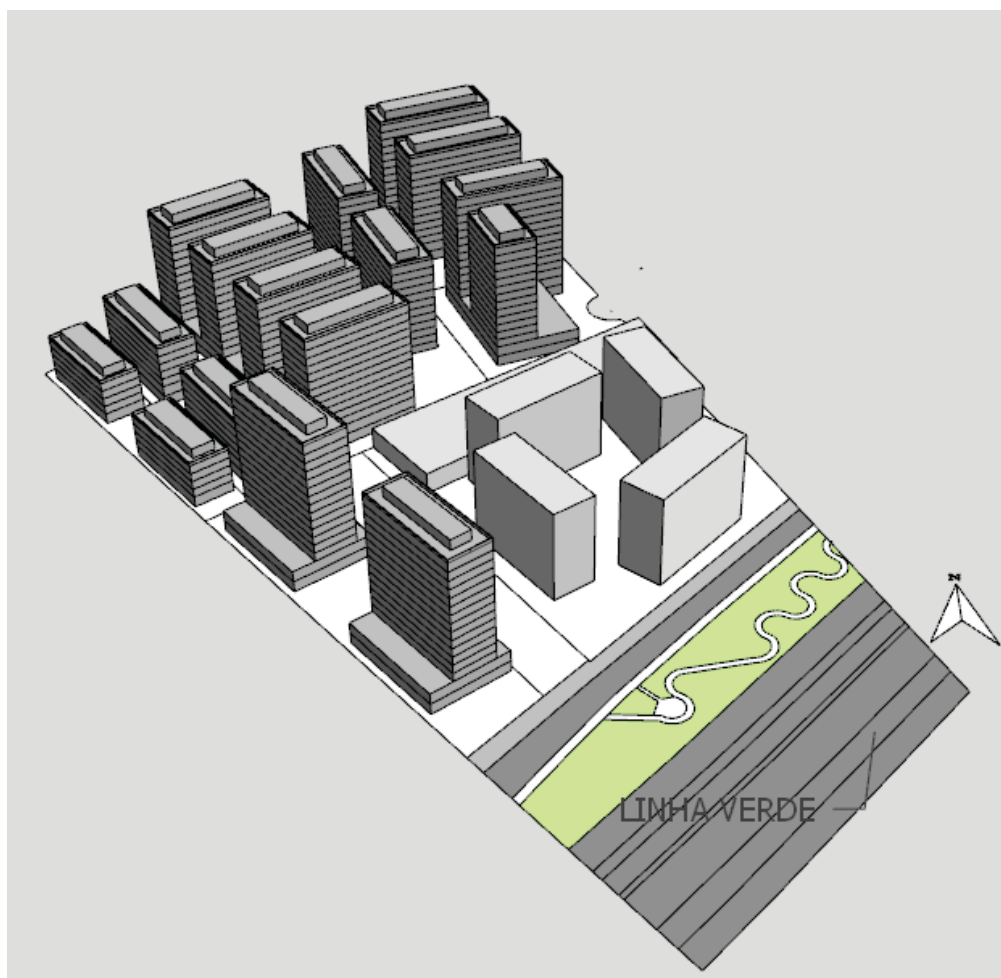
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	
legislação	Testada (m) x Área (m ²) min.	20 x 1000					
	Taxa de ocupação	50%					
	Coef. de aproveitamento	4					
	Afastamento das divisas (m)	Até 2 pavimentos: facultado. Acima de 2 pavim.: h/6 atendido o mínimo de 2,5 m					
	Altura (m)	Livre					
simulação 1	Testada (m) x Área (m ²)	30 x 4347,00	21,4 x 2118,00	21,4 x 2228,00	104,2 x 11045,00	65,6 x 5000,00	23,9 x 3938,00
	Taxa de ocupação	50%	41%	50%	50%	40%	43%
	Coef. de aproveitamento	3,7	2,0	3,5	3,9	3,2	3,2
	Afastamento das divisas (m)	8	2,5	3,5	7	7	7,5
	Núm. de torres	2	2	2	6	2	2
	Núm. de pavimentos residenciais por torre	14	4	5	12	12	13
	Núm. de pavimento garagem	2	1	2	2	2	2
	Altura (m)	52,5	19	25,5	46,5	46,5	49,5

FONTE: A autora (2022).

Com base na aplicação dos padrões dos demais parâmetros construtivos permitidos para a ZE-LV, aos seis terrenos selecionados, obteve-se a ocupação apresentada na FIGURA 14.

É possível observar na FIGURA 14, a localização, a volumetria das edificações que constituem o Condomínio Linea Verde e a relação deles com os edifícios planejados para a Simulação 1. Além da disposição do condomínio existente, a Linha Verde também ficou evidenciada na imagem pela nomeação e característica da via. Quanto às demais edificações que compõem o cenário, elas mostram os pavimentos que são representados nas imagens, bem como o barrilete e a platibanda, além da implantação dos prédios em cada um dos lotes selecionados para a pesquisa.

FIGURA 14 – PERSPECTIVA AÉREA DA IMPLANTAÇÃO DOS EDIFÍCIOS PARA A SIMULAÇÃO 1

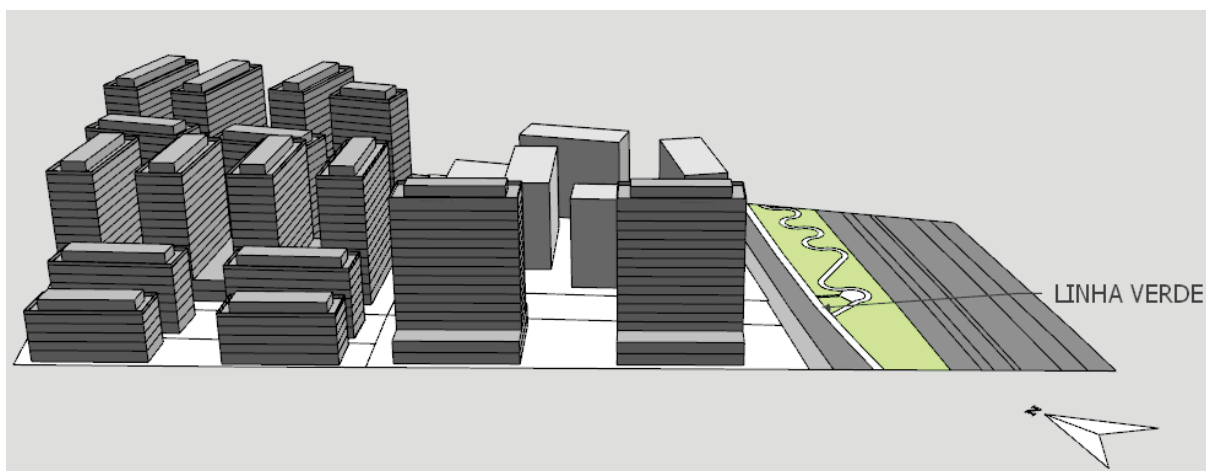


FONTE: A autora (2022).

Observando a FIGURA 15, é possível ver no primeiro plano as edificações projetadas para o lote 1 e para o lote 2. Para serem atendidas as principais características dessa simulação, na qual a taxa de ocupação e os recuos são aspectos limitantes para a forma, as edificações apresentam formas distintas, porém ambas com uma taxa de ocupação maior que 40%, visto que o limite segundo a legislação utilizada é de 50%. No entanto, quanto ao coeficiente de aproveitamento, ambas as edificações se apresentaram de maneiras distintas, isso se dá, uma vez que o lote 1 contém uma testada de 10 (dez) metros maior que a do lote 2, o que possibilitou uma verticalização significativa.

Além da testada maior, nesse caso, favorecer a verticalização, a aplicação de outros parâmetros construtivos, com base na compra de potencial, também beneficiou o lote 1 quanto ao afastamento das divisas, ao coeficiente de aproveitamento e ao adensamento urbano.

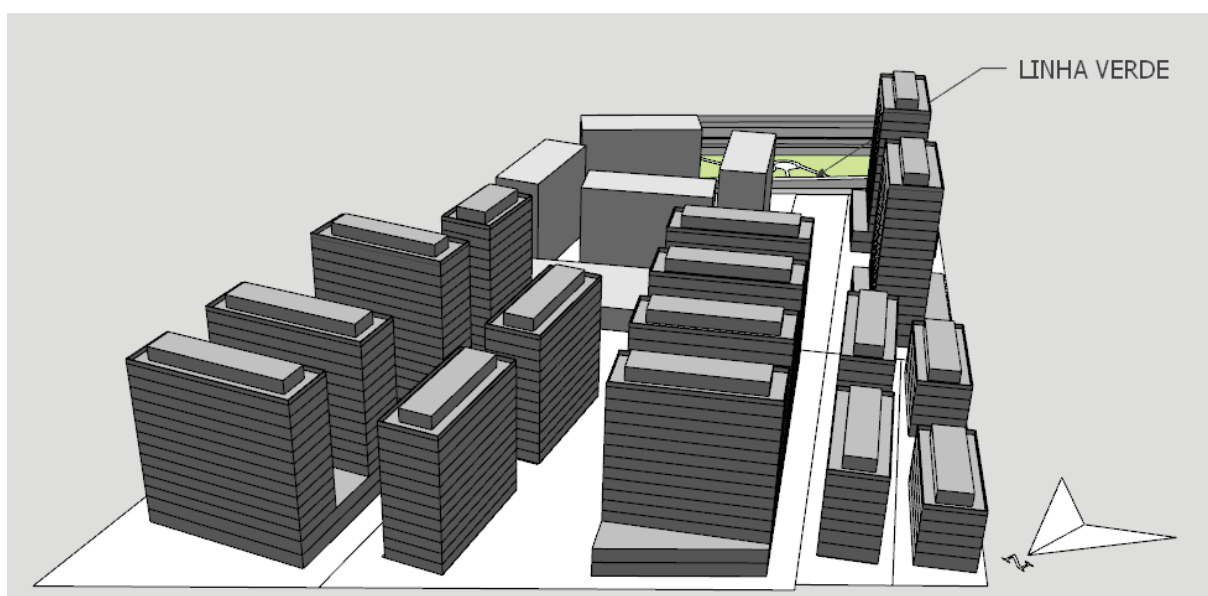
FIGURA 15 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA SUDOESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 1



FONTE: A autora (2022).

Na FIGURA 16, no sentido esquerda-direita, os lotes 2, 3, 4 e 5 possuem suas fachadas frontais voltadas à noroeste, mas apresentam disposições diferentes de ocupação, com exceção aos lotes 2 e 3. As fachadas frontais dos terrenos, voltadas todas a noroeste, não serviram como critério para a distribuição das edificações nos lotes, mesmo que a taxa de ocupação tenha atingido valores acima de 40%.

FIGURA 16 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA NOROESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 1



FONTE: A autora (2022).

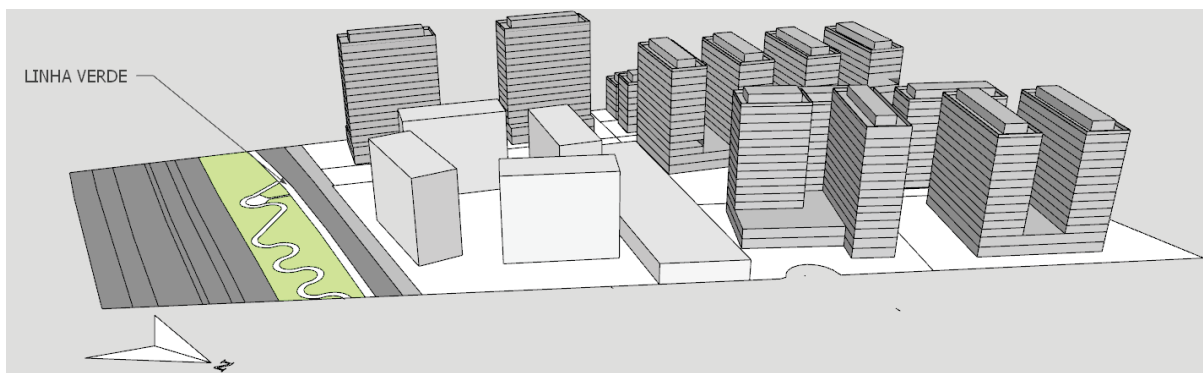
Observando as dimensões e o formato de cada lote, é possível perceber que foram importantes para o projeto de ocupação e distribuição das edificações sobre os

terrenos. O lote 2 e 3, por apresentarem dimensões próximas do limite legal, possibilitaram edificações com número de pavimentos menores quando comparados aos lotes 4 e 5, esses últimos possuindo aproximadamente 20 m a mais de altura. No entanto, os edifícios mais verticalizados, seguindo a legislação quanto aos afastamentos ($h/6$), chegam a ter no mínimo 7 metros de distância entre a edificação e a divisa do terreno.

Quanto ao dimensionamento, os lotes 4 e 5, que entre os analisados têm uma verticalização mais significativa, possuem diferenças importantes quanto à projeção de adensamento. Ainda tratando das diferenças dimensionais dos terrenos, entre esses lotes, o 4 tem a disposição e a área que possibilitou aumentar em três vezes o número de torres quanto ao lote 5, sem que houvesse a necessidade de aumentar a metragem dos afastamentos, uma vez que o potencial adicional possibilita a densidade livre para a tipologia das edificações projetadas.

A perspectiva do cenário 1, observado na FIGURA 17, apresenta a vista lateral da edificação do lote 5, uma vista perspectivada do lote 6, onde a fachada frontal é acessada pela rua sem saída presente na imagem, e a vista perspectivada do Condomínio Linea Verde.

FIGURA 17 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA NORDESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 1



FONTE: A autora (2022).

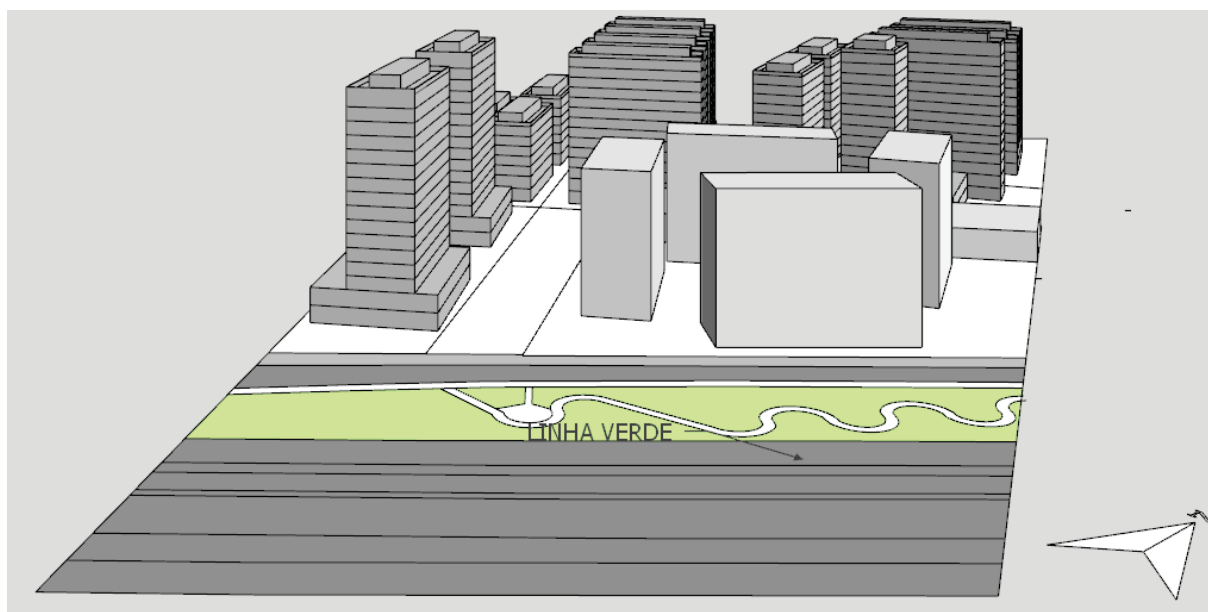
Os lotes 5 e 6 apresentam cada um duas torres interligadas por meio dos pavimentos garagens; quanto à verticalização e ao adensamento são semelhantes, tendo em média 181 apartamentos por lote e alturas entre 45 e 50 metros. Os afastamentos de divisa, em decorrência da legislação ($h/6$), encontram-se em valores de 7 a 7,5 metros. A taxa de ocupação de ambos os lotes são de respectivamente 40% a 43%, não atingindo os 50% limitado em lei. Da mesma forma, os coeficientes

de aproveitamento também não atingiram os valores máximos, tendo ambos os lotes um coeficiente de aproveitamento de 3,2 com a aquisição de potencial adicional.

No entanto, apesar dos lotes 5 e 6 apresentarem parâmetros e formas semelhantes, eles possuem dimensões distintas, tanto na testada quanto na área total. Isso se dá pelas metragens das habitações propostas para cada lote e torre, onde o 5 apresenta área de 58 m² para cada apartamento, e o 6 apresenta apartamentos de 66 m² e 70 m².

A FIGURA 18 mostra a fachada frontal do lote 1 e a do Condomínio Linea Verde, as quais estão voltadas para a Linha Verde. É possível observar que há distinção de ocupação dos lotes, verticalização da proposta da forma, uma vez que o lote onde se encontra o condomínio existente possui metragens diferentes, com testada considerável quando comparada com a do lote 1.

FIGURA 18 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA SUDESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 1



FONTE: A autora (2022).

Os resultados da ocupação da simulação 1, na qual a prioridade era atingir a taxa de ocupação máxima, foram obtidos com base na aplicação dos dados existentes, como o dimensionamento de cada lote e a legislação vigente de uso e ocupação. Além dos dados efetivos, há os números decorrentes da aplicação das fórmulas e os estudos de acerto e erro quanto à ocupação, verticalização e ao adensamento.

- **SIMULAÇÃO 2:** utilizou-se os parâmetros permitidos, prevendo uma ocupação que aplicou a verticalização como limitação para a simulação.

Os valores de cada um dos parâmetros construtivos estão apresentados no APÊNDICE B.

A TABELA 5 também apresenta o resultado decorrente da aplicação dos dados reais e dos obtidos no desenvolvimento do cenário da simulação 2, da mesma forma que os parâmetros construtivos foram apresentados para a simulação 1.

Como a área de estudo independe da simulação 1 ou 2, a legislação vigente garante os mesmos parâmetros, nos quais com a aquisição de potencial construtivo, são permitidos: taxa de ocupação de 50%; coeficiente de aproveitamento de 4; altura livre e afastamento de divisas $h/6$, para edificações com mais de 2 pavimentos.

Na aplicação dos dados existentes para o estudo de ocupação da simulação 2, foram apresentados na TABELA 5 os parâmetros alcançados para cada lote, além dos números de pavimentos e torres obtidos dentro do objetivo do cenário, onde a limitação, nesse caso, foi a altura.

TABELA 5 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS PARA A SIMULAÇÃO 2

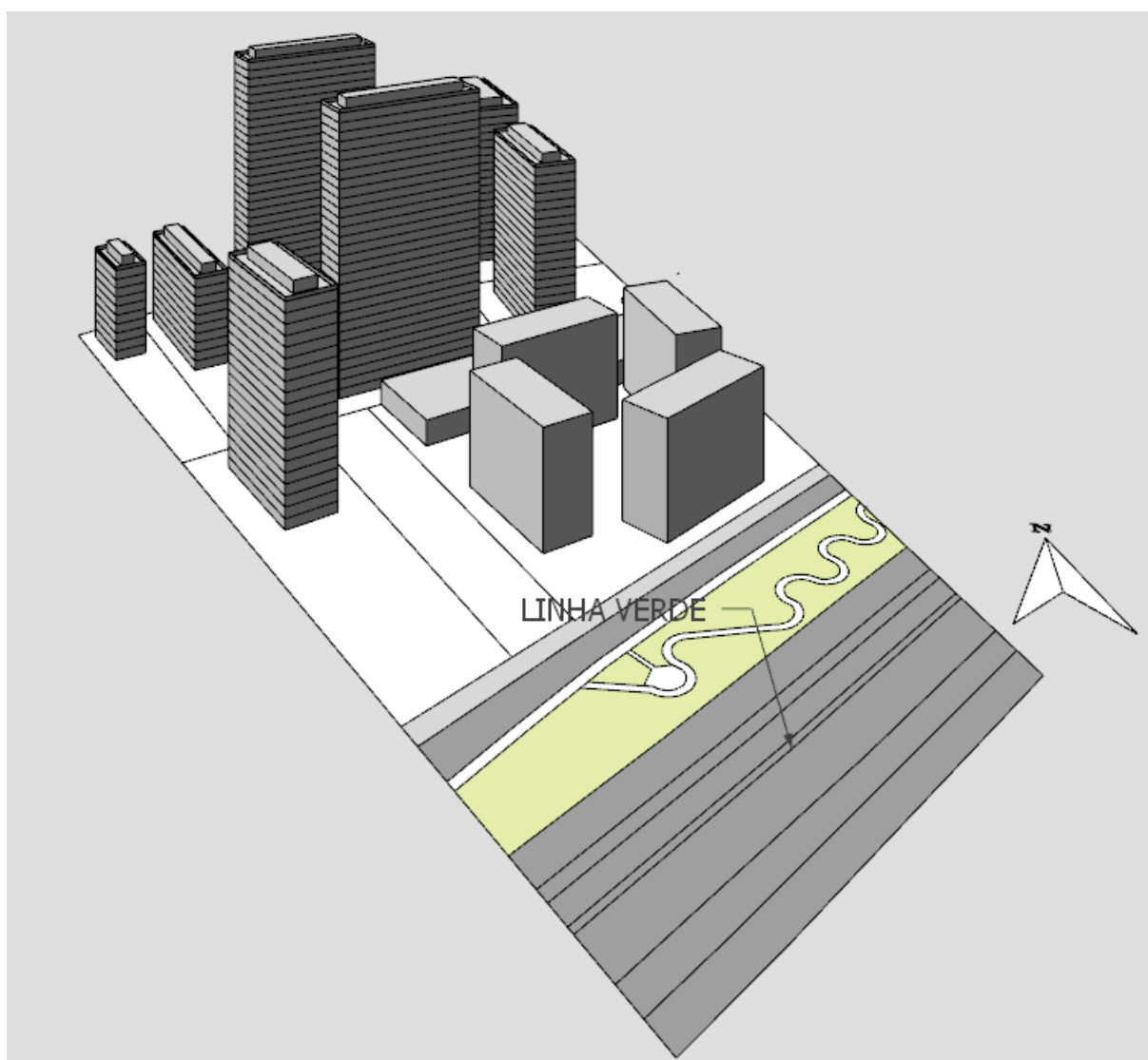
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	
legislação	Testada (m) x Área (m ²) min. 20 x 1000						
	Taxa de ocupação 50%						
	Coef. aproveitamento 4						
	Afastamento das divisas (m) Até 2 pavimentos: facultado. Acima de 2 pavim.: $h/6$ atendido o mínimo de 2,5 m						
	Altura (m) Livre						
simulação 2	Testada (m) x Área (m ²)	30 x 4347,00	21,4 x 2118,00	21,4 x 2228,00	104,2 x 11045,00	65,6 x 5000,00	23,9 x 3938,00
	Taxa de ocupação	13%	11%	23%	13%	19%	18%
	Coef. aproveitamento	2,67	1,14	2,27	3,93	3,88	3,68
	Afastamento das divisas (m)	10	5	5	15	10	10
	Núm. de torres	1	1	1	2	1	1
	Núm. de pavimentos residenciais por torre	20	10	10	30	20	20
	Núm. de pavimento garagem	-	-	-	-	-	-
	Altura (m)	63,5	33,5	33,5	93,5	63,5	63,5

FONTE: A autora (2022).

Com base na aplicação dos demais parâmetros construtivos, permitidos para a ZE-LV para os seis terrenos selecionados, obteve-se a ocupação apresentada na FIGURA 19.

É possível observar na FIGURA 19 a localização, a forma das edificações que constituem o Condomínio Linea Verde e a relação dele com os edifícios planejados para a Simulação 2. Quanto às edificações que compõem o cenário, elas mostram os pavimentos que são representados nas imagens, bem como o barrilete e a platibanda, além de apresentarem a implantação dos prédios em cada um dos lotes selecionados para a pesquisa.

FIGURA 19 – PERSPECTIVA AÉREA DA IMPLANTAÇÃO DOS EDIFÍCIOS PARA A SIMULAÇÃO 2

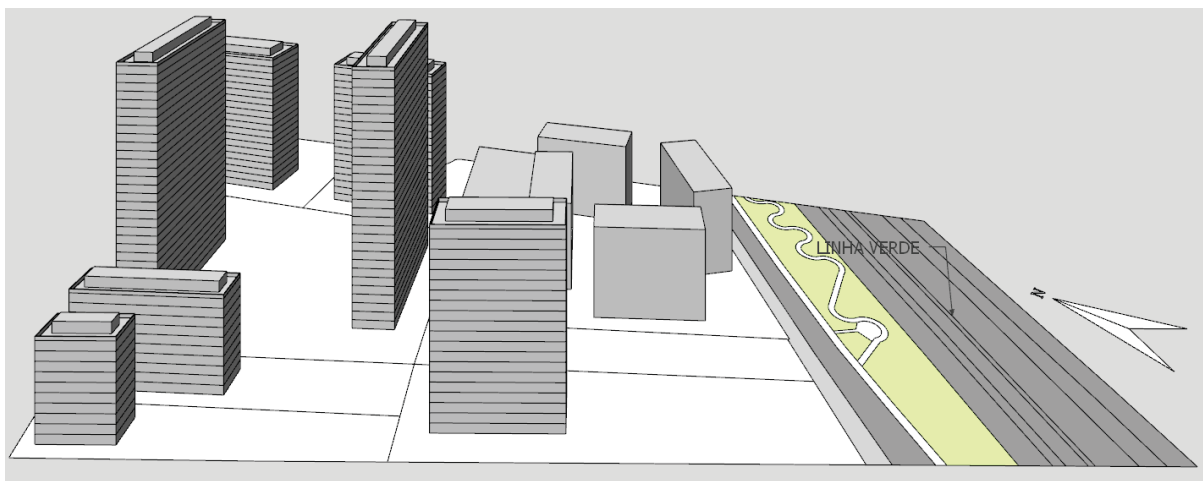


FONTE: A autora (2022).

A Simulação 2 apresenta um cenário, onde as edificações são mais verticalizadas e como consequência apresentam uma taxa de ocupação menos significativa, quando comparada ao espaço anteriormente apresentado. Com relação ao número de torres, a simulação 2 apresenta apenas sete edificações, contrastando com as 16 edificações planejadas para a simulação 1. Quanto às garagens, não foram considerados mais pavimentos destinados ao estacionamento de veículos, sendo essas garagens descobertas.

A perspectiva da FIGURA 20 apresenta em primeiro plano os lotes 1 e 2 e os respectivos edifícios verticalizados idealizados para o cenário. O lote 1, em decorrência de seu dimensionamento, possibilitou uma torre com verticalização mais expressiva, chegando a contabilizar 20 pavimentos; enquanto o lote 2 possibilitou uma torre com apenas 10 pavimentos. As taxas de ocupação de ambos são próximas, mas nenhuma ultrapassando 13%. O coeficiente de aproveitamento (CA) do lote 1 é mais significativo quase chegando ao valor 3, enquanto o lote 2 apresenta o CA de apenas 1,14.

FIGURA 20 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA SUDOESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 2



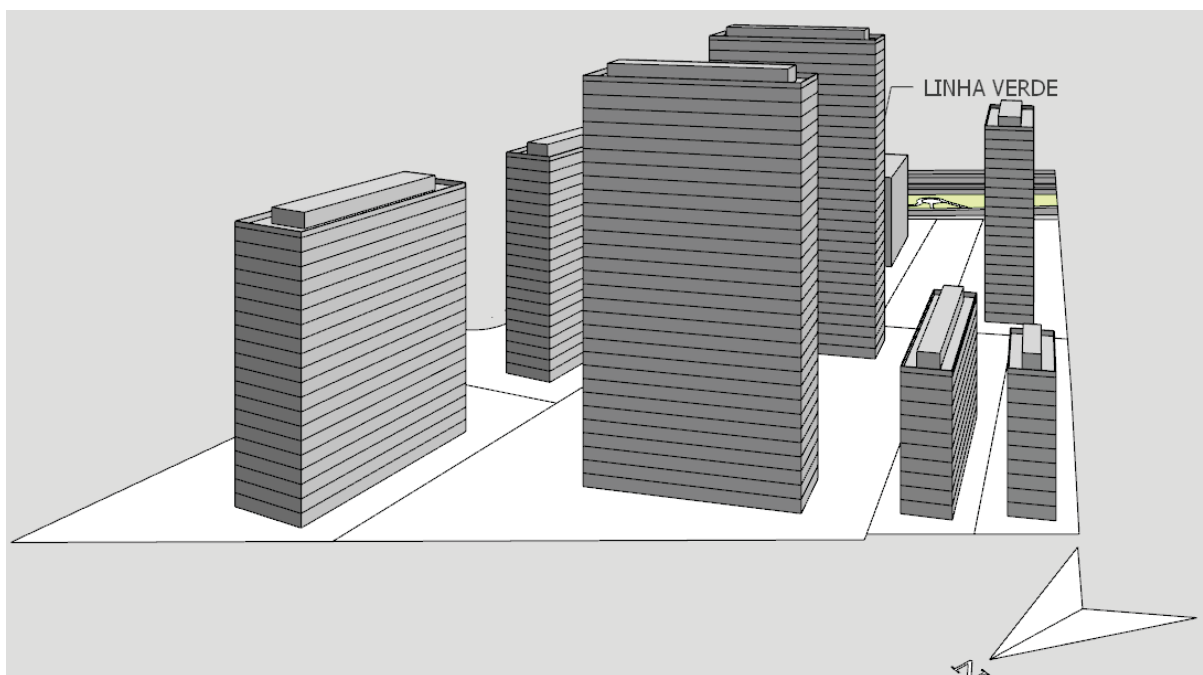
FONTE: A autora (2022).

Ao se comparar os cenários apresentados nas simulações 1 e 2, com seus diferentes parâmetros urbanos limitados para o trabalho, foi possível perceber o quanto o dimensionamento do terreno pode delimitar propostas de ocupação. O lote 1 para esse trabalho, em se tratando de ocupação, é mais versátil se comparado ao lote 2, uma vez que tanto a altura limite como critério principal quanto à demanda de se atingir a taxa de ocupação máxima trouxeram resultados significativos para a verticalização e adensamento do lote.

A FIGURA 21 apresenta em primeiro plano as edificações dos lotes 2, 3, 4 e 5. O lote 2, como já foi descrito anteriormente, não permitiu, dentro dos estudos de ocupação realizados neste trabalho, uma verticalização considerável se comparado aos lotes 4 e 5. O lote 3 também não apresentou verticalização significativa, porém foi o que mostrou a maior taxa de ocupação entre os seis lotes do estudo; e quando comparado ao lote 2, o qual apresenta dimensões semelhantes, mostrou um coeficiente de aproveitamento ($CA = 2,27$) aproximadamente o dobro do coeficiente do lote 2 ($CA = 1,14$).

Quando comparados os lotes 2 e 3 com os lotes 4 e 5 é visivelmente contrastante a diferença com relação ao número de pavimentos e à metragem dos afastamento de divisas. Lembrando que essa simulação tem o parâmetro altura livre como critério limitante.

FIGURA 21 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA NOROESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 2

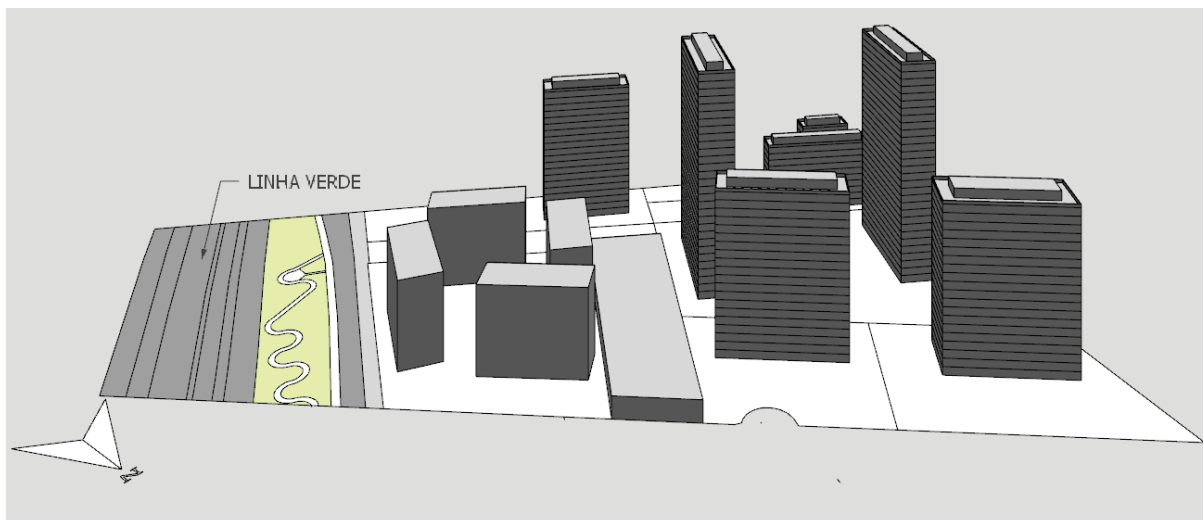


FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 22 mostra em primeiro plano as edificações dos lotes 5 e 6, além da perspectiva lateral do Condomínio Linea Verde. Os edifícios planejados nesse cenário possuem parâmetros construtivos semelhantes (TABELA 5), desde a taxa de ocupação até a altura das edificações, mesmo possuindo áreas diferentes. Quanto às áreas estimadas para os apartamentos, essas sofrem diferenciação: o lote 5 possui

apartamentos com 100 m² e o lote 6 apartamentos com 60 m², possuindo respectivamente 160 e 140 residências em cada edifício.

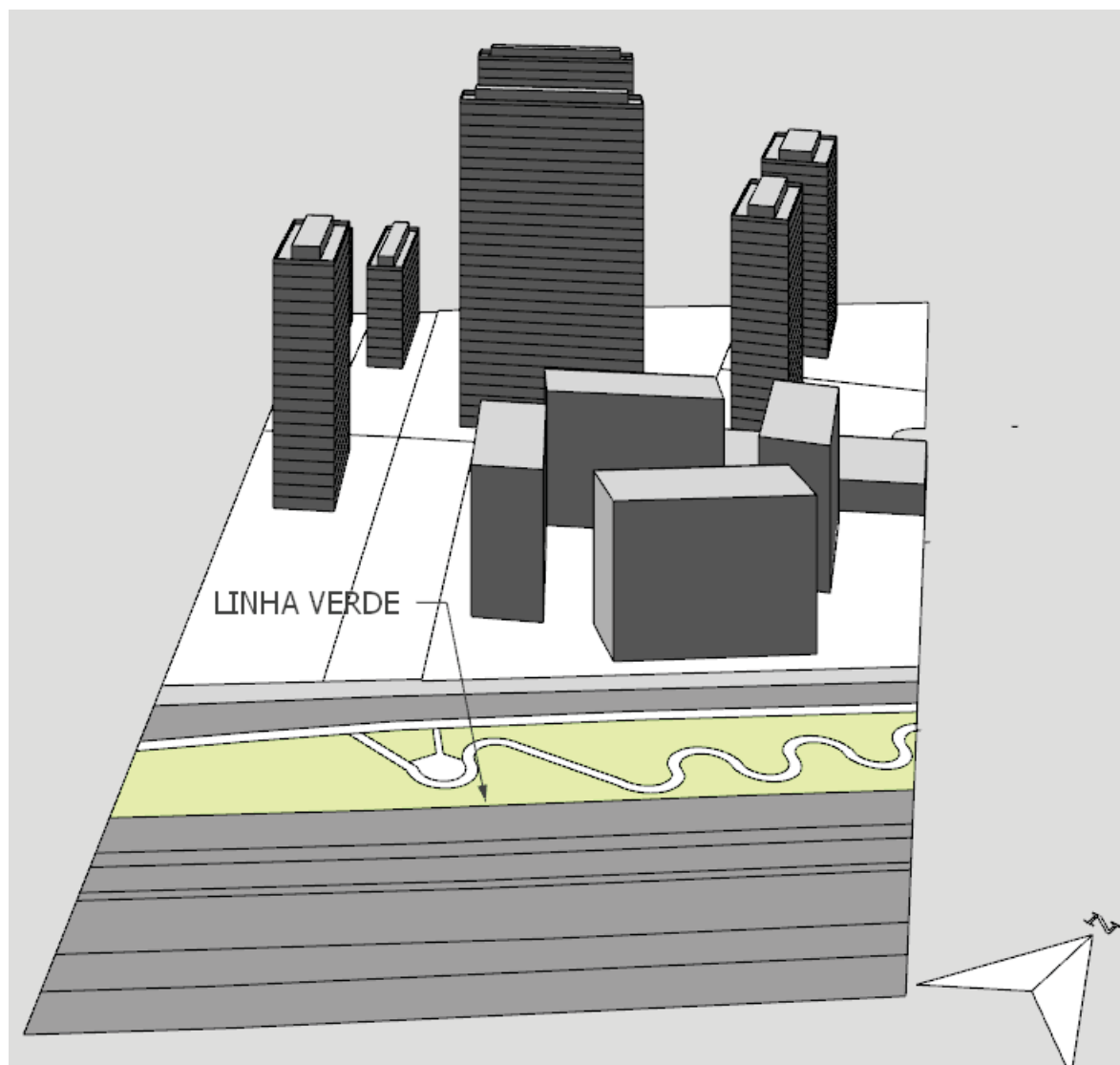
FIGURA 22 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA NORDESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 2



FONTE: A autora (2022).

Ao se observar a FIGURA 23, fica evidente que há uma discrepância das alturas propostas, principalmente quanto ao lote 4 com relação ao condomínio previamente existente. O terreno que está ocupado com o Condomínio Linea Verde, que possui uma metragem maior quando comparado ao lote 1, apresenta uma taxa de ocupação em 48%, porém não atingiu o coeficiente de aproveitamento máximo permitido em lei. Situação que indica, em questão projetual, um subaproveitamento da aquisição de potencial, bem como da utilização dos parâmetros urbanos permitidos em lei.

FIGURA 23 – PERSPECTIVA AÉREA DA FACHADA SUDESTE DO CENÁRIO DA SIMULAÇÃO 2



FONTE: A autora (2022).

4.2 QUANTIFICAÇÃO DO SOMBREAMENTO

A segunda etapa da pesquisa, depois da criação em 3D dos cenários, foi a contabilização das áreas sombreadas das fachadas das edificações. São apresentadas as respectivas porcentagens dos sombreamentos das fachadas das garagens, torres e dos edifícios como um todo, nos três horários predefinidos (10h, 12h e 15h), nas orientações e nas estações do ano: verão (21 de dezembro) e inverno (21 de junho). A qualificação e a quantificação foram feitas com base nas projeções dos sombreamentos das edificações de cada lote nas construções das frações vizinhas, não considerando a sombra gerada e sobreposta no próprio lote. O programa Sketchup foi utilizado para a recriação dos cenários e possibilitou o estudo do

sombreamento, uma vez que a ferramenta dispõe da possibilidade de georreferenciamento dos modelos e da configuração da sombra com base no Tempo Universal Coordenado (UTC) do local da pesquisa.

A TABELA 6 apresenta os dados de altura e azimute solar para cada dia e horário analisados, e a FIGURA 24, a carta solar para Curitiba com a trajetória solar nos dias analisados.

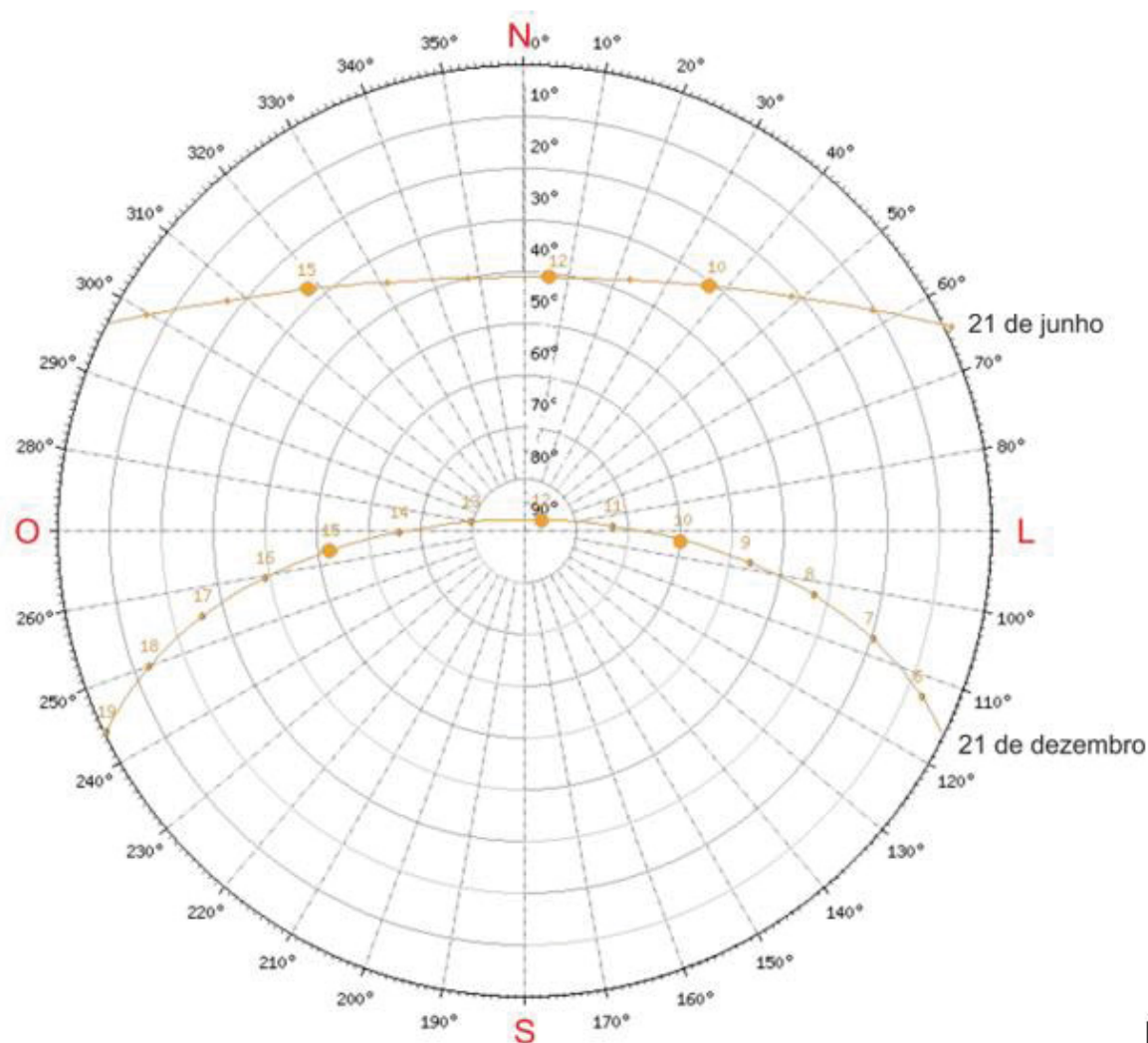
TABELA 6 – ALTURA E AZIMUTE SOLAR NOS SOLSTÍCIOS DE VERÃO E INVERNO EM CURITIBA

	Verão (21 de dezembro)			Inverno (21 de junho)		
	10h	12h	15h	10h	12h	15h
Altura solar	59,25°	86°	52,6°	30,68°	40,92°	27,49°
Azimute solar	93,57°	60,91°	264,08°	37,43°	5,75°	318,06°

FONTE: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php.

À medida em que há aumento da altura, também há um aumento do ângulo de incidência com a fachada, o que reduz a possibilidade de ingresso de luz solar no ambiente. É interessante observar que esse índice, em Curitiba-PR, apresenta-se com maiores ângulos durante o dia de verão selecionado.

FIGURA 24 – CARTA SOLAR DE CURITIBA



FONTE: Adaptado de https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php.

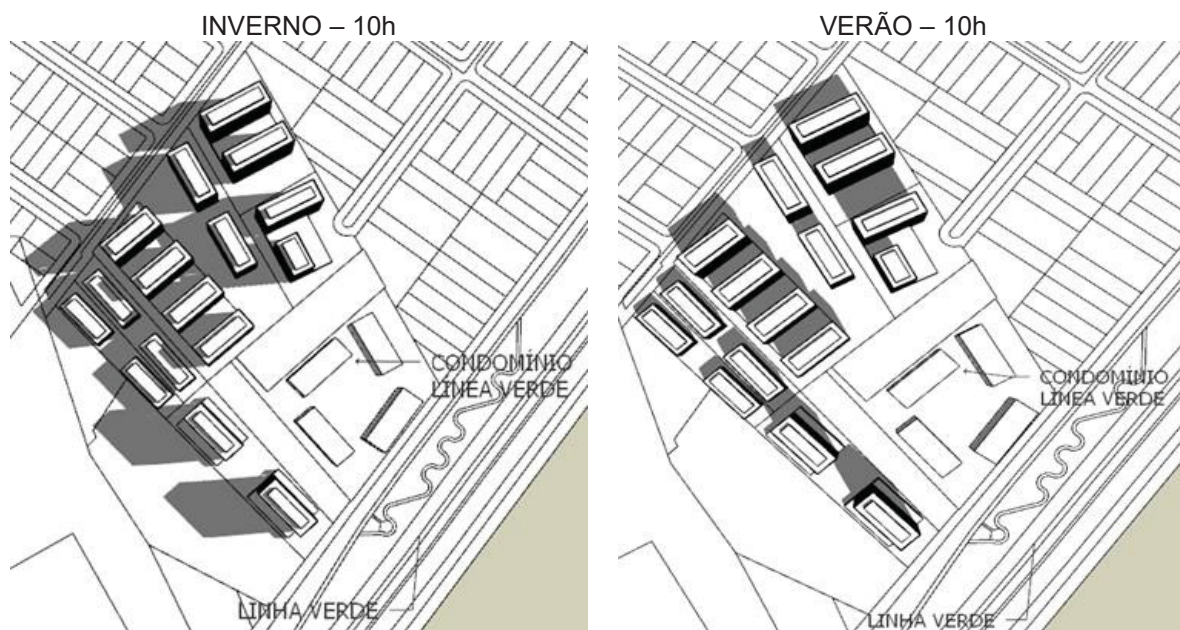
- SIMULAÇÃO 1: utilizou-se a taxa de ocupação e os dados de recuos como limitação da ocupação.

Para a simulação 1, foi contabilizado o sombreamento tanto das garagens quanto das torres. Os pavimentos garagens, nesse cenário, ocuparam 1 ou 2 andares partindo do solo, e as torres os demais, sendo possível o impacto do sombreamento nos pavimentos mais próximos do solo.

Para esse cenário, de acordo com as FIGURA 25, FIGURA 26 e FIGURA 27, foi possível perceber de forma qualitativa os lotes que tiveram suas edificações atingidas pelo sombreamento nos seis momentos avaliados na pesquisa, o que possibilitou notar que durante o inverno as edificações têm mais horas com as fachadas sombreadas que durante o verão. Na área avaliada para a pesquisa e para

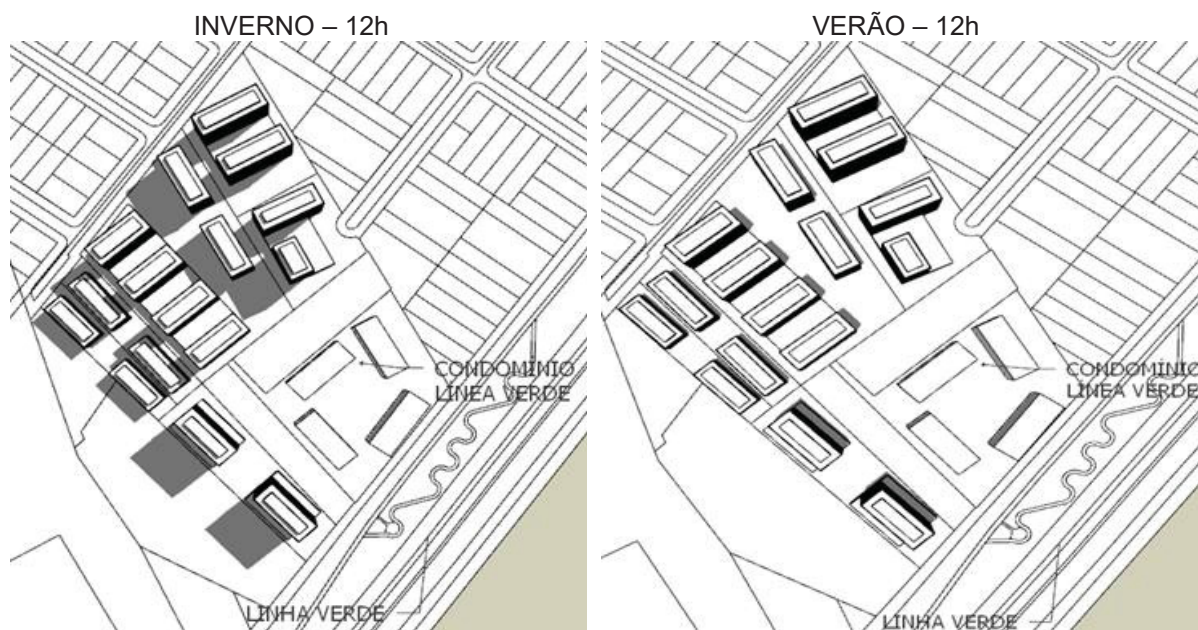
essa simulação, durante o inverno, o lote 5 foi o único que não sofreu influência quanto ao sombreamento da sua fachada em comparação com as outras edificações propostas. Durante o verão, essa mesma condição se repete só que com as edificações dos lotes 1 e 4.

FIGURA 25 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 10h NA SIMULAÇÃO 1



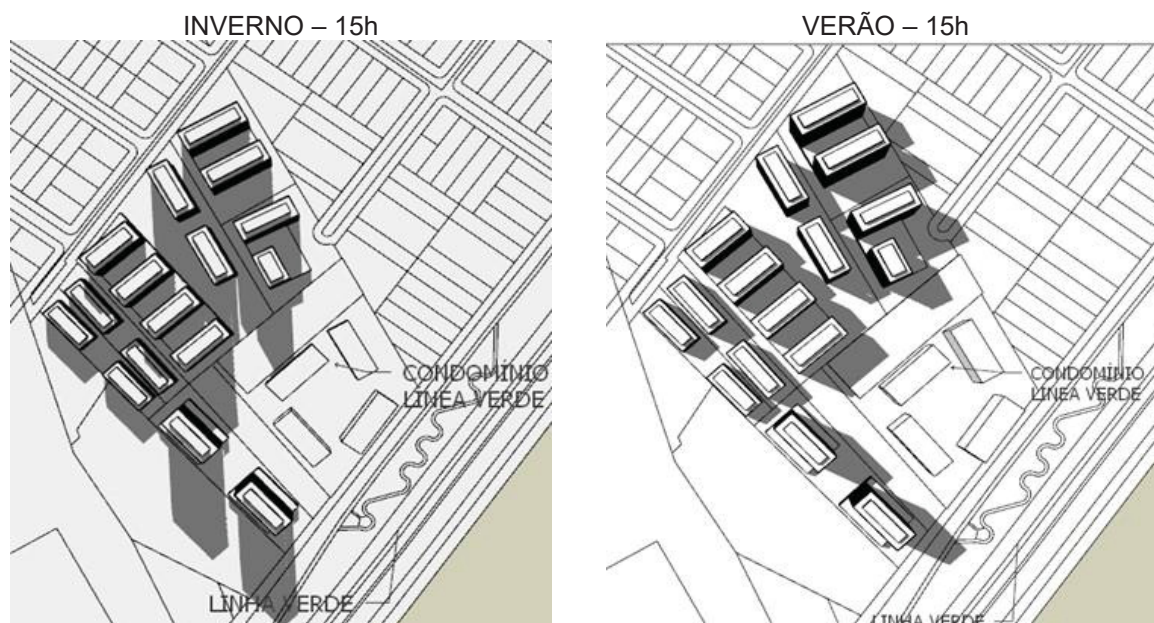
FONTE: A autora (2022).

FIGURA 26 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 12h NA SIMULAÇÃO 1



FONTE: A autora (2022).

FIGURA 27 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 15h NA SIMULAÇÃO 1

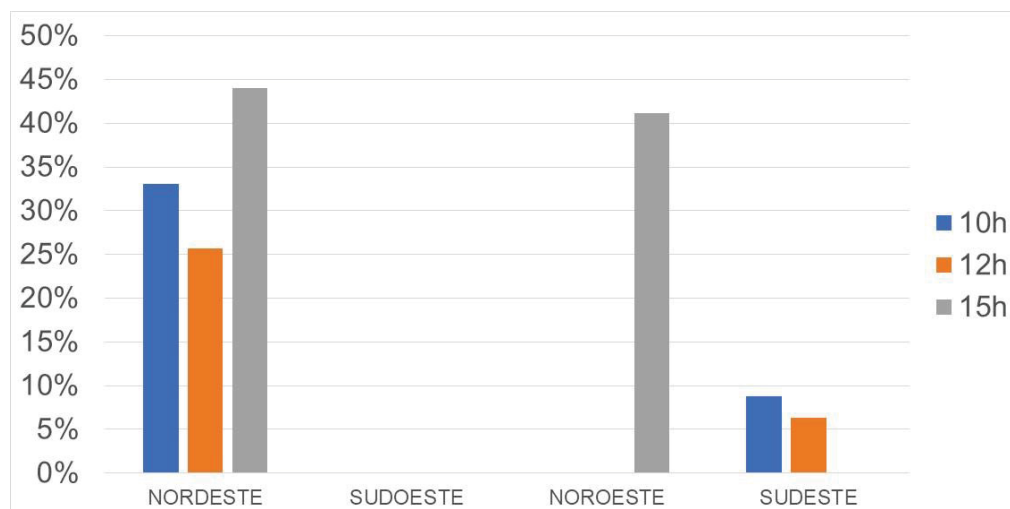


FONTE: A autora (2022).

Na realização da quantificação do percentual dos sombreamentos para essa simulação, foram consideradas a área das fachadas dos edifícios e a dos sombreamentos gerados nas fachadas para cada orientação e horário definidos no capítulo de Métodos. Foram elaborados gráficos com as porcentagens de sombreamento nos pavimentos garagens, nas torres e na totalidade das edificações.

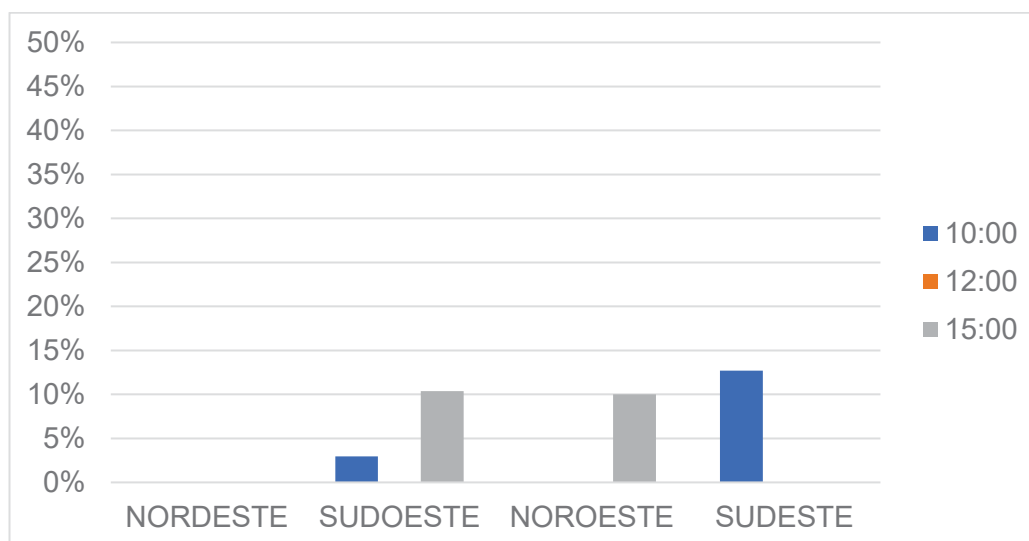
No GRÁFICO 1, é possível observar que durante o inverno os pavimentos garagens na orientação nordeste apresentaram em média 34% da fachada sombreada durante os momentos do dia mensurados na pesquisa, enquanto a fachada noroeste apresentou 44% da fachada sombreada às 15h. Já durante o verão, GRÁFICO 2, esses números foram menos significativos, as fachadas sudoeste e sudeste receberam maior sombreamento, sendo 13% na fachada sudoeste sombreada às 15h e na fachada sudeste às 10h.

GRÁFICO 1 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO NAS GARAGENS, DURANTE O INVERNO NA SIMULAÇÃO 1



FONTE: A autora (2022).

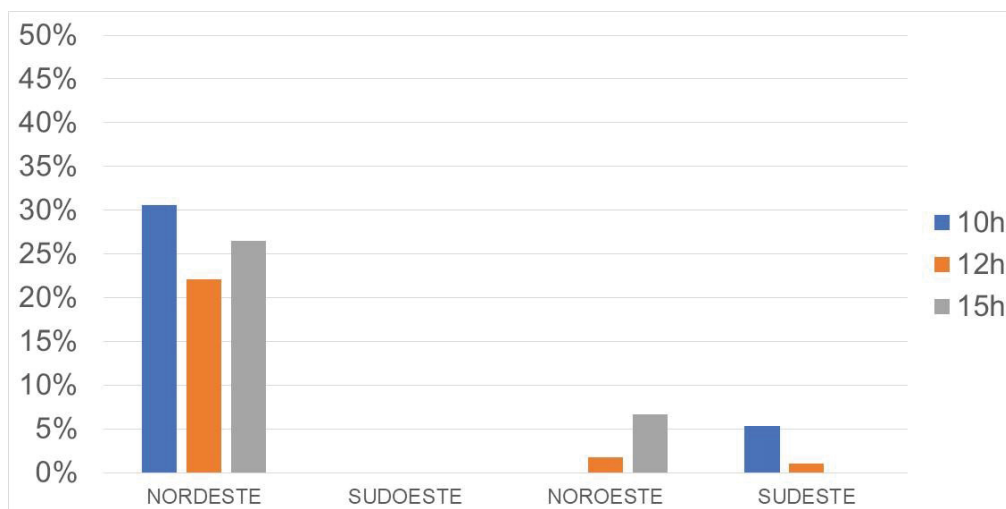
GRÁFICO 2 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO NAS GARAGENS DURANTE O VERÃO NA SIMULAÇÃO 1



FONTE: A autora (2022).

Com relação à porcentagem da área sombreada das torres, a diferença entre o inverno (GRÁFICO 3) e o verão (GRÁFICO 4) é significativa a ponto de o gráfico referente ao verão apresentar porcentagens inferiores a 3% e o referente ao inverno apresentar porcentagens de 30%. De acordo com o GRÁFICO 3, entre as quatro fachadas avaliadas, a voltada para nordeste é a mais atingida, com valores acima de 20% nos três momentos do dia avaliados no trabalho. No verão (GRÁFICO 4), somente as fachadas sudoeste e sudeste foram sombreadas, mas com valores máximos de 1% da área da fachada.

GRÁFICO 3 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO NAS TORRES DURANTE O INVERNO NA SIMULAÇÃO 1



FONTE: A autora (2022).

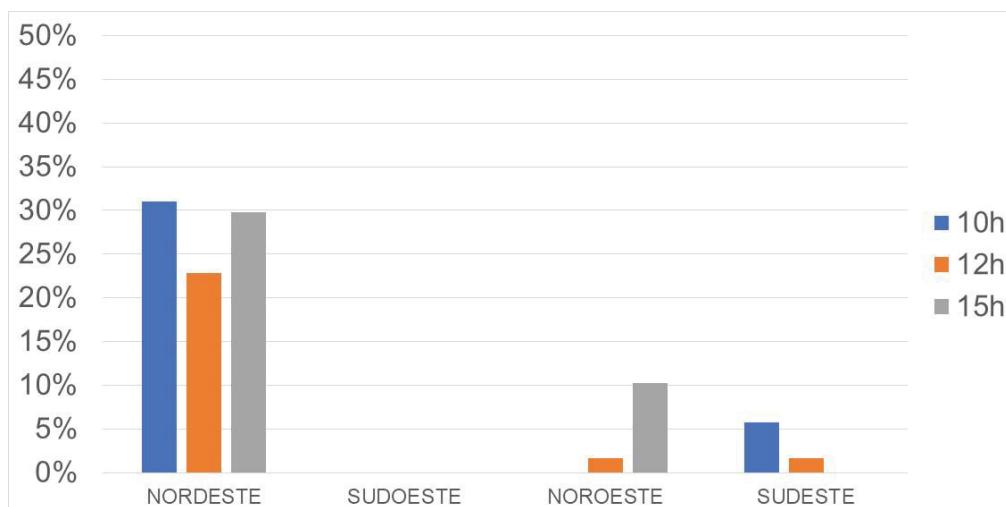
GRÁFICO 4 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO NAS TORRES DURANTE O VERÃO NA SIMULAÇÃO 1



FONTE: A autora (2022).

Ao se observar as porcentagens do sombreamento total (garagem + torre) de cada orientação estudada, foi possível notar que durante o inverno (GRÁFICO 5), a fachada sudoeste é a única que não recebeu sombra, mas quando se observa as porcentagens do sombreamento da fachada nordeste, há valores significativos durante os três períodos avaliados, havendo mais de 20% de toda a fachada sombreada durante o dia.

GRÁFICO 5 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO DURANTE O INVERNO NA SIMULAÇÃO 1



FONTE: A autora (2022).

Durante o dia de verão, GRÁFICO 6, o sombreamento não possui a mesma configuração do que durante o inverno. A fachada nordeste não recebeu sombreamento, e as demais receberam entre 1% e 3% de área sombreada. Quanto aos horários, às 10h e às 15h foram os períodos mais sombreados, e ao meio-dia não houve a contabilização de sombra nas fachadas estudadas para esse cenário.

GRÁFICO 6 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO DURANTE O VERÃO NA SIMULAÇÃO 1

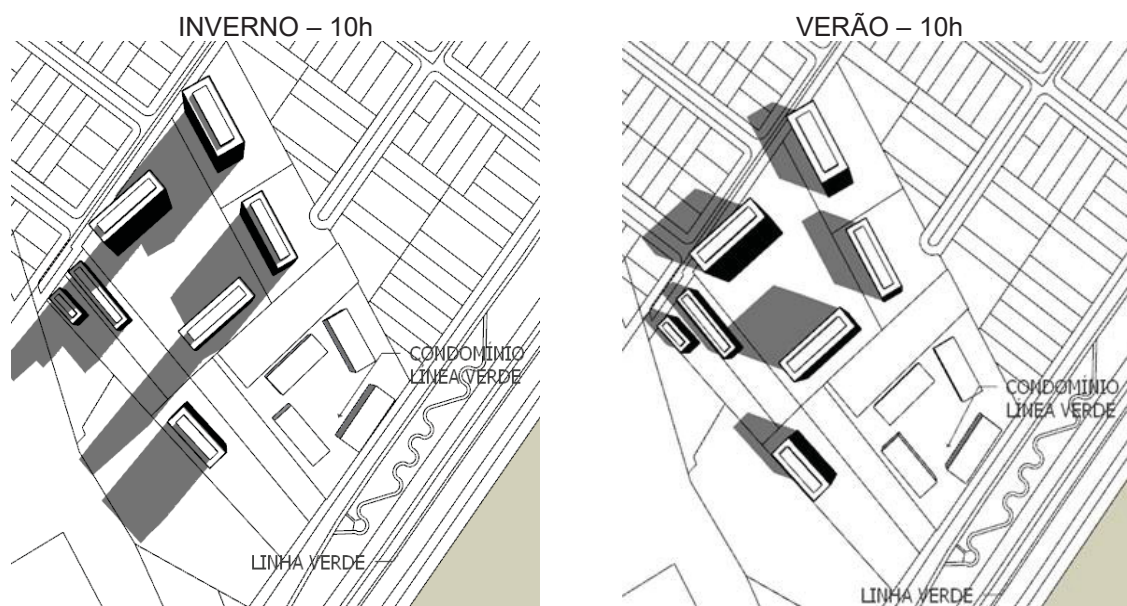


FONTE: A autora (2022).

- SIMULAÇÃO 2: utilizou-se a possibilidade de compra de potencial construtivo, prevendo altura livre.

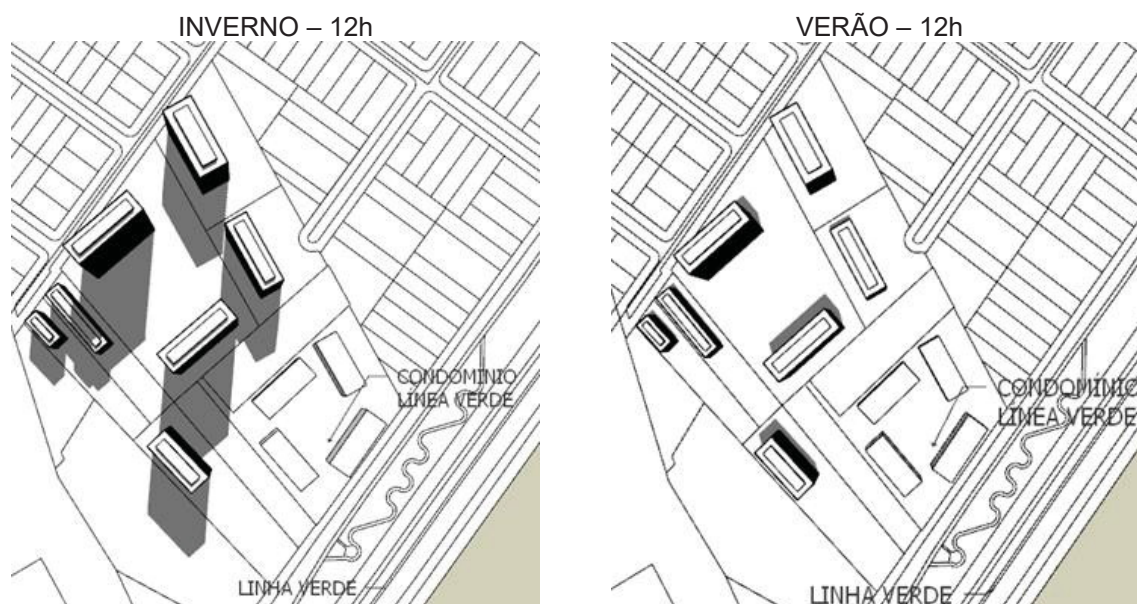
Para a simulação 2, foi contabilizado apenas o sombreamento das torres, visto que a ocupação dos lotes se deu de maneira distinta da simulação 1. A FIGURA 28, FIGURA 29 e FIGURA 30 mostram de forma qualitativa os lotes que tiveram suas edificações atingidas pelo sombreamento nos seis momentos avaliados na pesquisa. Assim, foi possível observar que nessa configuração espacial, durante o inverno, as edificações apresentaram mais horas sombreadas que durante o verão, como também ocorreu na simulação 1.

FIGURA 28 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 10h NA SIMULAÇÃO 2



FONTE: A autora (2022).

FIGURA 29 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 12h NA SIMULAÇÃO 2



FONTE: A autora (2022).

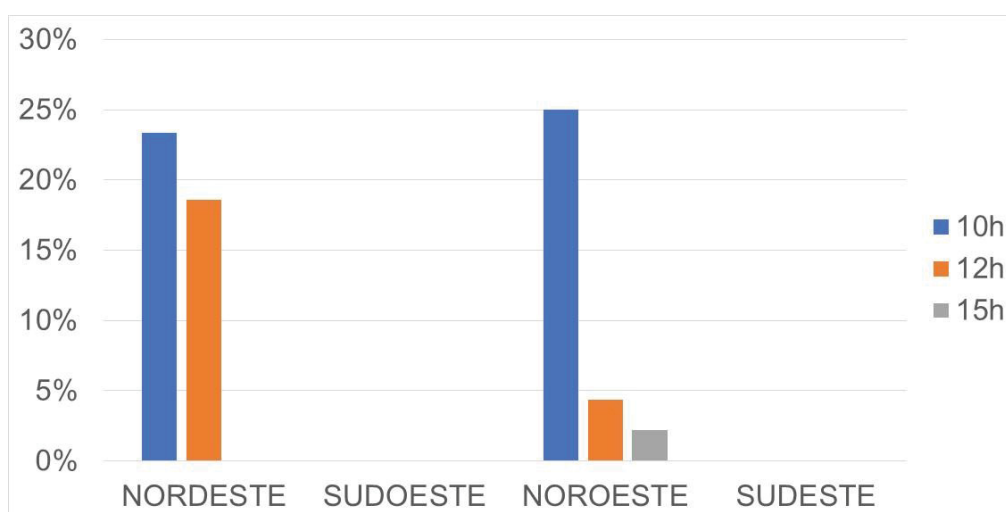
FIGURA 30 – LOTES SOMBREADOS NO INVERNO E VERÃO ÀS 15h NA SIMULAÇÃO 2



FONTE: A autora (2022).

Ao se observar os gráficos quanto ao sombreamento total em cada orientação estudada foi possível notar que durante o inverno, GRÁFICO 7, as fachadas sudoeste e sudeste não receberam sombra, já quanto à fachada nordeste, se tem um sombreamento de 23% às 10h e 19% às 12h; e a fachada noroeste teve sombreamento de 15% às 10h, 4% às 12h e 2% às 15h.

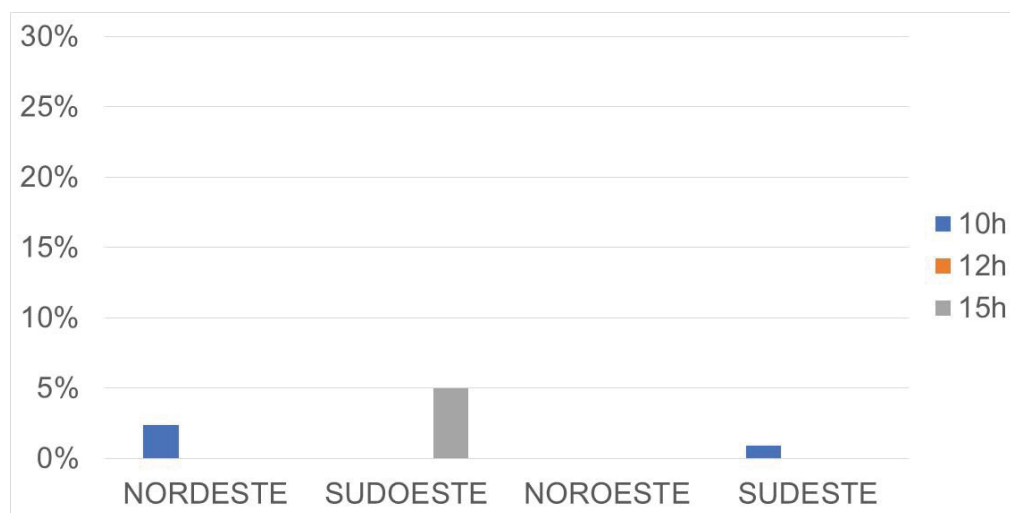
GRÁFICO 7 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO DURANTE O INVERNO NA SIMULAÇÃO 2



FONTE: A autora (2022).

Durante o verão, GRÁFICO 8, os sombreamentos aconteceram em dois momentos dos três mensurados, porém com valor máximo de 5% na fachada sudoeste às 15h. Durante a manhã, às 10h, a fachada nordeste e a sudeste apresentaram áreas sombreadas de 2% e 1%, respectivamente. Nas demais orientações não houve registro de sombreamento nas edificações durante a simulação 2.

GRÁFICO 8 – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS EM CADA ORIENTAÇÃO DURANTE O VERÃO NA SIMULAÇÃO 2



FONTE: A autora (2022).

Com base na observação e nas simulações realizadas para as duas ocupações projetadas para este trabalho, foi possível identificar algumas considerações quanto ao sombreamento, uma vez que em ambas as possibilidades, durante o inverno, apresentaram uma porcentagem mais significativa de área sombreada quando comparadas ao verão.

Na simulação 1 (TABELA 7), durante o inverno a porcentagem sombreada dos pavimentos garagens chegou a atingir valores acima de 40% em dois momentos do dia nas orientações nordeste e noroeste. A porcentagem do sombreamento das torres (fachada nordeste), da mesma simulação, apresentou valores médios de 26% nas horas em que foi atingida por sombras, valores esses que ficaram semelhantes quando avaliados os edifícios em suas totalidades. Durante o verão, na simulação 1, todos os resultados apresentaram valores bem menos significantes se comparados aos obtidos para o inverno, para esse cenário não foram ultrapassados valores acima de 13%, tanto nos pavimentos garagens, torres e nos edifícios como um todo.

TABELA 7 – PORCENTAGENS DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS NA SIMULAÇÃO 1

SIMULAÇÃO 1		GARAGENS			TORRES			EDIFÍCIO TODO		
ORIENTAÇÃO /HORA		10h	12h	15h	10h	12h	15h	10h	12h	15h
INVERNO	NORDESTE	33%	26%	44%	31%	22%	27%	31%	23%	30%
	SUDOESTE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	NOROESTE	0%	0%	41%	0%	2%	7%	0%	2%	10%
	SUDESTE	9%	6%	0%	5%	1%	0%	6%	2%	0%
VERÃO	NORDESTE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	SUDOESTE	3%	0%	10%	1%	0%	0%	1%	0%	2%
	NOROESTE	0%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
	SUDESTE	13%	0%	0%	1%	0%	0%	2%	0%	0%

FONTE: A autora (2022).

Na simulação 2 (TABELA 8), a ocupação dos lotes ocorreu sem pavimentos de garagem, assim, os resultados mostram o sombreamento das torres. Entretanto, observa-se que o sombreamento ocorre da mesma forma que na simulação 1 e maior porcentagem de sombreamento nas fachadas durante o inverno.

TABELA 8 – PORCENTAGENS DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS NA SIMULAÇÃO 2

SIMULAÇÃO 2		TORRES		
ORIENTAÇÃO/HORA		10h	12h	15h
INVERNO	NORDESTE	23%	19%	0%
	SUDOESTE	0%	0%	0%
	NOROESTE	25%	4%	2%
	SUDESTE	0%	0%	0%
VERÃO	NORDESTE	2%	0%	0%
	SUDOESTE	0%	0%	5%
	NOROESTE	0%	0%	0%
	SUDESTE	1%	0%	0%

FONTE: A autora (2022).

Nesse caso, ao serem comparadas as duas simulações, foi possível concluir que, para este estudo, as diferentes ocupações, apesar de terem apresentado porcentagens de áreas sombreadas mais significativas durante o inverno, sofrem variações quanto à abrangência do sombreamento. A simulação 1 (GRÁFICO 3) apresentou, na orientação nordeste, valores próximos de 31% da fachada sombreada às 10h; de 22% às 12h; 27% às 15h. A simulação 2 (GRÁFICO 7), para essa mesma orientação, não houve sombreamento da fachada às 15h, e para os demais horários o sombreamento foi de 23% às 10h e 19% às 12h.

Com relação as demais orientações, a fachada sudoeste não apresentou área sombreada em ambas as simulações, a fachada sudeste apresentou 5% de área sombreada às 10h e 1% às 12h, na simulação 1, e não houve sombreamento na simulação 2. Para a orientação noroeste, a simulação 1 apresentou sombreamento às 12h e às 15h com valores entre 2% e 7%, respectivamente; no entanto, a simulação 2 apresentou sombreamento correspondente a 25% da fachada às 10h, e 4% e 2% às 12h e 15h, respectivamente.

As porcentagens encontradas e as diferenças de sombreamento para as duas simulações, no verão e inverno, apresentaram aspecto divergente para algumas diretrizes construtivas constantes na parte 3 da norma NBR 15.220/05. De acordo com essa regra, para Curitiba (Zona Bioclimática 1) as estratégias bioclimáticas adequadas são: (1) aberturas médias para a ventilação; (2) insolação nas aberturas durante o período frio; (3) aquecimento solar passivo da edificação; (4) vedações internas pesadas e externas leves, além de ser importante considerar a forma, orientação e implantação da edificação (ABNT, 2005).

Por mais que a norma traga a informação que o condicionamento passivo é insuficiente durante o período mais frio do ano, de acordo com Olgyay (2010 *apud* XIMENES, 2014), é possível melhorar o conforto térmico das edificações em climas frios com base no espaçamento adequado entre as construções, de modo a permitir a insolação das fachadas.

Como citado anteriormente, uma das dificuldades das transformações do espaço urbano é o acesso solar, uma vez que quanto maior a altura de um edifício, maior é a sombra que ele projeta (TAMURA, 2010). Entretanto, os resultados obtidos, com base nas simulações 1 e 2, mostram que a altura não é o único parâmetro que impacta no sombreamento, sendo importante analisar os afastamentos entre as edificações. Givoni⁹ (1989 *apud* Duarte, 2000) havia considerado o distanciamento reduzido entre as edificações como uma complicação para a radiação em algumas áreas da edificação e que poderia ser contrabalanceada com a exposição maior de áreas com o solo natural e ventilação.

Além da importância de compreender o impacto do sombreamento nas edificações e a influência da legislação urbana no espaço, é imprescindível o conhecimento do clima, no qual a edificação está inserida, uma vez que ocupações semelhantes à simulação 2, em outros contextos climáticos e considerando outros aspectos, como ventilação e conforto, também possam ser benéficas. Como exemplos

têm-se o estudo de Nogueira *et al.* (2018), para Maceió-AL, no qual as edificações mais altas, com menores taxas de ocupação e maiores afastamentos são preferenciais no planejamento de edificações quanto à ventilação; e o estudo de Barbosa (2018), para Maringá-PR, no qual os altos gabaritos das edificações diminuem os centros de calor juntamente com o uso da vegetação.

Com base nos resultados obtidos, é possível reforçar a importância de se conhecer as características locais, o clima, a localização, dimensão e densidade (GIVONI, 1998), assim como ter a ciência de que os parâmetros urbanísticos indicam especificações genéricas dos elementos do espaço e sua relação com o território urbano (MARSHALL¹⁹, 2011 *apud* SILVA, 2014). Além de ressaltar a importância de verificar o impacto ambiental do conjunto edificado sobre a área de influência imediata durante o planejamento do projeto, seja sobre os espaços externos quanto sobre as construções vizinhas (CAMPOS, 2014).

4.2.1 Análise das sombras nas fachadas

As sombras nas fachadas das edificações dos dois cenários simulados foram representadas através de imagens que mostram a volumetria dos edifícios que apresentam algum sombreamento. Os demais edifícios (que não possuem sombreamento na fachada ou aqueles que ocultam a fachada a ser analisada) estão representados por suas projeções no solo. Para auxiliar na leitura, além da descrição, foi realizada a nomeação de todas as edificações simuladas, partindo-se do número do lote e uma letra, no caso de lotes que possuem mais de uma edificação simulada (FIGURA 31).

A seguir estão apresentados os resultados de cada uma das simulações e do impacto do sombreamento nas fachadas.

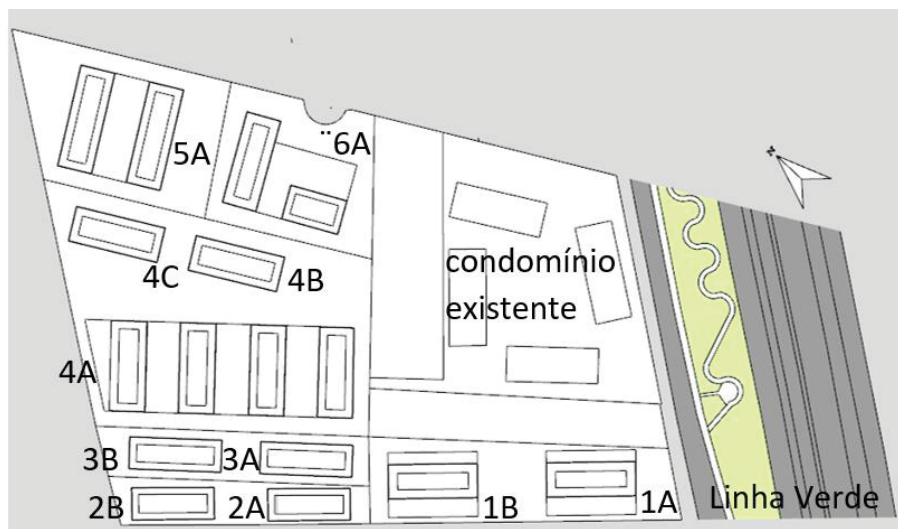
- SIMULAÇÃO 1: utilizou-se a taxa de ocupação e os dados de recuos como limitação da ocupação.

A FIGURA 31 apresenta as projeções das edificações nos lotes selecionados, assim como a identificação de cada prédio. Cada lote apresenta no mínimo duas torres

¹⁹ MARSHALL, S. **Urban coding and planning**. Nova York: Routledge, 2011.

e contam com pavimentos garagens, o que possibilitou utilizar o máximo possível da taxa de ocupação e recuos.

FIGURA 31 – PROJEÇÃO E NOMEAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES DA SIMULAÇÃO 1 NOS LOTES SELECIONADOS



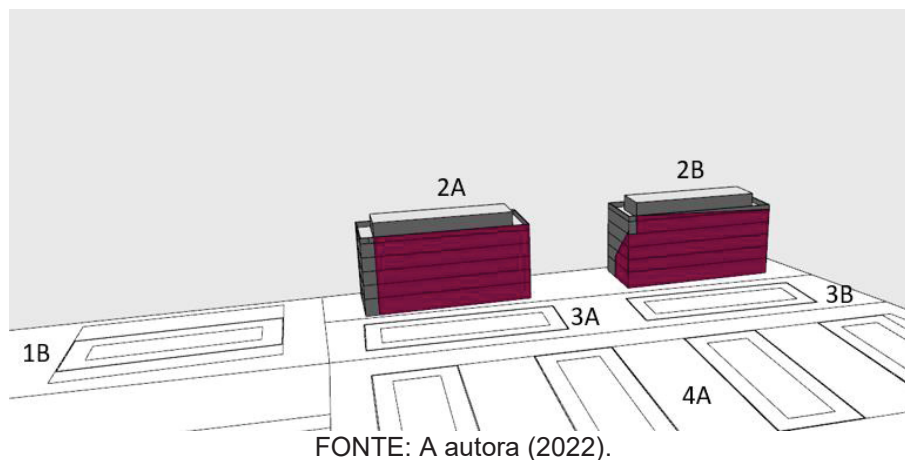
FONTE: A autora (2022).

SIMULAÇÃO 1 – Sombreamento às 10h no período de inverno

A FIGURA 32, FIGURA 33, FIGURA 34, FIGURA 35, FIGURA 36 e FIGURA 37 apresentam as fachadas que sofreram sombreamento às 10h no dia de inverno, e os polígonos coloridos correspondem a áreas sombreadas.

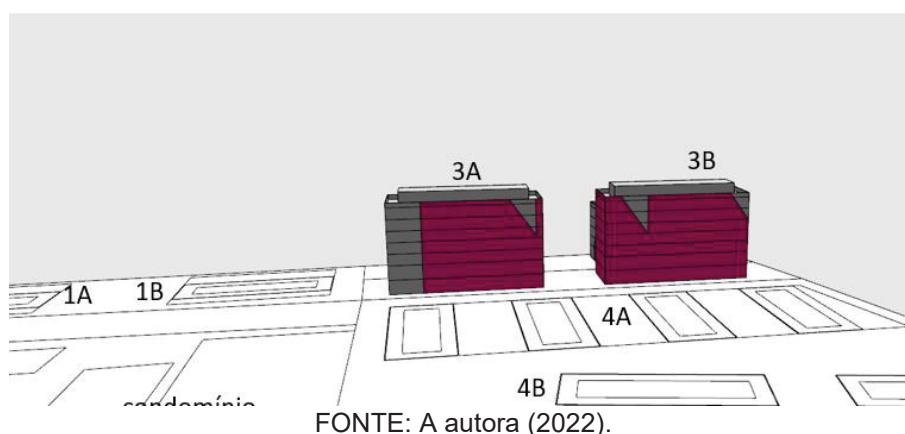
A FIGURA 32 apresenta o polígono do sombreamento das edificações 2A e 2B, ambas as sombras são geradas pelos edifícios do lote 3 e atingem quase que a totalidade da fachada nordeste, poupando apenas uma pequena área vertical na lateral esquerda da fachada da edificação 2A. Ao se comparar as duas edificações do lote 2, há uma variação no sombreamento: a fachada da edificação 2B sofre maior influência da edificação lindeira do lote 3, apresentando o pavimento garagem e os três primeiros pavimentos residenciais completamente sombreados, situação que não se repetiu na fachada da edificação 2A.

FIGURA 32 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A E 2B – INVERNO 10h



A FIGURA 33 FIGURA 33 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A E 3B – INVERNO 10h apresenta o polígono do sombreamento das edificações 3A e 3B, ambas as sombras são geradas pelos edifícios do lote 4 e atingem mais de 50% da fachada nordeste das edificações. Algumas pequenas áreas das edificações não são atingidas pelas sombras, destacando-se uma porção vertical esquerda do edifício 3A. Ao se comparar as duas edificações do lote 3, há uma variação no sombreamento: a fachada da edificação 3B sofre maior influência da edificação lindeira do lote 4 apresentando os pavimentos garagens e os dois primeiros pavimentos residencial completamente sombreados.

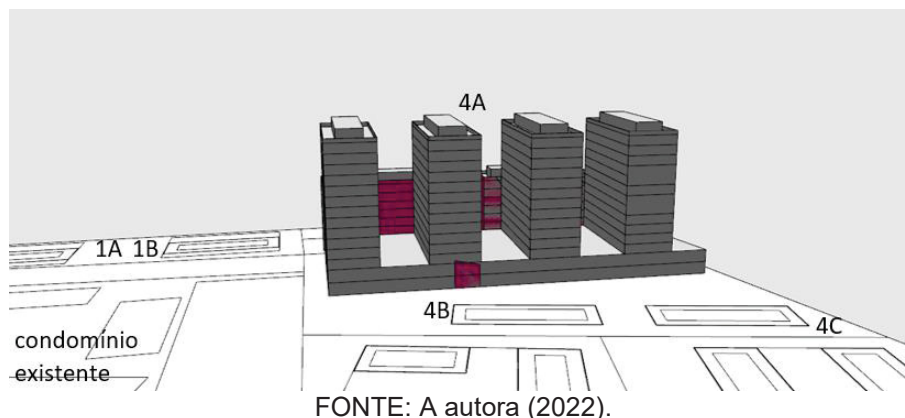
FIGURA 33 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A E 3B – INVERNO 10h



A FIGURA 34 e FIGURA 35 mostram o sombreamento nas edificações do lote 4, esses gerado pelos edifícios 5A e 6A.

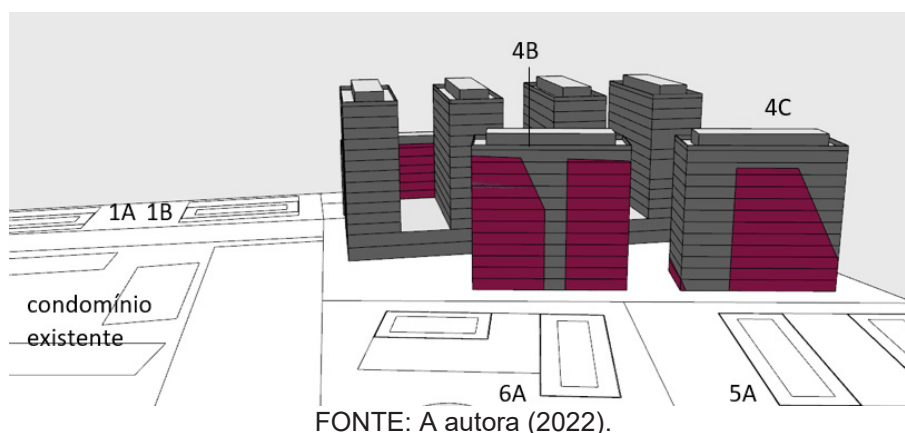
A FIGURA 34 mostra o polígono de sombreamento da fachada nordeste da edificação 4A. Ela apresenta uma pequena parcela da área da fachada sombreada que corresponde aos pavimentos garagens. As torres da edificação 4A não sofreram influência das edificações lindeiras quanto ao sombreamento gerado no inverno às 10h.

FIGURA 34 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DA EDIFICAÇÃO 4A – INVERNO 10h



A FIGURA 35 apresenta a fachada nordeste das edificações 4B e 4C. Elas apresentaram mais de 50% das suas fachadas sombreadas às 10h, no entanto o edifício 4C não apresenta sombreamento no pavimento mais alto. Os polígonos da edificação 4B são atingidos desde os primeiros pavimentos, mas com uma pequena área sem sombreamento. A edificação 4C é atingida pelo sombreamento, em uma porção que engloba todos os pavimentos, com exceção do último andar.

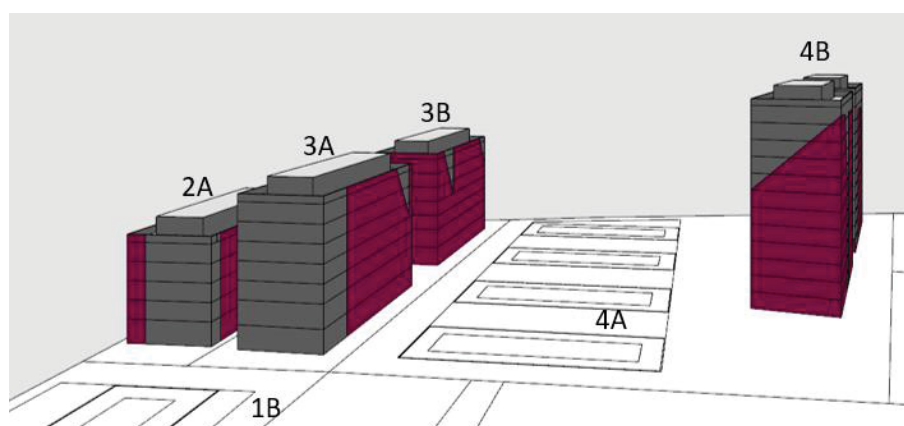
FIGURA 35 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 4B E 4C – INVERNO 10H



A FIGURA 36 e FIGURA 37 apresentam as edificações com as fachadas da orientação sudeste sombreada no inverno às 10h.

A FIGURA 36 apresenta os polígonos dos edifícios 2A e 4B. Eles foram gerados partindo-se do sombreamento dos edifícios dos lotes 4 e 6 respectivamente e pouparam a edificação 3ª, com base na disposição das edificações dos cenários. A edificação 2A apresenta sombreamento apenas em uma área vertical na fachada sudeste a esquerda, todos os pavimentos possuem a mesma porcentagem sombreada. A edificação 4B, diferente da anterior, não apresenta um sombreamento homogêneo. Os sete primeiros pavimentos são completamente sombreados, enquanto os últimos cinco pavimentos são sombreados parcialmente.

FIGURA 36 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A E 4B – INVERNO 10h



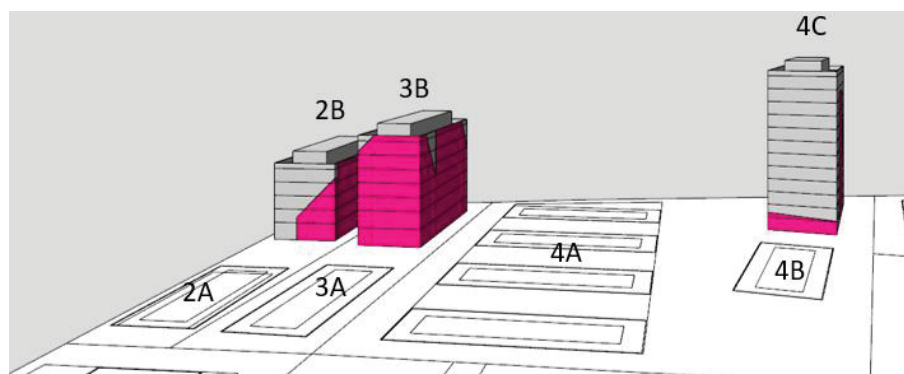
FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 37 apresenta os polígonos que representam o sombreamento das edificações 2B, 3B e 4C. Respectivamente essas sombras foram geradas pelas edificações dos lotes 4 (2B, 3B) e pela edificação do lote 6 (4C).

O edifício 2B apresenta uma área sombreada da fachada sudeste que corresponde menos de 50%. Da área sombreada, os dois primeiros pavimentos apresentam um sombreamento que ocupa um pouco mais da metade dos pavimentos, à medida que aumenta a altura a área do pavimento sombreado é menor, poupando por completo o 5º e último pavimento.

Diferente da edificação anterior, o edifício 3B tem sua fachada sudeste quase que 100% sombreada, apenas uma cunha pequena que corresponde à platibanda e à porção superior do último pavimento do lado esquerdo da edificação que não são sombreados. Já a edificação 4C apresenta apenas o primeiro pavimento (que corresponde à garagem) atingido em sua totalidade e uma pequena parcela do segundo pavimento.

FIGURA 37 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDESTE DAS EDIFICAÇÕES 2B, 3B E 4C – INVERNO 10h



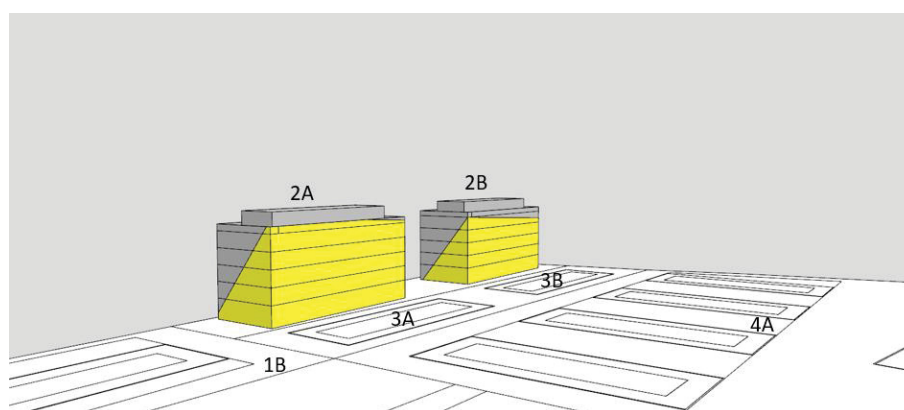
FONTE: A autora (2022).

SIMULAÇÃO 1 – Sombreamento às 12h no período de inverno

A FIGURA 38, FIGURA 39 e FIGURA 40, apresentam os polígonos das fachadas sombreadas durante o dia de inverno, às 12h.

A FIGURA 38 apresenta as edificações do lote 2. A fachada nordeste dos edifícios apresenta sombreamento que engloba todos os pavimentos, sendo atingidas quase que 100% pelas sombras das edificações do lote 3. Já na fachada sudeste, todos os pavimentos recebem sombras das edificações do lote 3, porém quanto mais alto o pavimento, menos ele sofre influência no sombreamento da fachada sudeste.

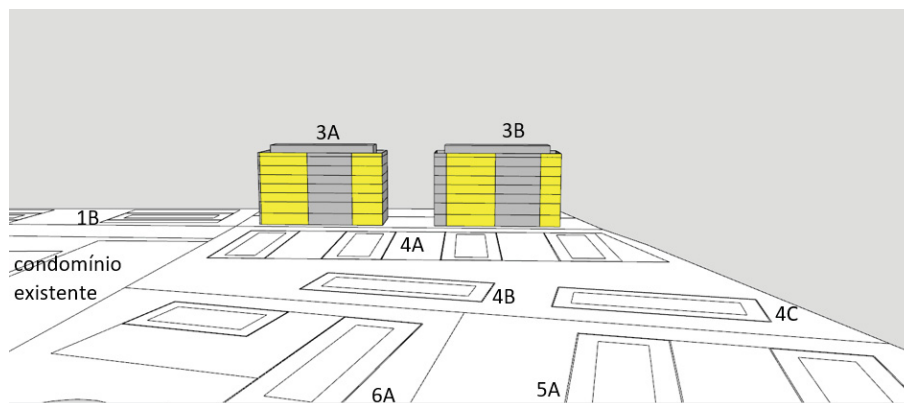
FIGURA 38 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE E SUDESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A E 2B – INVERNO 12h



FONTE: A autora (2022).

Os edifícios 3A e 3B apresentam sombreamento na fachada nordeste gerado pelas edificações do lote 4. As sombras, apesar de atingirem de forma semelhante todos os pavimentos, não envolvem totalmente a fachada, além de apresentarem sombreamento similares em ambas as edificações (FIGURA 39).

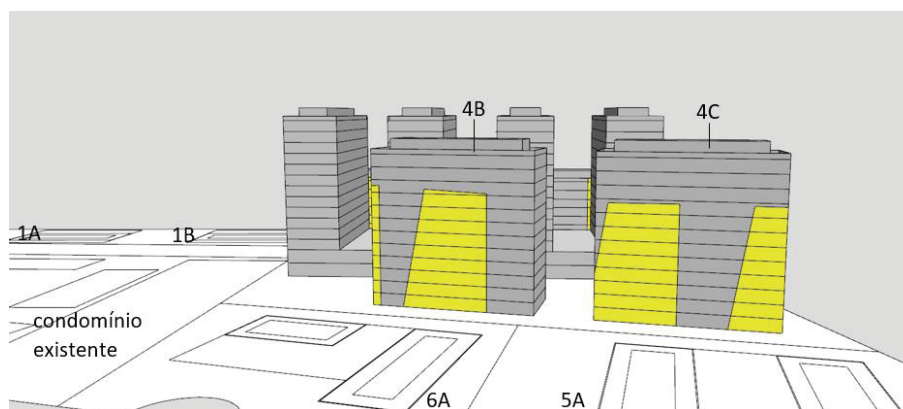
FIGURA 39 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A E 3B – INVERNO 12h



FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 40 apresenta o sombreamento gerado pelas edificações dos lotes 5 e 6 nos edifícios 4B e 4C, fachada nordeste. Não são todos os pavimentos atingidos por esses sombreamentos, sendo poupados os três últimos pavimentos dos edifícios 4B e 4C. Além disso, o sombreamento não é homogêneo, devido à disposição dos edifícios dos lotes 5 e 6.

FIGURA 40 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 4B E 4C – INVERNO 12h



FONTE: A autora (2022).

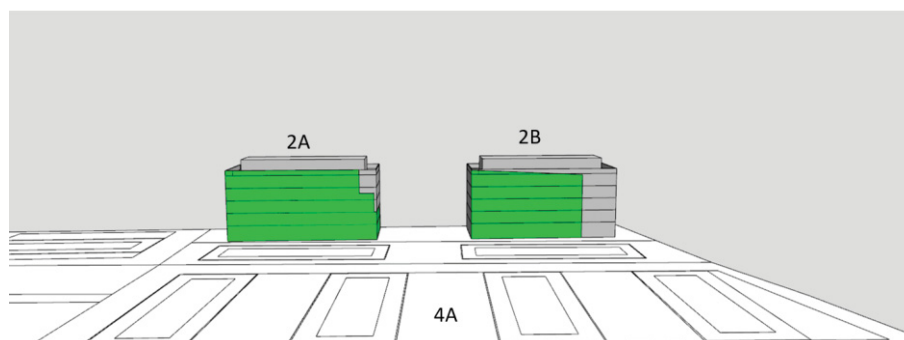
SIMULAÇÃO 1 – Sombreamento às 15h no período de inverno

A FIGURA 41, FIGURA 42, FIGURA 43, FIGURA 44 e FIGURA 45, apresentam os polígonos das fachadas sombreadas durante o inverno, às 15h.

A FIGURA 41 apresenta o sombreamento da fachada nordeste dos edifícios 2A e 2B. É possível observar que o edifício 2A possui maior área sombreada que a outra edificação do mesmo lote. Porém, todos os pavimentos dos dois edifícios apresentam sombreamento.

A edificação 2A, sombreada pelas edificações do lote 3, possui os três primeiros pavimentos completamente sombreados, enquanto os dois outros pavimentos da edificação possuem uma pequena área sem sombreamento. Já a fachada nordeste da edificação 2B, sombreada pelas edificações do lote 4, possui uma faixa vertical, sendo que aproximadamente $\frac{1}{4}$ de área da fachada não é atingida por sombras.

FIGURA 41 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A E 2B – INVERNO 15h

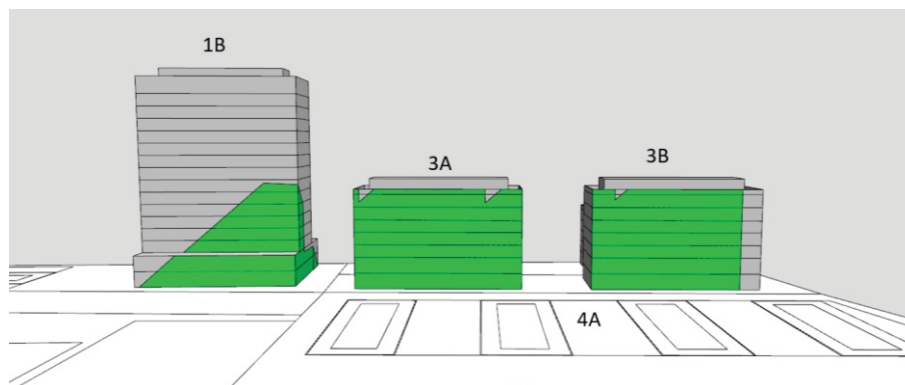


FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 42 apresenta o sombreamento da fachada nordeste das edificações 1B, 3A e 3B. As sombras geradas partindo-se dos edifícios do lote 4 se apresentam de forma distintas nas fachadas desses edifícios. A edificação 1B apresenta a maior parte do seu embasamento, os dois pavimentos garagens, sombreados. Os primeiros seis pavimentos residências apresentam sombreamento parcial e o restante da fachada recebe insolação direta.

As edificações do lote 3 têm uma apresentação semelhante às edificações do lote 2. O edifício 3A possui toda a fachada sombreada, apresentando duas pequenas áreas sem sombra, mas que correspondem principalmente áreas da platibanda da edificação. A edificação 3B apresenta o sombreamento em mais de 70% da fachada nordeste, compreende desde o pavimento garagem aos demais pavimentos residenciais. Apenas uma pequena área vertical não é atingida pelo sombreamento.

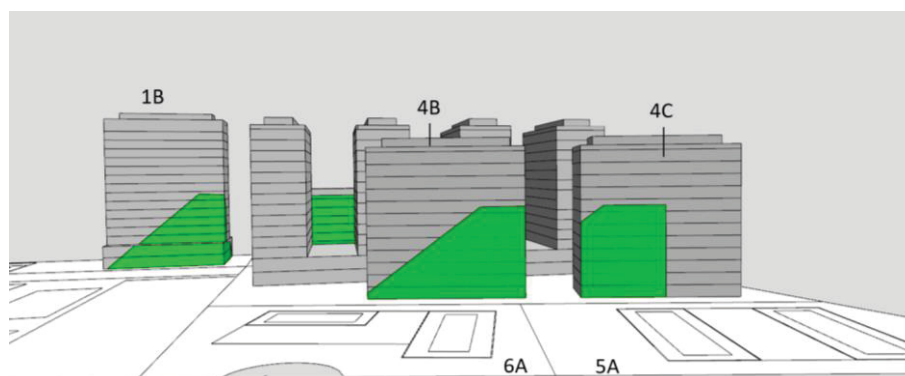
FIGURA 42 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 1B, 3A E 3B – INVERNO 15h



FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 43 apresenta em primeiro plano o sombreamento das fachadas das edificações 4B e 4C gerado pela edificação do lote 5. Nenhum dos edifícios tem a fachada totalmente sombreada. Somente os quatro últimos pavimentos da edificação 4B apresentam sombreamento parcial. O edifício 4C não possui nenhum pavimento completamente atingido pela sombra gerada pelo edifício vizinho. Todos os pavimentos sombreados apresentam aproximadamente 50% de atingimento da fachada.

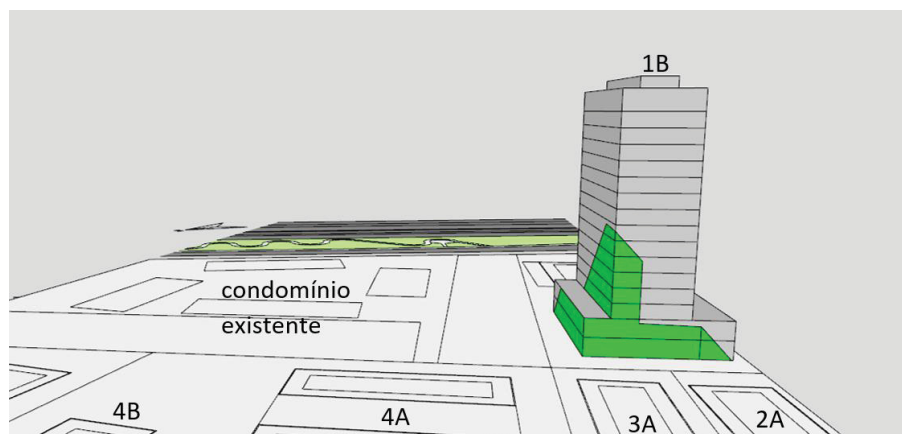
FIGURA 43 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 4B E 4C – INVERNO 15h



FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 44 mostra a fachada noroeste da edificação 1B. Sombreada pelos edifícios do lote 3, apresenta área com sombras tanto no seu embasamento quanto na sua torre. A base da edificação é quase totalmente sombreada, enquanto a torre apresenta 6 pavimentos sombreados, em diferentes proporções, chegando à 50% da área de fachada nos pavimentos mais baixos.

FIGURA 44 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DA EDIFICAÇÃO 1B – INVERNO 15h



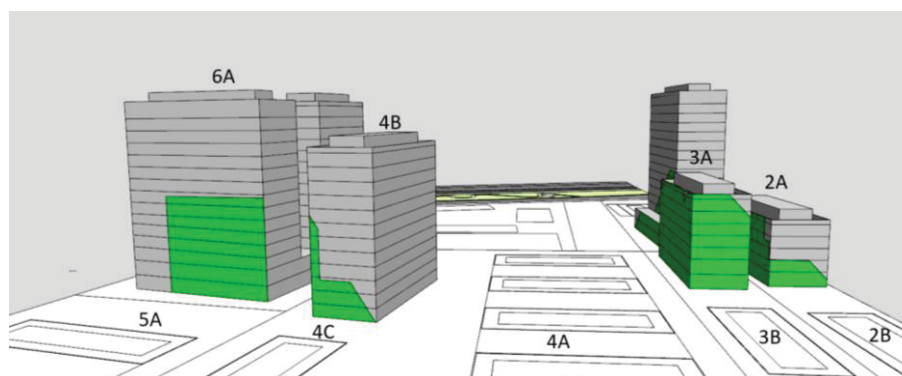
FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 45 apresenta a fachada noroeste das edificações 2A, 3A, 4B e 6A. A edificação 2A apresenta sombreamento apenas em seus dois primeiros pavimentos, abrangendo completamente o pavimento garagem da edificação. Já a edificação 3A apresenta sombreamento em toda a sua fachada noroeste.

A edificação 4B apresenta sombreamento nos primeiros oito pavimentos, sendo o maior impacto nos dois pavimentos garagens e no primeiro pavimento residencial.

O edifício 6A possui sombra gerada pela edificação do lote 5A apenas em sua fachada noroeste de forma parcial. O sombreamento atinge aproximadamente 2/3 da área dos dois pavimentos garagens e dos seis primeiros pavimentos residenciais.

FIGURA 45 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A, 3A, 4B E 6A – INVERNO 15h



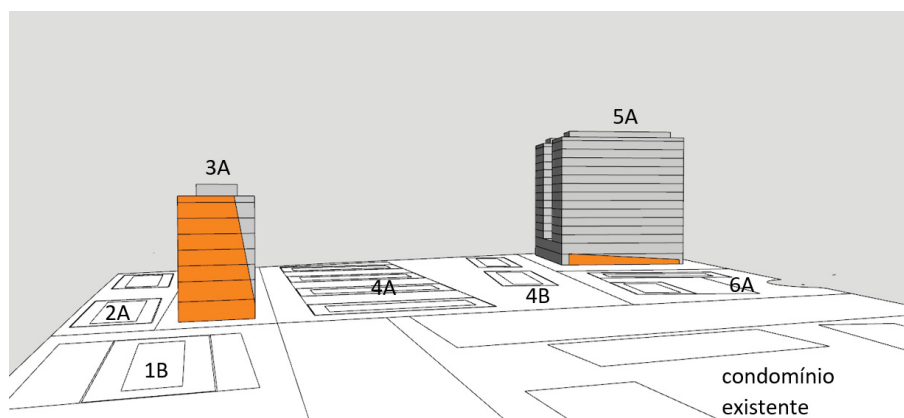
FONTE: A autora (2022).

Sombreamento às 10h no período de verão

A FIGURA 46 apresenta as fachadas sudeste sombreadas no verão, às 10h. A edificação 3A tem a fachada sudeste atingida pelas sombras geradas pelas

edificações do lote 1, sendo o primeiro pavimento completamente sombreado e o último com 2/3 de área de fachada sombreada. Já a edificação 5A apresenta apenas o primeiro pavimento, o qual corresponde à garagem, parcialmente sombreado pela edificação do lote 6. Na edificação 5A, os pavimentos residenciais não foram sombreados.

FIGURA 46 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A E 5A – VERÃO 10h

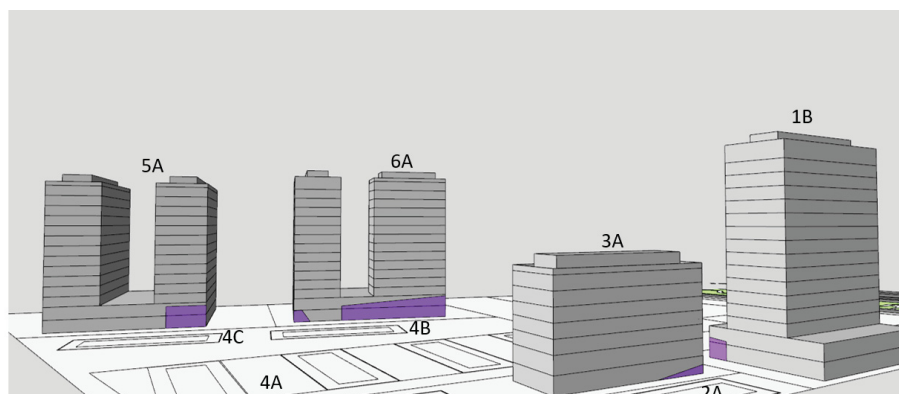


FONTE: A autora (2022).

SIMULAÇÃO 1 – Sombreamento às 15h no período de verão

A FIGURA 47 apresenta as fachadas sombreadas durante os dias de verão, às 15h. Ela apresenta o sombreamento das edificações 1B, 3A, 5A e 6A, o qual atinge parcialmente os pavimentos garagens, deixando as torres livres de sombras na simulação 1. Todas as edificações presentes contam com o sombreamento na fachada sudoeste, exceto o edifício 1B, que apresenta sombra na fachada noroeste gerada pelas edificações do lote 3.

FIGURA 47 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDOESTE DAS EDIFICAÇÕES 1B, 3A, 5A E 6A – VERÃO 15h



FONTE: A autora (2022).

As imagens do sombreamento nas fachadas das edificações da simulação 1 revelam a forma como as sombras geradas influenciam no cenário. Durante o inverno, as edificações apresentam áreas mais sombreadas, principalmente na fachada nordeste. As edificações dos lotes 2 e 3 são as que mais recebem sombra na orientação nordeste pelas edificações dos lotes 3 e 4, respectivamente, durante os três horários analisados.

A análise do sombreamento das fachadas no período de inverno mostrou que, na maior parte dos lotes, as edificações receberam sombreamento bastante significativos nos pavimentos inferiores, nos três horários e nas quatro fachadas analisadas. A ocupação dos lotes na simulação 1 resultou na definição de pavimentos garagens nos dois primeiros pavimentos das edificações. Essa configuração é interessante, na situação de inverno, pois os pavimentos inferiores, que recebem o maior impacto do sombreamento, não são destinados ao uso residencial. Propiciando maior insolação das unidades habitacionais no período de inverno.

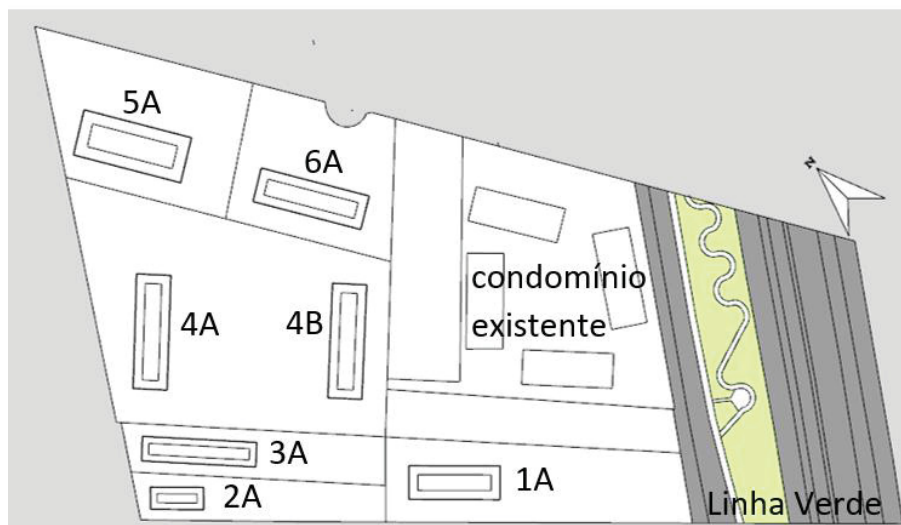
Na simulação 1, a ocupação dos lotes foi feita pela implantação paralela das edificações entre si. Isso é resultado direto da aplicação do parâmetro de altura $H/6$ dentro do lote, que considera o distanciamento entre a edificação e as divisas. As edificações paralelas entre si e com pouco afastamento entre edificações de lotes vizinhos, geraram grande impacto no sombreamento das fachadas.

Durante o verão o sombreamento recebido pelas edificações é menor que no inverno, sendo que em alguns horários as edificações não são sombreadas por edificações dos lotes vizinhos.

- **SIMULAÇÃO 2:** utilizou-se a possibilidade de compra de potencial construtivo, prevendo altura livre.

A FIGURA 48 mostra a nomeação das torres projetadas na área selecionada para o trabalho. Na simulação 2, cada lote possui uma edificação com a exceção do lote 4, o qual apresenta duas torres e, diferentemente do que ocorreu da simulação 1, não foi previsto pavimentos garagens. Assim sendo, todos os pavimentos representados e discutidos a seguir foram pensados como residenciais.

FIGURA 48 – PROJEÇÃO E NOMEAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES DA SIMULAÇÃO 2 NOS LOTES SELECIONADOS



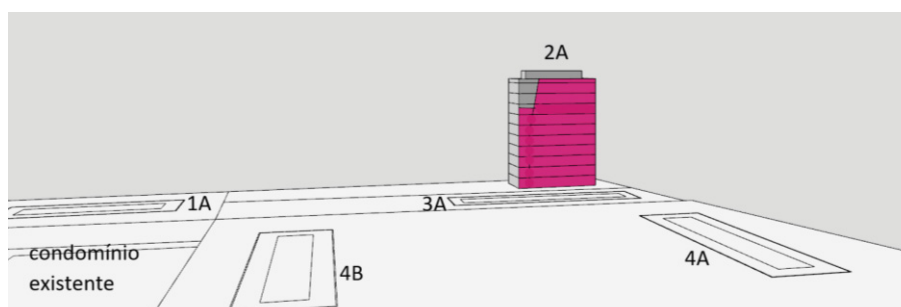
FONTE: A autora (2022).

SIMULAÇÃO 2 – Sombreamento às 10h no período de inverno

A FIGURA 49, FIGURA 50, FIGURA 51 e FIGURA 52 apresentam os polígonos das fachadas sombreadas durante o inverno, às 10h. É possível notar que algumas edificações apresentam todos os pavimentos sombreados, enquanto as demais tem sombreamento parcial.

A FIGURA 49 apresenta a edificação 2A, cuja fachada nordeste está quase completamente sombreada. Essa sombra foi produzida pelas edificações dos lotes 3 e 4, e somente uma pequena parte dos dois últimos pavimentos recebem insolação.

FIGURA 49 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DA EDIFICAÇÃO 2A – INVERNO 10h

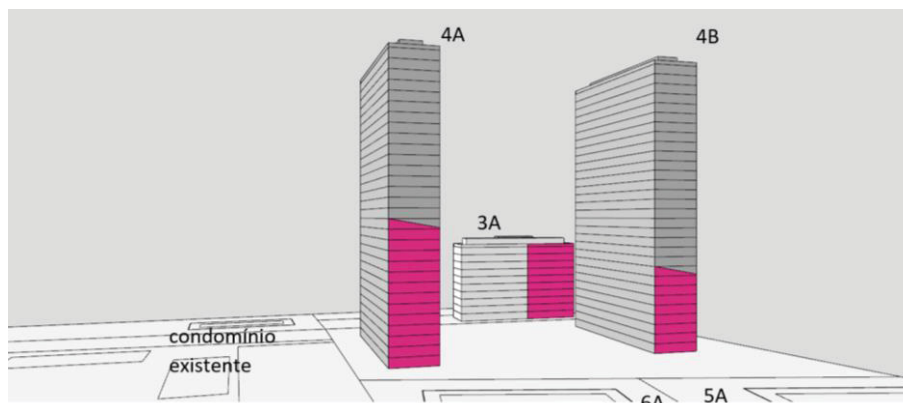


FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 50 mostra as edificações 3A, 4A e 4B. O edifício 3A é sombreado pelas edificações do lote 4 e possui aproximadamente a metade direita da sua fachada nordeste sombreada e a fachada noroeste completamente sombreada. Quanto às

edificações 4A e 4B, os sombreamentos correspondem às edificações dos lotes 5 e 6. No entanto, somente os pavimentos inferiores receberam sombra.

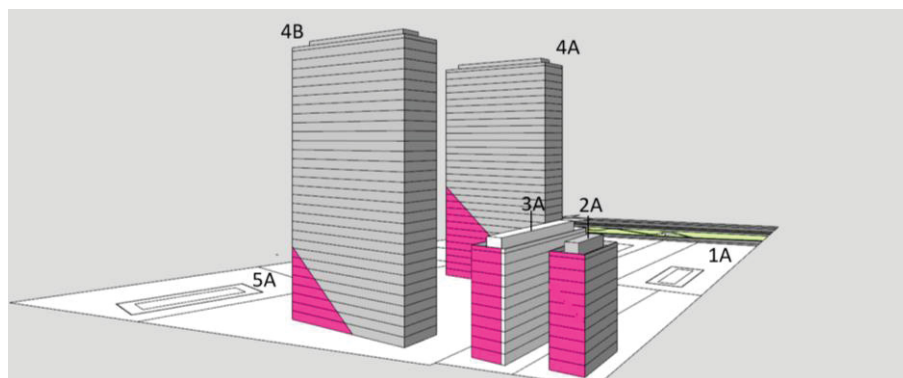
FIGURA 50 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A, 4A E 4B – INVERNO 10h



FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 51 apresenta o sombreamento na fachada noroeste das edificações dos lotes 2, 3 e 4. As edificações 2A e 3A apresentam a fachada noroeste completamente sombreada pelas edificações dos lotes 3 e 4, respectivamente.

FIGURA 51 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DAS EDIFICAÇÕES 2A, 3A – INVERNO 10h

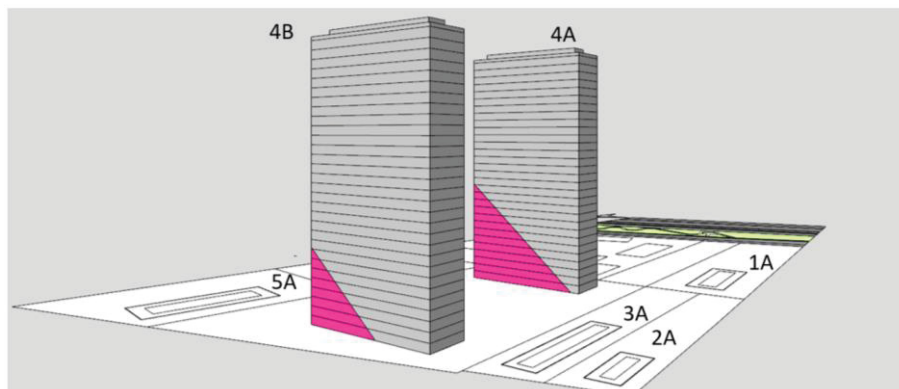


FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 52 mostra apenas o volume das edificações 4A e 4B e os polígonos que representam o sombreamento gerado pelas edificações dos lotes 5 e 6. O edifício 4A apresenta um sombreamento que atinge treze pavimentos. Os primeiros são aproximadamente todos sombreados e à medida que aumenta a altura, diminui a área atingida pela sombra. O edifício 4B apresenta um sombreamento menos significativo se comparado ao anterior. Ele apresenta oito pavimentos sombreados e quanto maior

a altura menor a porcentagem atingida, porém em nenhum deles há um comprometimento total.

FIGURA 52 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DAS EDIFICAÇÕES 4A E 4B – INVERNO 10h



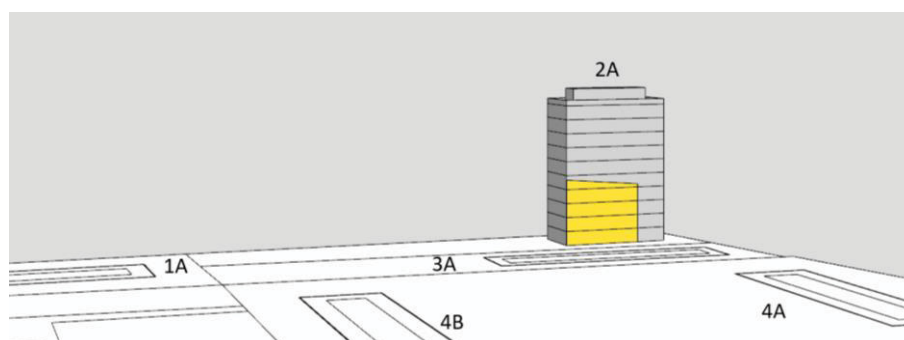
FONTE: A autora (2022).

SIMULAÇÃO 2 – Sombreamento às 12h no período de inverno

A FIGURA 53, FIGURA 54 e FIGURA 55 apresentam os polígonos das fachadas sombreadas durante o inverno, às 12h.

Ao se observar a FIGURA 53 é possível notar o sombreamento produzido pela edificação do lote 3 e que atinge a fachada nordeste da edificação 2A. A sombra abrange parcialmente os primeiros cinco pavimentos da edificação, preservando por completo o restante dos pavimentos.

FIGURA 53 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DA EDIFICAÇÃO 2A – INVERNO 12h

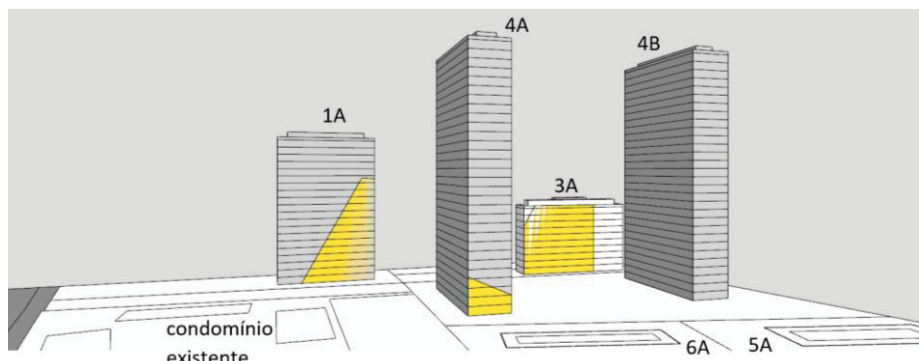


FONTE: A autora (2022).

Observando a FIGURA 54, a edificação 1A não apresenta a fachada nordeste completamente atingida pelo sombreamento das edificações do lote 4. Já a edificação 3A apresenta mais da metade da fachada nordeste sombreada. A sombra gerada pelas edificações do lote 4 atinge todos os pavimentos da edificação de forma semelhante, preservando apenas o lado direito da fachada representada na figura.

Quanto às edificações presentes no lote 4, apenas a 4A foi sombreada. A edificação do lote 6 gerou uma sombra que atingiu totalmente os dois primeiros pavimentos e parcialmente o terceiro e quarto pavimentos.

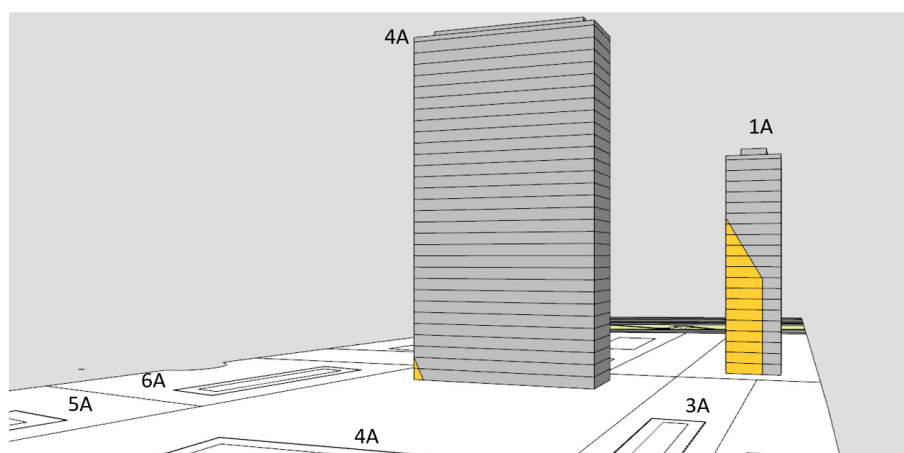
FIGURA 54 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NORDESTE DAS EDIFICAÇÕES 1ª, 3ª, 4ª E 4B – INVERNO 12h



FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 55 apresenta o sombreamento das fachadas noroeste das edificações 1ª e 4ª. Respectivamente elas são sombreadas pelas edificações dos lotes 4 e 6. O edifício 1ª apresenta sombreamento em quinze dos seus 20 pavimentos. Até o 9º pavimento, a sombra ocupava mais da metade dos pavimentos, e nos seis demais, a sombra diminui à medida que a altura aumenta. Já a edificação 4A apresenta pequeno sombreamento nos dois primeiros pavimentos, ocupando uma área muito pequena com relação a área da fachada do edifício.

FIGURA 55 - SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DAS EDIFICAÇÕES 1A E 4A – INVERNO 12h

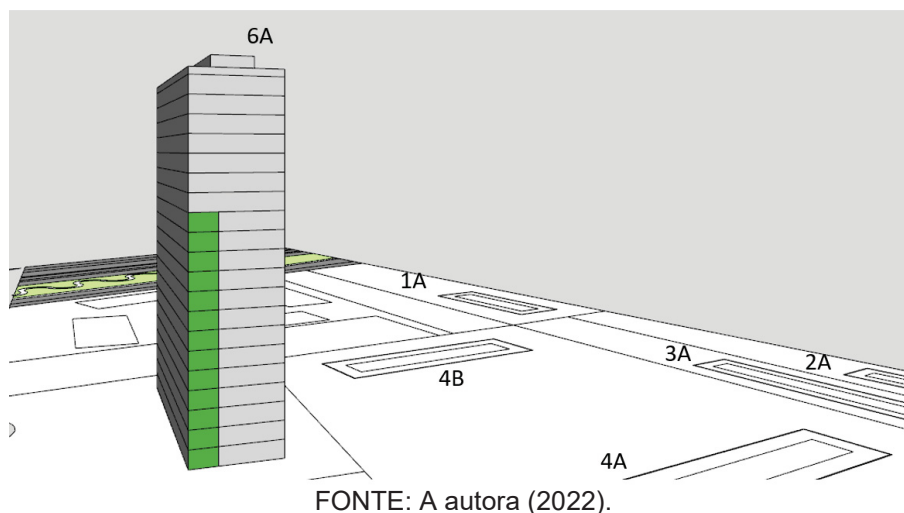


FONTE: A autora (2022).

SIMULAÇÃO 2 – Sombreamento às 15h no período de inverno

A FIGURA 56 apresenta o polígono da fachada sombreada durante o inverno, às 15h. A fachada noroeste do edifício 6A recebe o sombreamento gerado pela edificação do lote 5. O edifício tem vinte pavimentos, sendo que treze deles apresentam aproximadamente 1/3 da área sombreada.

FIGURA 56 – SOMBREAMENTO DA FACHADA NOROESTE DA EDIFICAÇÃO 6A – INVERNO 15h

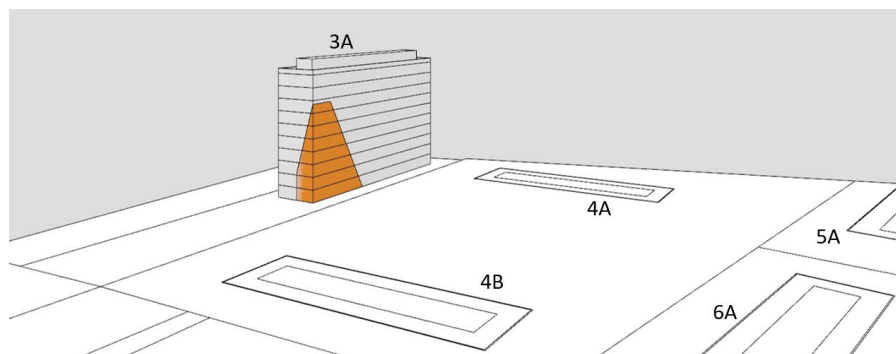


SIMULAÇÃO 2 – Sombreamento às 10h no período de verão

A FIGURA 57 apresenta os polígonos das fachadas sombreadas durante o verão, às 10h. O edifício 3A mostra o sombreamento nas fachadas nordeste e sudeste gerado a partir dos edifícios do lote 4. O edifício tem dez pavimentos, sendo oito parcialmente sombreados.

A fachada nordeste possui sombreamento máximo de um terço (1/3) no primeiro pavimento. O lado sudeste da edificação 3A apresenta sombreamento que atinge aproximadamente metade da fachada nos três primeiros pavimentos e nos demais, e área sombreada diminui à medida que aumenta a altura.

FIGURA 57 – SOMBREAMENTO DAS FACHADAS SUDESTE E NORDESTE DA EDIFICAÇÃO 3A – VERÃO 10h

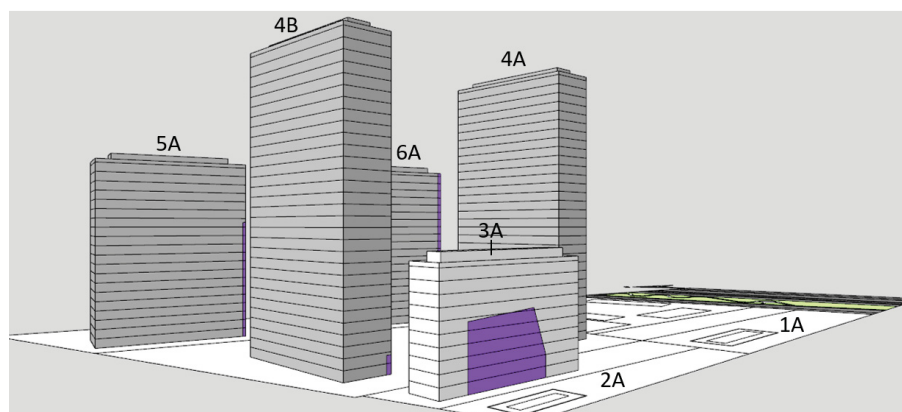


FONTE: A autora (2022).

SIMULAÇÃO 2 – Sombreamento às 15h no período de verão

A FIGURA 58 e FIGURA 59 apresentam os polígonos das fachadas sombreadas durante o verão, às 15h. A edificação 3A, mostrada na FIGURA 58, apresenta um sombreamento parcial na fachada sudoeste em seis pavimentos do total de dez. A sombra existente foi gerada a partir da edificação do lote 2. Já o edifício 4B apresenta em menor proporção um sombreamento na fachada sudoeste, onde dois pavimentos foram minimamente atingidos pela sombra gerada pela edificação do lote 3.

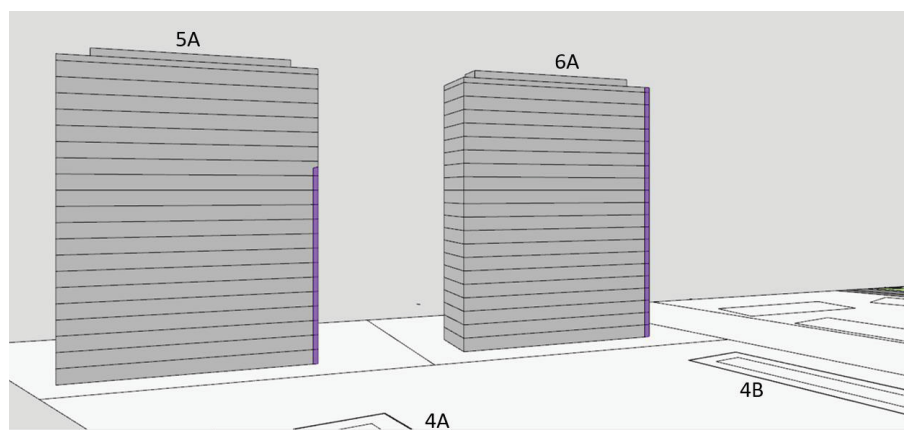
FIGURA 58 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDOESTE DAS EDIFICAÇÕES 3A e 4B – VERÃO 15h



FONTE: A autora (2022).

A FIGURA 59 apresenta os edifícios 5A e 6A, os quais apresentam uma pequena parcela da fachada sudoeste atingida pelas sombras geradas das edificações do lote 4. Os seis últimos pavimentos do edifício 5A não apresentam sombreamento. Já o edifício 6A apresenta todos os pavimentos com uma parcela mínima de sombreamento.

FIGURA 59 – SOMBREAMENTO DA FACHADA SUDOESTE DAS EDIFICAÇÕES 5A e 6A – VERÃO 15h



FONTE: A autora (2022).

A análise das sombras resultantes da simulação 2 mostra que durante o inverno, as edificações apresentam áreas mais sombreadas, principalmente nas fachadas nordeste e noroeste. As edificações dos lotes 2, 3 e 4 são as que mais recebem sombra principalmente no inverno às 10h e 12h. Na simulação de verão, há momentos do dia em que as edificações no cenário 2 não são sombreadas por edificações dos lotes vizinhos, tal como ocorreu na simulação 1, mesmo apresentando configurações de cenários diferentes.

No cenário 2, os pavimentos mais próximos ao solo não sofrem tanto sombreamento pois as edificações estão mais distantes entre si, promovendo maior permeabilidade ao sol. Entretanto, no inverno ocorre maior sombreamento, se comparado ao verão, mas com menos incidência se comparado com a simulação 1.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa avaliou o impacto do sombreamento em fachadas de edifícios, considerando o adensamento e a verticalização propostos pela Lei Municipal 15.511/2019, em lotes no Setor Especial da Linha Verde de Curitiba-PR. Com a finalidade de escolher os lotes e a zona da Linha Verde para o trabalho, foram necessários os levantamentos dos terrenos existentes com áreas maiores que 1000 m² e dos conjuntos habitacionais de habitação coletiva dos três setores da via. Dessa forma, optou-se pelo Setor Especial da Linha, setor sul, uma vez que nessa área estão presentes o maior número de lotes com o tamanho mínimo para o zoneamento selecionado e a maioria dos conjuntos habitacionais de habitação coletiva da via.

Essa primeira seleção foi possível tomando-se por base a disponibilização dos dados cadastrais e geográficos no Sistema de Referência de Coordenadas Planas SIRGAS 2000/UTM ZONE 22S pelo *site* do IPPUC. Os arquivos georreferenciados de curva de nível, planta cadastral e arrumamento favoreceram a identificação dos lotes vizinhos ao conjunto habitacional selecionado como referência e foram compatibilizados para este trabalho com base no uso do programa QGis, que auxiliou na quantificação dos dados, e do uso do programa AutoCad 2016 como instrumento de estudo da implantação dos dois cenários planejados para a pesquisa.

Para os cenários de ocupação simulados, foram utilizados os seguintes parâmetros urbanos: a simulação 1, que apresentou o cenário cuja taxa de ocupação e os dados de recuos foram os limitantes da ocupação, e a simulação 2, que mostrou o cenário limitado pelo uso da altura livre, ambos com a possibilidade da compra de potencial construtivo permitido para a zona urbana selecionada. A construção dos cenários, as simulações e a quantificação do sombreamento foram feitas utilizando a modelagem 3D no programa Sketchup 2018. As volumetrias possibilitaram as simulações realizadas em três horários do dia para o solstício de inverno e de verão, a fim de mensurar o sombreamento causado pelas edificações vizinhas dentro dos cenários desenvolvidos. Com essa finalidade, foi necessário configurar os dados geográficos e de iluminação no próprio programa, uma vez que ele possibilita esse recurso.

Os resultados obtidos pela ocupação projetada para a simulação 1 apresentaram lotes, onde a taxa de ocupação era igual ou superior a 40%, o coeficiente de aproveitamento médio foi de 3,2, os afastamentos de divisa não

ultrapassaram 8 metros (respeitando a razão H/6) e a altura máxima foi de 52,5 metros. Com relação aos resultados da quantificação do sombreamento para esse cenário, verificou-se que durante o inverno há maior porcentagem de área de fachada sombreada do que durante o verão, destacando-se a fachada nordeste que apresentou maior porcentagem de sombreamento nos três horários analisados, tendo 31%, 23% e 30% da fachada sombreada às 10h, 12h e 15h, respectivamente. No verão o sombreamento máximo ocorreu na fachada sudeste às 10h atingindo 2% da área da fachada.

Os resultados obtidos para a simulação 2 apresentaram lotes com as taxas de ocupação variando entre 11% e 23%, coeficiente de aproveitamento médio de 2,9, afastamento de divisa com valores entre 5 e 15 metros e altura máxima de 93,5 metros. Com relação ao sombreamento gerado por essas edificações, como na simulação 1, também foram contabilizadas porcentagens maiores durante o inverno, principalmente nas fachadas nordeste (23% às 10h e 19% às 12h) e noroeste (25% às 10h). Para o período de verão o maior sombreamento foi de 5% da área total da fachada sudoeste às 15h.

Para este trabalho, vale ressaltar que os resultados encontrados não buscaram determinar com exatidão a melhor ocupação para a área selecionada, tampouco a percepção do usuário a respeito da produção sistematizada da forma urbana, uma vez que ela é estabelecida pela organização e constituição de diversos elementos morfológicos pertencentes à área e à relação entre os aspectos de organização funcional, quantitativos, qualitativos e figurativos (LAMAS, 1989).

Entretanto, a pesquisa indica que os órgãos municipais responsáveis pela elaboração das leis urbanas e das diretrizes de uso e ocupação do solo analisem a viabilidade de especificar melhor os parâmetros relacionados à altura livre, taxa de ocupação e aos afastamentos. Uma vez que, de acordo com os resultados obtidos, as projeções do sombreamento, principalmente durante o inverno, sugerem a possibilidade de redução do desempenho térmico, lumínico e energético de grande parte das unidades habitacionais simuladas.

O presente estudo possui algumas limitações relacionadas ao método e à área de abrangência, como:

- Estações do ano analisadas no estudo;
- Uso do programa Sketchup para a quantificação do sombreamento;

- Restrição quanto à tipologia adotada para os cenários;
- Restrição quanto à ocupação dos lotes
- Uso de outros fatores ambientais tais como ventilação e radiação que não foram trabalhados em conjunto com as simulações;
- Restrição do zoneamento selecionado para a pesquisa e;
- Restrição do setor selecionado para a pesquisa.

Para pesquisas futuras ou como oportunidade para continuação deste trabalho, sugere-se:

- Utilizar programas computacionais que abranjam mais de um fator ambiental;
- Testar alterações quanto aos parâmetros urbanos existentes;
- Comparar os resultados encontrados com outros zoneamentos da Linha Verde ou que possuam parâmetros semelhantes;
- Verificar o impacto que o sombreamento gera em relação aos aspectos sociais, econômicos e ambientais no seu entorno;
- Simular os cenários em outras estações do ano;
- Mesclar os cenários produzidos e;
- Expandir a área de influência e análise de sombreamento.

REFERÊNCIAS

- ANTONUCCI, D. **Morfologia urbana e legislação urbanística**: estudo de setores de bairros na cidade de São Paulo no período de 1972/2002. 2006. 350f. Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001523587>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- ASSIS, E. S.; FROTA, A. B. Urban bioclimatic design strategies for a tropical city. **Atmospheric Environment**, v. 33, n. 24-25, out. 1999. p. 4135-4142. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s1352-2310\(99\)00155-7](http://dx.doi.org/10.1016/s1352-2310(99)00155-7). Acesso em: 15 abr. 2020.
- ASSIS, E. S.; RAMOS, J. G. L.; SOUZA, R. V. G.; CORNACCHIA, G. M. M. Aplicação de dados do clima urbano no desenvolvimento de planos diretores de cidades mineiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, n. 9, 2007a, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Antac, 2007.
- ASSIS, E. S.; SOUZA, R. V. G.; RAMOS, J. G. L.; COIMBRA, V. B. C.; COSTA, S. A. P. Integração do conceito de envelope solar na legislação urbana para economia de energia no setor residencial. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, Vitória, 2007b. **Anais...** Vitória: ABEE, 2007. p. 1-8.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220/05**: desempenho térmico de edificações. Parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2019: ano-base 2018 / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2019. Disponível em: www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf. Acesso em: 28 jul. 2020.
- BARBOSA, A. **Urbanismo bioclimático**: efeitos do desenho urbano na sensação térmica. 356f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. DOI: 10.11606/T.102.2018.tde-16042018-152343. Acesso em: 15 maio 2020.
- BARBOSA, G. S.; ROSSI, A. M. G.; DRACH, P. R. C. Análise de projeto urbano a partir de parâmetros urbanos sustentáveis: alteração morfológica de Copacabana e algumas de suas consequências climáticas (1930-1950-2010). **URBE – Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 6, n. 3, set./dez. 2014. p. 275-287.
- BIRCK, M. B. **Condicionantes solares como princípio orientador da forma urbana**: um estudo de caso aplicado no contexto do Distrito Federal. 2017. 249f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/25234>. Acesso em: 19 jul. 2021.
- BOTECHIA, F. R. **Persistências da forma urbana. Um estudo morfológico sobre o Eixo Maruípe**. 2018. Disponível em:

<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/18.213/6895>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Lei de Parcelamento do Solo (1979). Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 dez. 1979. Seção 1, p. 19457.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 jul. 2001. Seção 1, p. 1.

CAMPOS, G. A. C. **Análise da influência do sombreamento causado pelos edifícios na zona central de Curitiba**. 2014. 159f. Dissertação (Área de concentração: Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

CARMO, J. C. B. **A permanência de estruturas urbanas e a construção do conceito de cidade na abordagem geográfica**: reflexões sobre o planejamento urbano da cidade de Curitiba. 122f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/26438/dis_final_final.pdf?sequencia=1. Acesso em: 16 jun. 2020.

CINTRA, M. S. **Arquitetura e luz natural**: a influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília (DF), 2011. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9909/1/2011_MilenaSampaioCintra.pdf. Acesso em: 15 abr. 2020.

COSTA, S. A. P.; SAFE, S. M. S.; CASTRO, C. REFLEXÕES SOBRE A ESCOLA ITALIANA DE MORFOLOGIA URBANA. *In*: II CONINTER – Congresso Internacional Interdisciplinar e Sociais e Humanidades, 2013, Belo Horizonte. **Anais Globalização e Interdisciplinaridade**, 2013.

CURITIBA. **Lei nº 9.800, de 3 de janeiro de 2000**. Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no Município de Curitiba e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Curitiba, 2000.

CURITIBA. **Lei Municipal nº 11.266, de 16 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre a adequação do Plano Diretor de Curitiba ao Estatuto da Cidade – Lei Federal nº 10.257/01, para orientação e controle do desenvolvimento integrado do município. Prefeitura Municipal de Curitiba, 2004.

CURITIBA. Lei Municipal nº 13.909, de 19 de dezembro de 2011. Aprova a operação urbana consorciada Linha Verde (2011). **Diário Oficial [de] Curitiba**, Poder Executivo, Curitiba, PR, 19 dez. 2011.

CURITIBA. **Lei nº 14.771, de 17 de dezembro de 2015**. Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor de Curitiba de acordo com o disposto no art. 40 § 3º, do Estatuto da Cidade, para orientação e controle do desenvolvimento integrado do município. Prefeitura Municipal de Curitiba, 2015.

CURITIBA. **Lei nº 15.511, de 10 de outubro de 2019**. Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no Município de Curitiba e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Curitiba, 2019.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. Aspectos climáticos de Curitiba-PR: uma contribuição para o ensino médio. **Revista Reaga – O Espaço Geográfico em Análise**, v. 3, p. 231-254, dez. 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v3i0.18233>. Acesso em: 11 maio 2020.

DANNI-OLIVEIRA, I. M.; MENDONÇA, F. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

DUARTE, D. H. S. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental**. 2000. 196f. Tese (Doutorado em Arquitetura), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-18072006-182858/publico/DeniseDuarte.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2020.

EMMANUEL, R. A hypothetical ‘shadow umbrella’ for thermal comfort enhancement in the equatorial urban outdoors. **Architectural Science Review**, [S. L.], v. 36, n. 4, p. 173-184, dez. 1993. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00038628.1993.9696759>.

FERREIRA, D. G.; ASSIS, E. S.; KATZSCHNER, L. Construção de um mapa climático analítico para a cidade de Belo Horizonte, Brasil. **Urbe – Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 255-270, out. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.009.sup11.a001>. Acesso em: 15 abr. 2020.

FERREIRA, L. A. **Construção de edifícios sustentáveis contribuição para a definição de um processo operativo**. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Reabilitação de Edifícios), Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/4141/1/Ferreira_2010.pdf. Acesso em: 19 abr. 2020.

GADENS, L. N. **A dimensão urbanística de grandes projetos urbanos**: análise da operação urbana consorciada Linha Verde, Curitiba, Brasil. A: SEMINARIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN URBANISMO. "X SEMINARIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN URBANISMO, Barcelona-Córdoba, Junio 2018". Barcelona: DUOT, 2018.

GAUTHIER, P.; GILLILAND, J. Mapping urban morphology: a classification scheme for interpreting contributions to the study of urban form. **Urban Morphology**, v. 10, n. 1, p. 41-50, 2006.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. Nova Iorque: ITP, 1998.

GIVONI, B. Urban design for hot humid regions. **Renewable energy**, Los Angeles, v. 5, n. 5-8, p. 1047-1053, ago. 1994. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0960-1481\(94\)90132-5](http://dx.doi.org/10.1016/0960-1481(94)90132-5). Acesso em: 15 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 jan. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/curitiba.html>. Acesso em: 20 jan. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Dados geográficos**. Curitiba: IPPUC, 2021.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IparDES). **Caderno Estatístico Município de Curitiba**. jun. 2020. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=80000&btOk=ok>. Acesso em: 12 jun. 2020.

JURASZEK, S. R. **Análise do impacto da verticalização na incidência solar em área urbana central em Curitiba-PR**. 2016. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Especialização em Construções Sustentáveis), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13122>. Acesso em: 11 maio 2020.

KIM, C. T.; LIM, Y.; WOODWARD, A.; KIM, H. Heat-Attributable Deaths between 1992 and 2009 in Seoul, South Korea. **Plos One**, v. 10, n. 2, p. 1-14, 18 fev. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0118577>. Acesso em: 6 maio 2020.

LAMAS, J. M. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Lisboa: Fundação Clouste Gulbenkian e Fundação para Ciência e Tecnologia, 1989.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: Prolivros, 2004.

LOPES, C. Q. P. **Persistência nativiana uma análise morfológica**. 2019. 152f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília (DF), 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/35467>. Acesso em: 20 abr. 2020.

LÓPEZ, C. E.; CARREIRO, M. A análise morfológica urbana: achegas da escola Catalã. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 5, n. 2, p. 125-127, dez. 2017.

LYNCH, K. **A theory of good city form**. Cambridge: MIT Press, 1981.

MARTAU, B. T. **A luz além da visão**: iluminação e sua relação com a saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e de shopping-centers em Porto Alegre. 2009. 504f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Arquitetura e Construção. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/258754>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MOUDON, A. V. Entrevista. **Vitruvius**, 2009. Entrevista concedida a Alessandro Filla Rosaneli e Dalit Shach-Pinsly. Disponível em: <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/10.040/3397/pt?page=1>. Acesso em: 25 mar. 2020.

MOUDON, A. V.; OLIVEIRA, V. Morfologia urbana como um campo interdisciplinar emergente. **Revista de Morfologia Urbana**, n. 1, p. 41-49, 31 jul. 2017.

MUNIZ-GÄAL, L. P.; PEZZUTO, C. C.; CARVALHO, M. F. H. de; MOTA, L. T. M. Parâmetros urbanísticos e o conforto térmico de cânions urbanos: o exemplo de Campinas, SP. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 177-196, abr. 2018. DOI: [10.1590/s1678-86212018000200249](https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000200249). Acesso em: 19 maio 2020.

NASCIMENTO NETO, P.; MOREIRA, T. A. Operação urbana consorciada da Linha Verde: limites e oportunidades à luz da gestão social da valorização da terra. **Cadernos Metr pole**, [S. L.], v. 15, n. 30, p. 583-603, dez. 2013. FapUnifesp (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2013-3010>.

NETTO, M. M. G.; COSTA, S. A. P.; LIMA, T. B. Bases conceituais da escola inglesa de morfologia urbana. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, n. 33, p. 29-48, jun. 2014. DOI: [10.11606/issn.2359-5361.v0i33p29-48](https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i33p29-48). Acesso em: 15 abr. 2020.

NOGUEIRA, A. M. P.; ARAÚJO, I. A. L. de; BITTENCOURT, L. S.; RESTAINO, G. Impacto da verticaliza o no microclima urbano: o caso do bairro Guaxuma, em Maceió-AL, Brasil. **Parc Pesquisa em Arquitetura e Construa o**, v. 9, n. 2, p. 72-85, 29 jun. 2018. Universidade Estadual de Campinas. DOI: [10.20396/parc.v9i2.8650267](https://doi.org/10.20396/parc.v9i2.8650267). Acesso em: 18 maio 2020.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. – 2nd ed. London: Mathuen e Co., 1987.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment (1967)**, v. 7, n. 8, p. 769-779, ago. 1973. DOI: [10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6). Acesso em: 19 abr. 2020.

PACIFICI, M.; MARINS, K. R. C. Análise da disponibilidade solar e cenários evolutivos em áreas urbanas sujeitas   verticaliza o e ao adensamento. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA, 1., 2017, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2017. p. 3002-3014.

PEREIRA, S. R.; DUARTE, C. M.; CUNHA, E. G. da; KREBS, L. F.; LEITZKE, R. K.; SILVA, A. C. S. B. da; BENINC , L. Efeitos do sombreamento no desempenho de edifica o com envelope isolado na ZB 2. **PARC – Pesquisa em Arquitetura e**

Construção, Campinas, v. 7, n. 3, p. 145-159, out. 2016. DOI: [10.20396/parc.v7i3.8647327](https://doi.org/10.20396/parc.v7i3.8647327). Acesso em: 15 abr. 2020.

PINTO, J. M. M. **Método de caracterização do sombreamento de espaços públicos abertos gerado por edificações no entorno**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

PITMAN, S. D.; DANIELS, C. B.; ELY, M. E. Green infrastructure as life support: urban nature and climate change. **Transactions Of The Royal Society Of South Australia**, v. 139, n. 1, p. 97-112, jan. 2015. DOI: [10.1080/03721426.2015.1035219](https://doi.org/10.1080/03721426.2015.1035219). Acesso em: 6 maio 2020.

PIZA, M. L.; SANTORO, P.; CYMBALISTA, R. Estatuto da cidade: uma leitura sobre a perspectiva da recuperação da valorização fundiária. In: SANTORO, P. (Org.). **Gestão social da valorização da terra**. São Paulo: Instituto Pólis, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Consulta informativa de lote**. Curitiba, 2022. Disponível em: <http://www5.curitiba.pr.gov.br/gtm/gam/Default.aspx>. Acesso em: 20 dez. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Prospecto de registro da operação urbana consorciada LINHA VERDE**. Curitiba, 2019. Disponível em: <http://www.bb.com.br/docs/portal/dimec/CEPAC%20-%20Prospecto%20da%20Operacao%20Urbana%20Linha%20Verde%20-%203%20Distribuicao.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 730, de 10 de janeiro de 2014**. Institui, no Município de Porto Alegre, o programa de incentivos ao uso de energia solar nas edificações. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://leismunicipa.is/ajsnc>. Acesso em: 19 jul. 2021.

PREVEDELLO, A. A. **Diretrizes de uso e ocupação do solo. Estudo de caso da Linha Verde de Curitiba-Paraná**. 2014. 232f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/37310>. Acesso em: 10 jan. 2022.

PROUST, K.; NEWELL, B.; BROWN, H.; CAPON, A.; BROWNE, C.; BURTON, A.; DIXON, J.; MU, L.; ZARAFU, M. Human health and climate change: leverage points for adaptation in urban environments. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 9, n. 6, p. 2134-58, jun. 2012. DOI: [10.3390/ijerph9062134](https://doi.org/10.3390/ijerph9062134). Acesso em: 6 maio 2020.

REGO, R. L.; MENEGUETTI, K. S. A respeito de morfologia urbana. Tópicos básicos para estudos da forma da cidade. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 123-127, abr. 2011. DOI: [10.4025/actascitechnol.v33i2.6196](https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i2.6196). Acesso em: 15 abr. 2020.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos do desenho urbano**. São Paulo: Pro Editores, 2000.

ROSSI, F. A. **Análise da influência da ocupação do solo na variação da temperatura em diferentes localidades da cidade de Curitiba**. 2004. 167f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. 2012. 188f. Tese (Doutorado em Tecnologia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/311>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SABOYA, R. **Taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento**. Disponível em: <https://urbanidades.arg.br/2020/03/29/taxa-de-ocupacao-e-coeficiente-de-aproveitamento-v-2-0/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

SAFE, S. M. S.; FAQUINELI, L. R.; COSTA, S. A. P. O caráter único de Morro Vermelho na região metropolitana de Belo Horizonte. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, n. 32, p. 151-166, dez. 2013. DOI: [10.11606/issn.2359-5361.v0i32p151-166](https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i32p151-166). Acesso em: 15 abr. 2020.

SANTIN, J. R.; MARANGON, E. G. O estatuto da cidade e os instrumentos de política urbana para proteção do patrimônio histórico: outorga onerosa e transferência do direito de construir. **História**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 89-109, 2008. DOI: [10.1590/s0101-90742008000200006](https://doi.org/10.1590/s0101-90742008000200006). Acesso em: 16 jun. 2020.

SCHERER, D., FEHRENBACH, U., LAKES, T., LAUF, S., MEIER, F., SCHUSTER, C. Quantification of heat-stress related mortality hazard, vulnerability and risk in Berlin, Germany. **ERDE**, Berlin, v. 144, n. 3-4, p. 238-59, jun. 2013. DOI: [10.12854/erde-144-17](https://doi.org/10.12854/erde-144-17). Acesso em: 6 maio 2020.

SCHMITZ, L. K. **Reestruturação urbana e conforto térmico em Curitiba-PR: diagnóstico, modelagem e cenários**. 2014. 301f. Tese (Doutorado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/36121/R%20-%20T%20-%20LISANA%20KATIA%20SCHMITZ.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.

SEPE, P. M.; PEREIRA, H. M. S. B. Operações urbanas e as perspectivas de transformação urbanística ambiental no município de São Paulo. *In*: XIV ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR. **Anais...** Rio de Janeiro, Anpur, 2011.

SILVA, C. F. da. **Energia solar no meio urbano: análise para diferentes formas urbanas**. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli2563.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2022;

SILVA, J. F.; FERREIRA, H. S.; SANTOS, M. O. Considerações sobre os estudos em clima urbano. **Revista Geama**, Recife, v. 2, n. 1, p. 156-170, set. 2015.

Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/536>. Acesso em: 21 abr. 2020.

SILVA, J. R. F. **Zoneamento e forma urbana**: ausências na regulação do uso e ocupação do solo. 2014. 299f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Planejamento Urbano e Regional, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 2014. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-30062014-114611/pt-br.php>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SPIRN, A. W. **O jardim de granito**: a natureza no desenho da cidade. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 1995

TAMURA, C. A. **Análise da influência dos parâmetros edíficos na obtenção de acesso solar nas zonas residenciais de Curitiba**. 2010. 230f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica do Paraná (PR), 2010.

TSUDA, F. P. **Conforto, adequação climática e o papel dos códigos de edificações**: os desafios de São Paulo frente ao estado da arte no Brasil e no mundo. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-17102019-102350/pt-br.php>. Acesso em: 19 jul. 2021.

TURCZYN, D. T. **Morfologia urbana contemporânea**: contribuições para uma teoria das mutações urbanas. 2019. 211f. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/337200020 MORFOLOGIA URBANA CO NTEMPORANEA contribuicoes para uma teoria das mutacoes urbanas](https://www.researchgate.net/publication/337200020_MORFOLOGIA_URBANA_CO_NTEMPORANEA_contribuicoes_para_uma_teorias_mutacoes_urbanas). Acesso em: 15 abr. 2020.

VASCONCELLOS, V. M. N. **O entorno construído e o microclima de praças em cidades de clima tropical quente e úmido**: uma contribuição metodológica para o projeto bioclimático. 2006. 282f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/PesquisaObraForm.do?select_action=&o_ autor=130363. Acesso em: 15 abr. 2020.

VIANNA, S. D. **Análise do “direito ao sol” nos planos diretores de Pelotas-RS, em zonas residenciais**. 2017. 201f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2017.

VIEGAS, C. V.; SALDANHA, D. L.; BOND, A.; RIBEIRO, J. L. D.; SELIG, P. M. Urban land planning: the role of a master plan in influencing local temperatures. **Cities**, v. 35, p. 1-13, dez. 2013. DOI: [10.1016/j.cities.2013.05.006](https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.05.006). Acesso em: 6 maio 2020.

XIMENES, N. L. B. **Morfologia urbana**: teorias e suas inter-relações. 2016. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Engenharia Urbana, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1604.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

APÊNDICE A
PARÂMETROS CONSTRUTIVOS OBTIDOS NA SIMULAÇÃO 1

TABELA 9 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS LEGAIS *VERSUS* SIMULAÇÃO 1

LOTE S	FRENTE (m)	ÁREA (m ²)	TO lei (50%)	CA lei (4)(m ²)	TO efetiva	CA atingido	CA efetivo (m ²)	RECUOS MÍNIMOS (m)
1	30,00	4347,00	2173,50	17388,00	50%	3,7	16170,00	8
2	21,40	2118,00	1059,00	8472,00	41%	2,0	4335,00	2,5
3	21,40	2228,00	1114,00	8912,00	50%	3,5	7798,00	3,5
4	104,20	11045,00	5522,50	44180,00	50%	3,9	42962,40	7
5	65,60	5000,00	2500,00	20000,00	40%	3,2	15840,00	7
6	23,90	3938,00	1969,00	15752,00	43%	3,2	12675,00	7,5

FONTE: A autora (2022).

TABELA 10 – CARACTERÍSTICAS DAS TORRES OCUPAÇÃO DOS LOTES NA SIMULAÇÃO 1

LOTES	ÁREA PAVIMENTO (m ²)	APTO POR ANDAR	Nº DE TORRES	Nº DE PAVTO POR TORRE	Nº TOTAL PAVTO (apto + garagem)	TOTAL DE UNIDADES (1 vaga)	VAGAS COBERTAS
1	577,50	7	2	14	16	196	216
2	500,00	6	1	4	5	24	25
	367,00	4	1	4	5	16	18
3	557,00	7	2	5	7	70	111
4	596,70	7	6	12	14	504	552
5	660,00	8	2	12	14	192	198
6	600,00	6	1	13	15	78	171
	375,00	4	1	13	15	52	

FONTE: A autora (2022).

TABELA 11 – CARACTERÍSTICAS DAS TORRES OCUPAÇÃO DOS LOTES NA SIMULAÇÃO 1

LOTES	ÁREA GARAGEM NECESSÁRIA (m ²)	ÁREA TOTAL GARAGEM (m ²)	ÁREA PROJEÇÃO GARAGEM (m ²)	Nº PAVTO GARAGE M	ÁREA APTO	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m)
1	3920	4312,0	2156,00	2	58	52,5
2	480	500,0	500	1	58	19
	320	367,0	367		64	
3	1400	2228,0	1114,00	2	56	25,5
4	10080	11044,2	5522,10	2	60	46,5
5	3840	3960,0	1980,00	2	58	46,5
6	1560	3422,7	1711,34	2	70	49,5
	1040				66	

FONTE: A autora (2022).

APÊNDICE B
PARÂMETROS CONSTRUTIVOS OBTIDOS NA SIMULAÇÃO 2

TABELA 12 – PARÂMETROS CONSTRUTIVOS LEGAIS *VERSUS* SIMULAÇÃO 2

LOTE S	FRENTE (m)	ÁREA (m²)	TO lei (50%)	CA lei (4)(m²)	TO efetiva	CA atingido	CA efetivo (m²)	RECUOS MÍNIMOS (m)
1	31,51	4493,66	2246,83	17974,63	13%	2,67	12000,00	10
2	21,90	2053,37	1026,69	8213,48	11%	1,14	2350,00	5
3	22,05	2423,41	1211,70	9693,62	23%	2,27	5500,00	5
4	107,68	11448,40	5724,20	45793,61	13%	3,93	45000,00	15
5	64,93	4897,23	2448,61	19588,91	19%	3,88	19000,00	10
6	24,06	3910,76	1955,38	15643,02	18%	3,68	14400,00	10

FONTE: A autora (2022).

TABELA 13 – CARACTERÍSTICAS DAS TORRES OCUPAÇÃO DOS LOTES NA SIMULAÇÃO 2

LOTES	ÁREA PAVIMENTO (m²)	APTO POR ANDAR	Nº DE TORRES	Nº DE PAVTO POR TORRE	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m)	TOTAL DE UNIDADES (1 vaga)	ÁREA APTO
1	600,00	8	1	20	63,5	160	60,00
2	235,00	4	1	10	33,5	40	50,00
3	550,00	8	1	10	33,5	80	60,00
4	750,00	7	2	30	93,5	420	100,00
5	950,00	8	1	20	63,5	160	100,00
6	720,00	7	1	20	63,5	140	60,00

FONTE: A autora (2022).