

Parâmetros construtivos municipais e sua relação com o sombreamento de edificações em Curitiba - PR

Municipal constructive parameters and their relationship with building shading in Curitiba - PR

Andressa Regina Gomes(1); Francine Aidie Rossi(2)

1 Mestre em Engenharia Civil (UFPR), Arquiteta e Urbanista.

E-mail: andressargomes@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5154-2398>

2 Doutora em Tecnologia e Sociedade (UTFPR), Arquiteta e Urbanista, Docente DEGRAF e PPGECC, Universidade Federal do Paraná.

E-mail: rossi@ufpr.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0745-5684>

Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, vol. 11, n. 2, p. 174-193, julho-dezembro, 2022 - ISSN 2318-1109

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2022.v11i2.5049>

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

Este estudo analisou o sombreamento de fachadas em dois cenários urbanos simulados conforme a Lei Municipal 15.511/2019, nos lotes do Setor Especial da Linha Verde (SE-LV) de Curitiba-PR. O objetivo foi avaliar os efeitos da aplicação dos parâmetros urbanos, como coeficiente de ocupação e altura, no sombreamento de fachadas durante o verão e inverno, nos horários das 10h, 12h e 15h. Foram propostos dois cenários de ocupação de lotes, um considerando o maior coeficiente de aproveitamento possível e o outro o parâmetro de altura livre. Os resultados revelaram projeções de sombras mais evidentes durante o inverno, o que tende afetar o desempenho térmico, lumínico e energético das edificações. Isso ressalta a necessidade de considerar cuidadosamente esses parâmetros urbanos na formulação de leis que regem o planejamento urbano. Recomenda-se que futuras revisões legislativas considerem de forma integral aspectos como altura máxima, taxa de ocupação e afastamentos, para garantir um ambiente urbano harmonioso e eficiente em termos energéticos. Além disso, os resultados mostram que a análise prévia de ocupação pode auxiliar na determinação de quais parâmetros priorizar ao se pensar na ocupação do lote e como distribuir as unidades habitacionais e áreas comuns nas edificações.

Palavras-chave: Sombreamento; Verticalização; Adensamento urbano; Legislação urbana; Linha Verde.

Abstract

The transformations of the urban territory due the needs of its population are regulated by the public authorities from the approval of laws that must guarantee the harmony of space and ensuring an orderly urbanization. This work aimed to evaluate the shading of facades in a simulated urban scenario using the constructive parameters of Special Sector of the Linha Verde (SE-LV) proposed by Curitiba Municipal Law 15.511/2019. The method consisted in a simulating of two occupancy scenario, one considering the maximum occupation permitted by the urban legislation and the other considering the highest possible height permitted by legislation. The shadowed areas of the facades were identified in summer and winter at 10 a.m., 12 p.m. and 3 p.m. 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. Furthermore, the results show that prior occupancy analysis can help determine which parameters to prioritize when thinking about lot occupancy and how to distribute housing units and common areas in buildings.

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

1 Introdução

A necessidade de adaptação das cidades às crescentes demandas ambientais e urbanas tem sido um desafio mundialmente reconhecido. No contexto brasileiro, a promulgação do Estatuto da Cidade em 2001 representou um marco legislativo crucial, visando mitigar problemas ambientais, sociais e urbanos mediante a regulamentação do desenvolvimento urbano.

A Lei Federal nº 10.257 – Estatuto da Cidade, regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, os quais abordam a política de desenvolvimento urbano nacional e estabelecem para determinadas cidades a elaboração de uma legislação municipal que oriente o planejamento urbano (Brasil, 2001). Com as novas diretrizes de regulação urbana do país, Curitiba - PR foi uma das cidades que necessitaram ajustar seu planejamento urbano.

O município sancionou a Lei Municipal nº 11.266 no ano de 2004, a qual dispôs sobre o ajuste do Plano Diretor às diretrizes e aos instrumentos instituídos pela Lei Federal de 2001 (Curitiba, 2004). Em 2015, o Plano Diretor (Lei 14.771) passou por uma revisão, onde foram atualizados diversos documentos relacionados à implementação da legislação municipal em vigor, incluindo o Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo. Esta revisão teve como objetivo fortalecer o planejamento urbano adotado no Plano Diretor e alinhar suas diretrizes, princípios e objetivos com a legislação municipal.

Em 2019, a Lei nº 15.511 estabeleceu um novo Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo (LZUOS) para Curitiba - PR. O território foi revisado e subdividido em novos eixos, zonas e setores, com alterações nos critérios e parâmetros de uso e ocupação. Além disso, a legislação contemplou a criação do Eixo Metropolitano Linha Verde (EMLV), aspecto relevante para este estudo (Curitiba, 2019). O EMLV integra 22 bairros do município e as alterações dos parâmetros urbanísticos são propulsores do desenvolvimento da própria via, em vista de ser preconizado a expansão de emprego, serviço e comércio, áreas de lazer e a mobilidade urbana (PMC, 2019). Além das alterações já mencionadas, no território do Eixo Metropolitano Linha Verde (EMLV), há a possibilidade de adquirir ou transferir o potencial construtivo, permitindo um aumento nos direitos de construção dos lotes.

Dentre as zonas e os setores de uso integrantes do EMLV, destaca-se o Setor Especial da Linha Verde-Sul (SE-LV), que apresenta parâmetros significativos de verticalização, adensamento e aumento populacional. Dessa forma, este setor mostra-se em evidente processo de crescimento urbano diante das novas possibilidades ocupacionais.

O Setor Especial da Linha Verde-Sul (SE-LV) revela-se como um exemplo claro do crescimento urbano, seja pela intensa verticalização, adensamento e ou aumento populacional. E este cenário traz a importância de se entender os efeitos

da verticalização nos espaços urbanos. O estudo realizado para a Zona Central de Curitiba-PR que demonstrou como os altos edifícios podem projetar suas sombras sobre edificações próximas, comprometendo significativamente seu desempenho energético e lumínico (Campos, 2014). Esse cenário é validado por outras pesquisas que também evidenciaram um aumento no consumo de energia associado à verticalização urbana, além da conseqüente privação de luz natural e exposição solar em espaços internos (Fernandes da Silva, 2018).

Por outro lado, estudos realizados em Maringá-PR indicam que uma verticalização planejada, seguindo princípios bioclimáticos, pode oferecer benefícios na mitigação da sensação térmica. A análise detalhada dos parâmetros urbanísticos revela que altos gabaritos de edifícios combinados com o uso estratégico de vegetação reduzem os centros de calor urbano, proporcionando ambientes mais confortáveis e sustentáveis (Barbosa, 2018). Esses estudos trazem a importância de se discutir uma abordagem integrada que não só promove o conforto térmico durante o verão, mas também considera os desafios que altos gabaritos podem representar durante o inverno.

Portanto, as pesquisas necessitam buscar entender não apenas os impactos imediatos da verticalização urbana, mas também como sua interação com as condições climáticas locais ao longo do tempo (Santos; Krebs; Ribak, 2022). Assim é essencial para orientar políticas urbanas mais sustentáveis e resilientes, equilibrando o desenvolvimento urbano com a conservação ambiental e o bem-estar dos cidadãos.

Em geral, na Região Sul do país, há uma escassez de estudos que investiguem a relação entre a modificação do clima local e os efeitos da morfologia urbana (Santos; Krebs; Ribak, 2022). Visto que a organização urbana pode ser aprimorada mediante análises que considerem a localização da cidade na região, a orientação e largura das vias, a densidade urbana, as áreas verdes e a altura das edificações (Givoni, 1994). O planejamento urbano deve integrar uma análise climática específica do local para evitar impactos indesejáveis, como o aumento da temperatura do ar e do consumo energético, além de potenciais alterações na ventilação natural (Assis; Frota, 1999). Além da adaptação ao clima local, é crucial avaliar o impacto ambiental nas áreas circundantes das edificações, tanto nos espaços externos quanto nas construções vizinhas (Campos, 2014).

Conforme Lamas (1989), a forma urbana resulta da interação de vários elementos morfológicos específicos da área, que se relacionam com aspectos funcionais, figurativos, quantitativos e qualitativos da organização urbana. Portanto, é evidente que um estudo detalhado do planejamento urbano e de seus componentes é fundamental para promover um crescimento urbano harmonioso e minimizar os impactos negativos para a comunidade.

Diante do tema e do recorte espacial de desenvolvimento urbano de Curitiba-PR, este estudo investiga a interação entre adensamento urbano e sombreamento na cidade,

com foco específico no setor SE-LV. Assim, o artigo avalia o impacto do sombreamento sobre edifícios, utilizando como referência os parâmetros urbanísticos estabelecidos pela legislação vigente na cidade.

2 Objetivo

Avaliar como a aplicação das diretrizes urbanas estabelecidas pela Lei Municipal 15.511/2019 afeta o sombreamento das fachadas de edificações simuladas nos lotes do Setor Especial da Linha Verde (SE-LV) de Curitiba-PR.

3 Método

A pesquisa adotou como fundamentação teórica o conceito de estruturação proposto por Oke (1984). Inicialmente, o estudo empregou um método empírico que se baseou em condições reais no momento inicial, utilizando como base os dados disponíveis. Posteriormente, foi empregado um modelo físico em escala para avaliar o fenômeno do sombreamento. É relevante destacar que o recorte urbano utilizado no método não abrange toda a extensão da área SE-LV.

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

- ♦ Escolha de lotes passíveis de ocupação no Setor Especial - Linha Verde.
- ♦ Simulação dos cenários de ocupação.
- ♦ Identificação de sombreamento das edificações no verão e no inverno.

3.1 Escolha de lotes passíveis de ocupação no Setor Especial – Linha Verde

A simulação de ocupação nos lotes do Setor Especial da Linha Verde – Sul (Figura 1) teve como ponto de partida um conjunto habitacional de moradias coletivas já existente na área selecionada. Os lotes do Setor Especial – Setor Sul, marcados em verde, foram considerados na análise, enquanto o conjunto habitacional de habitação coletiva, destacado em amarelo na figura, serviu como base para o cenário da pesquisa. Este conjunto foi utilizado como referência para o porte e a tipologia construtiva, dimensões das unidades habitacionais e para o padrão de ocupação para o estacionamento.

Para as simulações de ocupação dos lotes (Figura 1), foram escolhidos seis terrenos adjacentes ao condomínio utilizado como referência, devido à sua metragem e testada mínima para a ocupação proposta conforme estipulado pela Lei nº 15.511/2019 (Quadro 1). Os dados georreferenciados foram obtidos online, utilizando imagens do Google Earth, Consulta Informativa de Lote (PMC, 2022) e informações do IPPUC (2021).

Figura 1. Localização dos terrenos no SE-LV SUL para a simulação de ocupação



Fonte: GOMES (2023)

Quadro 1. Parâmetros construtivos do SE-LV com aquisição de potencial construtivo

Legislação	Testada (m) x Área (m ²) min.	20 x 1000
	Taxa de ocupação	50%
	Coefficiente 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

Fonte: adaptado de GOMES (2023)

3.1.1 Planos de ocupação

A partir da coleta dos parâmetros construtivos do setor escolhido para o estudo e da seleção dos lotes, foram desenvolvidos dois planos de ocupação distintos. O objetivo da Simulação 1 foi otimizar a taxa de ocupação de cada lote, enquanto o da Simulação 2 visou aplicar os parâmetros regulatórios estabelecidos, explorando ao máximo a verticalização possível. Em ambos os planos, foram aplicados os parâmetros construtivos definidos na LZOUS, que englobam recuos frontal e laterais, coeficiente de aproveitamento, altura máxima permitida e a possibilidade de compra de potencial construtivo.

O condomínio utilizado como modelo de referência é composto por quatro torres de onze pavimentos cada. Cada pavimento das torres possui oito apartamentos com áreas variando entre 55m² e 62m², além de um edifício-garagem de três pavimentos.

3.2 Simulações dos cenários de ocupação

Logo após as delimitações dos cenários, a partir dos estudos dos parâmetros construtivos adotados para cada lote, foram construídas as volumetrias utilizando o programa Sketchup. O programa computacional foi escolhido por ser de fácil

acesso, amplamente utilizado na construção civil e ser possível de idealizar modelos tridimensionais georreferenciados e estudos espaciais de sombreamento, além de ser compatível com outros programas de bases vetoriais, como o AutoCad.

As volumetrias resultantes das ocupações propostas foram determinadas utilizando os dados desenvolvidos resultantes da aplicação da LZOUS (Quadros 2 e 3). A altura total de cada edificação foi calculada somando 3 metros para cada pavimento, além de 1,2 metros para a platibanda, 3,5 metros para o barrilete e mais 3,5 metros para cada pavimento do edifício-garagem. Quanto à topografia da área selecionada, não foi considerada no estudo de sombreamento devido à sua pequena declividade.

Na Simulação 1, a ocupação foi limitada pela taxa de ocupação e pelos recuos, levando em consideração a utilização do potencial construtivo permitido (Quadro 1), resultando na ocupação mostrada no Quadro 2.

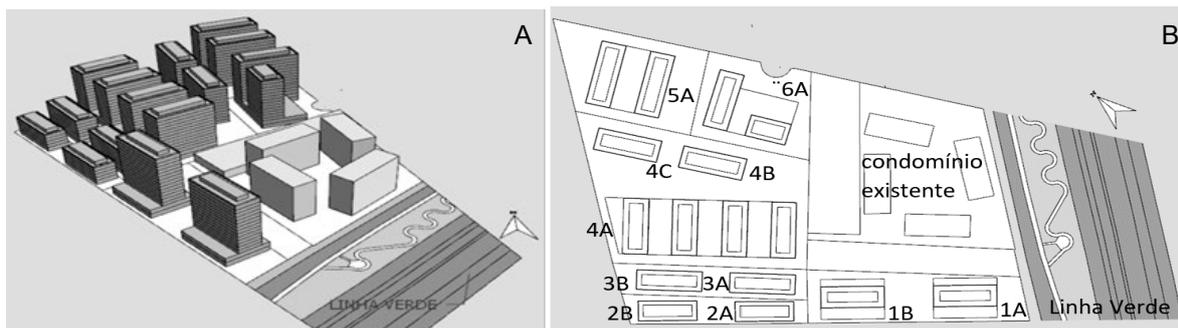
Quadro 2. Parâmetros construtivos resultantes da ocupação do cenário da simulação 1

		Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6
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
simulação	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: GOMES (2023)

Ao aplicar os parâmetros construtivos permitidos para o SE-LV, foram desenvolvidas as ocupações apresentadas na Figura 2. Na Figura 2 é possível observar a localização e a volumetria das edificações que compõem o Condomínio Linea Verde (usado como referência), bem como sua relação com os edifícios propostos para a Simulação 1. A implantação do condomínio existente e a Linha Verde estão representadas na Figura 2. As edificações propostas para esse cenário mostram os pavimentos representados nas imagens, incluindo o barrilete, a platibanda e a implantação dos prédios em cada um dos lotes selecionados para a pesquisa.

Figura 2. Perspectiva volumétrica do cenário (A) e implantação das edificações (B) para a simulação 1



Fonte: GOMES (2023)

Para a Simulação 2 foram aplicados os parâmetros regulamentares considerando uma ocupação que utilizou a verticalização como critério limitante na simulação. No Quadro 3 estão os parâmetros resultantes da ocupação proposta para o cenário da simulação 2.

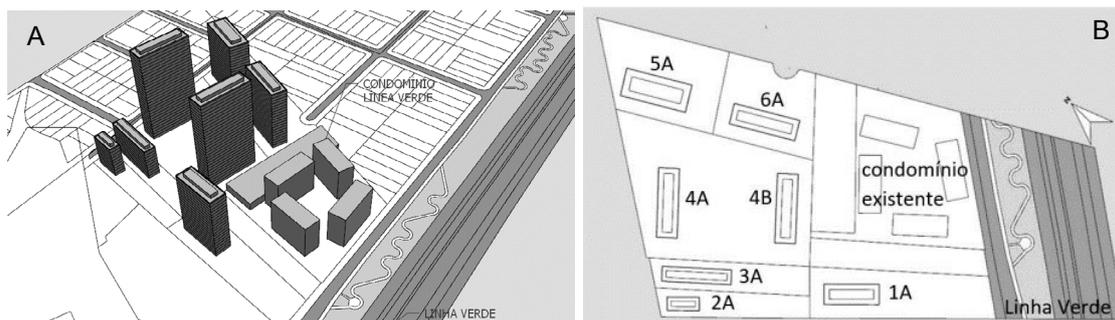
Quadro 3. Parâmetros construtivos resultantes da ocupação do cenário da simulação 2

		Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6
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
simulação	Taxa de ocupação	13%	11%	23%	13%	19%	18%
	Coef. de 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: GOMES (2023).

A ocupação resultante para o cenário da simulação 2 está apresentada na Figura 3. Na figura, é possível observar a localização e o formato das edificações que compõem o Condomínio Linea Verde, bem como sua relação com os edifícios propostos para a Simulação 2. As demais edificações no cenário mostram os pavimentos representados nas imagens, também incluindo o barrilete e a platibanda, além de apresentarem a implantação dos prédios em cada um dos lotes selecionados para a pesquisa.

Figura 3. Perspectiva volumétrica do cenário (A) e implantação das edificações (B) para a simulação 2



Fonte: GOMES (2023)

3.3 Identificação de sombreamento das edificações no verão e no inverno

A identificação do sombreamento foi conduzida considerando os dados geográficos e a posição solar no Sketchup. No campo de sombra, o Tempo Universal Coordenado (UTC) foi ajustado para -3 horas, correspondente ao fuso horário da área analisada. No campo de exibição, foi configurado apenas o item faces, pois a quantificação das sombras foi realizada nas fachadas das edificações dos cenários.

Para determinar as sombras nas fachadas e nos lotes, a trajetória aparente do Sol foi utilizada dentro do próprio modelo volumétrico. As sombras foram analisadas nos solstícios de inverno (21 de junho) e de verão (21 de dezembro), nos horários das 10h, 12h e 15h. Pois, de acordo com o estudo de Fernandes da Silva (2018), ocupações com intensa verticalização resultam em maior sombreamento nas fachadas das edificações vizinhas nos horários das 10h e 15h.

4 Análise de resultados

A análise do sombreamento foi realizada a partir da observação das sombras produzidas nos lotes e nas fachadas das edificações simuladas. As sombras projetadas são polígonos, a partir dos quais é possível quantificar as áreas sombreadas de fachada. Assim, foram quantificadas as porcentagens de áreas sombreadas das fachadas de cada edificação (andares com unidades habitacionais) e da área total das fachadas (andares com unidades habitacionais e andares com garagem), para as orientações sudeste, nordeste, sudoeste e noroeste.

Desta forma, pode-se observar as edificações atingidas por sombras resultantes dos edifícios propostos em cada simulação nos dias e horas estabelecidos. Além, de verificar a abrangência da sombra em cada fachada analisada e identificar os pavimentos mais atingidos pelo sombreamento.

4.1 Análise do sombreamento dos lotes para cada simulação

A partir da análise qualitativa do sombreamento dos lotes, foi possível observar que há uma diferença entre as sombras geradas e seus alcances no verão e no inverno em ambas as simulações.

Ao observar as alturas e azimutes solares para cada um dos dias analisados na Tabela 1, fica claro a variação da posição do Sol ao longo do dia e como ela difere entre as estações do ano avaliadas. Essas variações têm implicações significativas na quantidade e intensidade da luz solar recebida pelas edificações.

Durante o inverno, para Curitiba (Tabela 1), a altura solar ao meio-dia é mais baixa ($40,92^\circ$) em comparação com o verão (86°). Isso indica que o Sol está mais próximo do horizonte durante o inverno, resultando em menor incidência de luz solar direta. Além disso, o azimute solar também influencia a incidência solar nos ambientes internos durante o inverno, contribuindo para uma menor intensidade de luz.

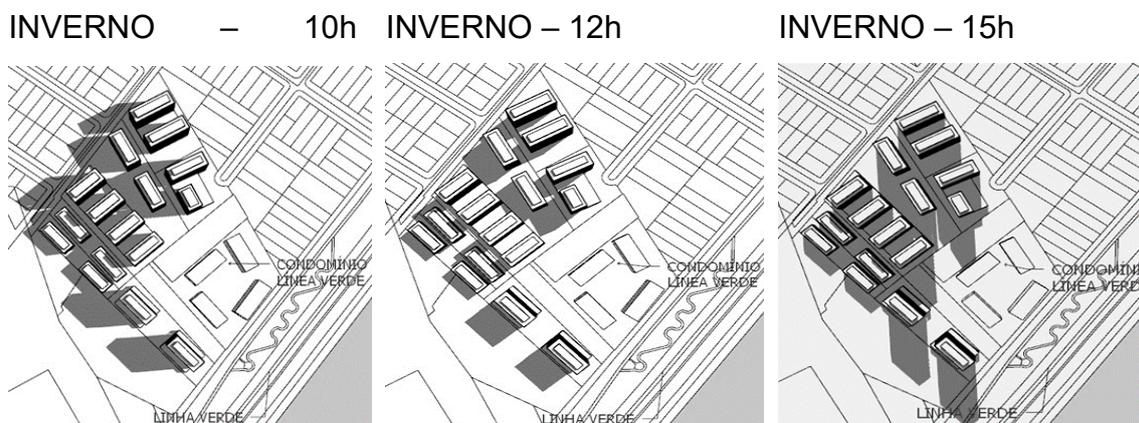
Tabela 1. Altura e azimute solar nos solstícios de verão e inverno em Curitiba -PR

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

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

A Simulação 1 demonstrou, durante o inverno para todos os horários analisados, sombreamento causado pelas edificações propostas para o cenário em todos os lotes. Com exceção apenas para as edificações do Lote 5 que não foram afetadas em nenhum momento pela projeção de sombras das demais edificações simuladas no cenário (Figura 4).

Figura 4. Lotes sombreados no inverno, simulação 1

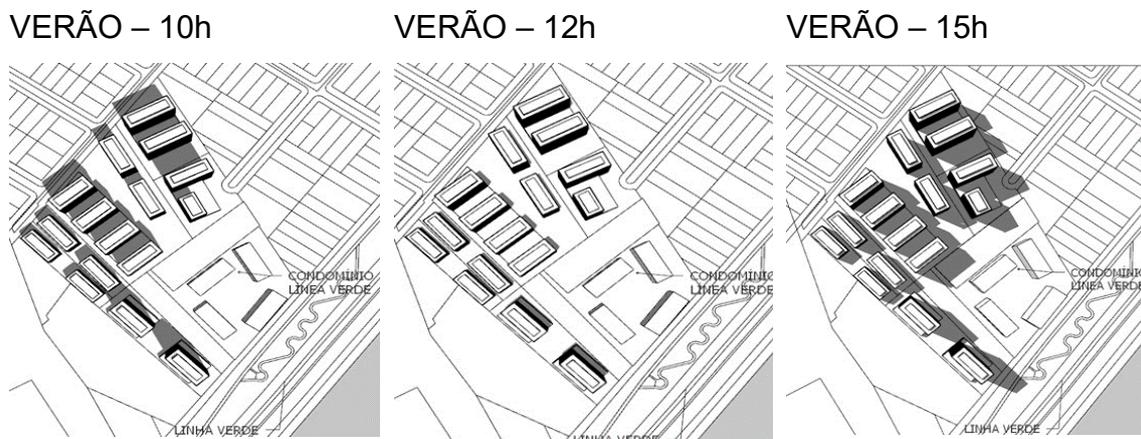


Fonte: Adaptado de GOMES (2023).

Para a simulação 1 no período de verão (Figura 5), somente ao meio-dia não

foram observadas sombras geradas pelas edificações simuladas nos lotes adjacentes. Contudo, os lotes 1 e 4, não tiveram suas edificações afetadas por sombreamentos das construções vizinhas nos três horários analisados.

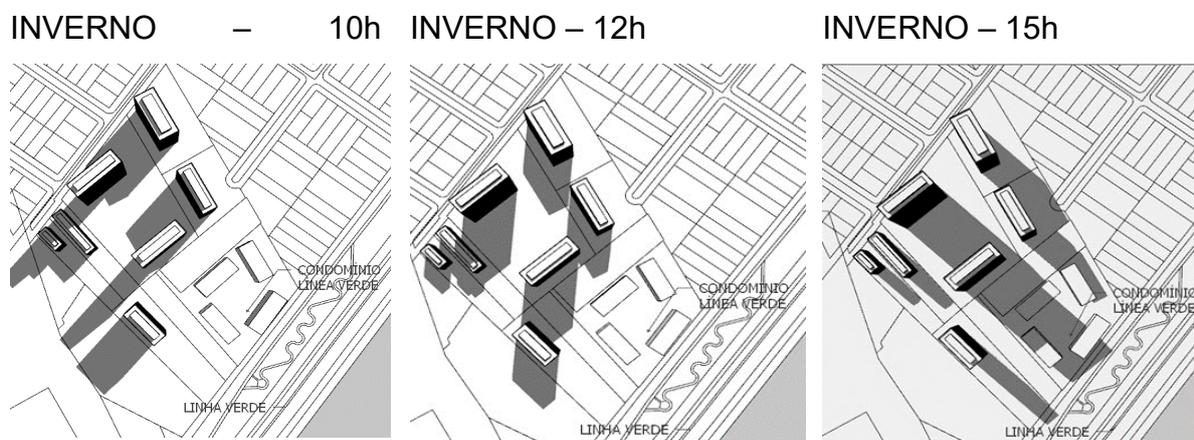
Figura 5. Lotes sombreados no verão, simulação 1



Fonte: Adaptado de GOMES (2023).

Para a Simulação 2, de forma similar à primeira simulação, ficou evidente o sombreamento, gerado pelas edificações propostas, nas fachadas das edificações durante o inverno e em todos os horários investigados (Figura 6). Contudo, somente as edificações do Lote 5 não foram impactadas em nenhum momento pelas sombras projetadas das outras edificações simuladas no cenário (Figura 6).

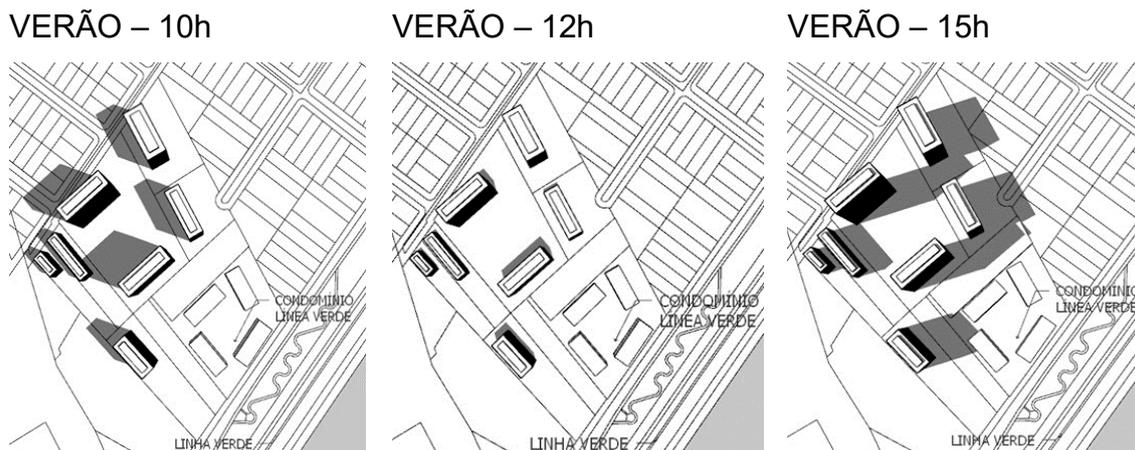
Figura 6. Lotes sombreados no inverno, simulação 2



Fonte: Adaptado de GOMES (2023).

Durante o verão (Figura 7), apenas a edificação do lote 3, às 10h apresentou sombreamento gerado por edificação adjacente, no entanto ao meio-dia, não foram mais observadas projeções de sombras nas edificações propostas. Diferente da primeira simulação, nesse cenário somente o lote 1 não teve sua edificação afetada por sombreamentos das construções vizinhas ao longo de toda a simulação.

Figura 7. Lotes sombreados no verão, simulação 2



Fonte: Adaptado de GOMES (2023).

As áreas livres, entre as edificações, podem ser utilizadas como áreas de estacionamento, de lazer, de convívio, para implantação de parquinhos, piscina, área vegetada e demais equipamentos de convívio dos moradores. Desta forma, a análise do sombreamento dos lotes pode auxiliar na melhor escolha de locais para implantação dessas áreas, resultando em um melhor aproveitamento do espaço por parte dos moradores.

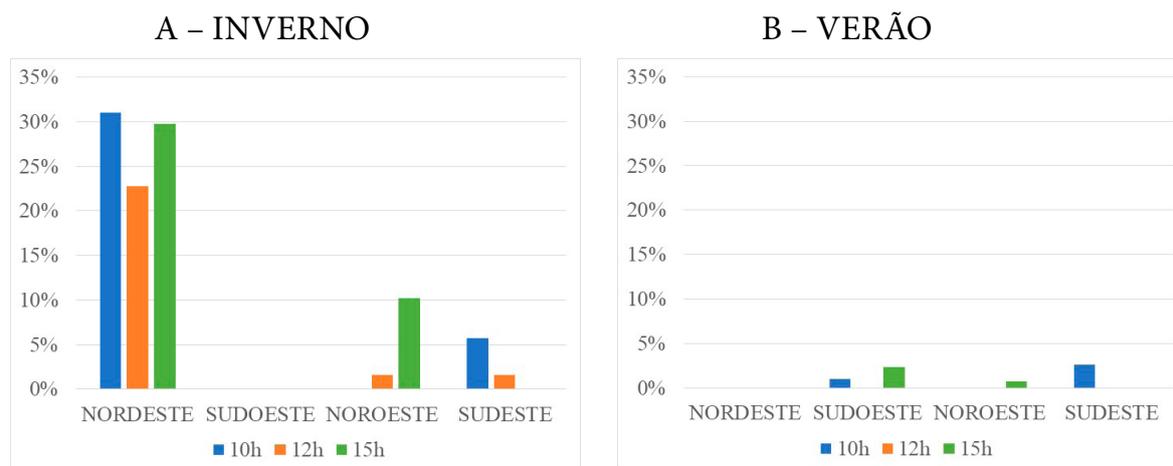
4.2 Análise do sombreamento das fachadas

Na Figura 8 estão apresentadas a análise quantitativa das porcentagens totais de sombreamento nas fachadas da simulação 1, que incluem todos os andares das edificações (unidades habitacionais e as garagens), para cada orientação solar nos horários de 10h, 12h e 15h, tanto no verão quanto no inverno.

Durante o inverno (Figura 8A), destaca-se que a fachada voltada para o nordeste foi a mais afetada pelo sombreamento, apresentando valores significativos ao longo dos três períodos do dia, com mais de 20% de sua área total sombreada. Por outro lado, a fachada sudeste não registrou nenhum sombreamento. A fachada noroeste teve 10% de sombreamento às 15h, enquanto a fachada sudeste teve 5% às 10h.

No verão (Figura 8B), a distribuição do sombreamento nas fachadas revela uma situação diferente. As áreas sombreadas foram inferiores a 5% nas fachadas sudeste às 10h e 15h, na fachada noroeste às 15h, e na fachada sudeste às 10h. Nos demais horários e na fachada nordeste, não foi registrado sombreamento.

Figura 8. Porcentagem de sombreamento das fachadas em cada orientação durante o inverno (A) e verão (B) – Simulação 1

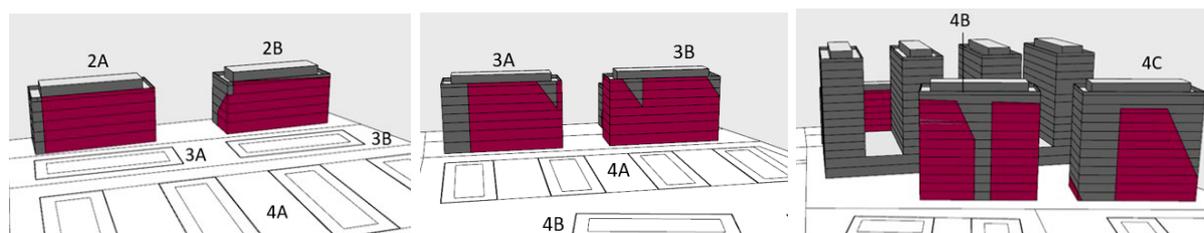


Fonte: adaptado de GOMES (2023).

As Figuras 9, 10 e 11 ilustram as fachadas voltadas para o nordeste das edificações da simulação 2, nos lotes 2, 3 e 4, nos horários de 10h, 12h e 15h. Essa análise foi destacada devido ao maior percentual de sombreamento observado no estudo. Nos outros lotes, as fachadas nordestes não foram afetadas pelo sombreamento.

A Figura 9 apresenta o sombreamento das fachadas voltadas para o nordeste às 10h. Em todas as edificações, o sombreamento é observado em todos os pavimentos. Nos edifícios dos lotes 2 e 3, o sombreamento é quase completo. Nas fachadas das edificações 4B e 4C, o sombreamento corresponde respectivamente a 76% e 49% da área da fachada.

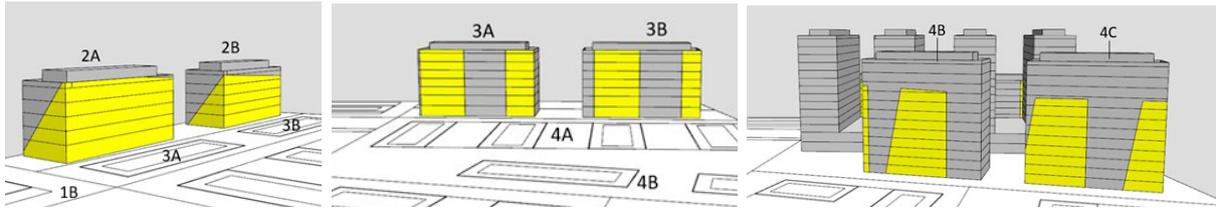
Figura 9. Sombreamento das fachadas nordeste às 10h no inverno – Simulação 1



Fonte: adaptado de GOMES (2023).

A Figura 10 mostra o sombreamento das fachadas voltadas para o nordeste ao meio-dia. Nas edificações 2A, 2B, 3A e 3B, todos os pavimentos são afetados pelo sombreamento, sendo que nos edifícios do lote 2 o sombreamento é quase total. Já nas edificações 4B e 4C, embora com menor porcentagem, a área sombreada corresponde a 37,5% e 46%, respectivamente.

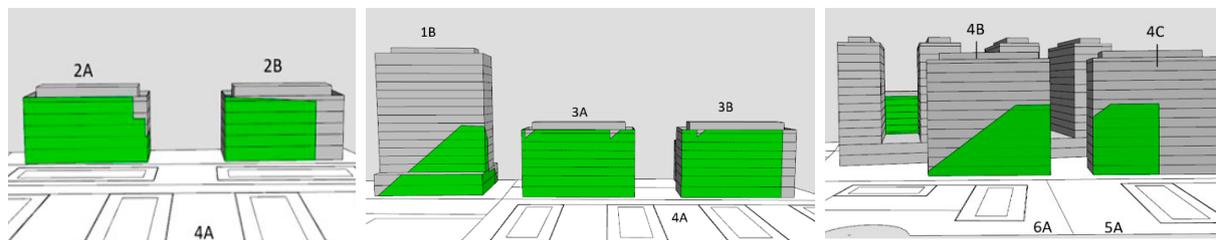
Figura 10. Sombreamento das fachadas nordeste às 12h no inverno – Simulação 1



Fonte: adaptado de GOMES (2023).

A Figura 11 mostra o sombreamento das fachadas voltadas para o nordeste às 15h. Nas edificações 2A, 2B, 3A e 3B, todos os pavimentos são afetados pelo sombreamento. Nos edifícios 2A e 3A, o sombreamento é quase total, enquanto nos edifícios 2B e 3B corresponde a aproximadamente 75% da fachada. Nas edificações 4B e 4C, o sombreamento afeta os pavimentos inferiores, cobrindo 40% e 31,5% das fachadas, respectivamente.

Figura 11. Sombreamento das fachadas nordeste às 15h no inverno – Simulação 1



Fonte: adaptado de GOMES (2023).

Observou-se que as edificações nos lotes 2 e 3 foram mais afetadas pelo sombreamento. Esses lotes possuem uma área menor e, conseqüentemente, edificações com menos pavimentos, resultando em um maior impacto das construções vizinhas mais altas, principalmente as localizadas no lote 4.

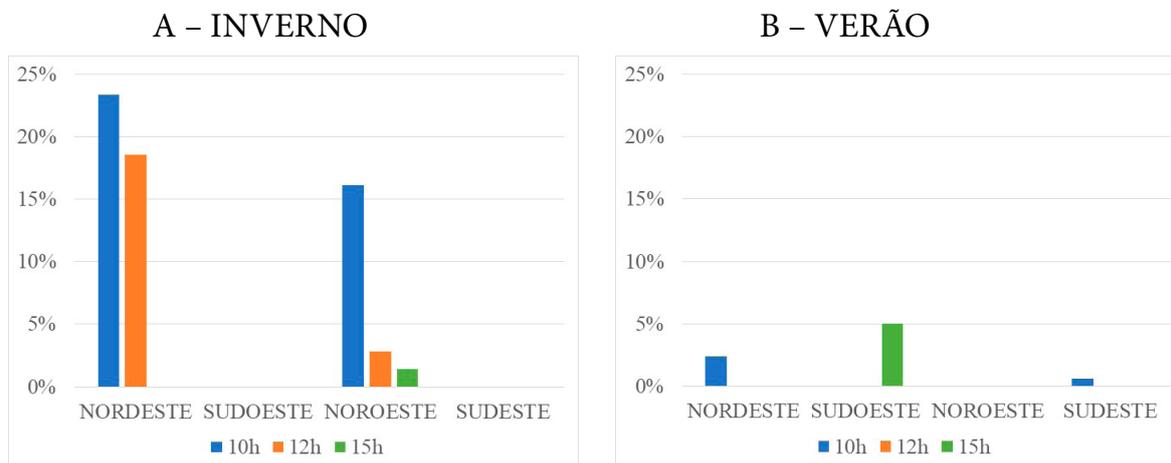
Pode-se observar nas Figuras 9, 10 e 11 que os pavimentos mais baixos são os mais afetados pelo sombreamento. Nessa configuração de cenário (simulação 1) as edificações dos lotes 1, 3, 4, 5 e 6 tem dois pavimentos de garagem e o lote 2, um pavimento. Essa proposta acaba sendo benéfica, pois o maior impacto de sombreamento não ocorre nos pavimentos destinados às unidades habitacionais.

Os dados da análise quantitativa referentes à simulação 2 estão apresentados na Figura 12. Os dados mostram as porcentagens totais de sombreamento nas fachadas, englobando as unidades habitacionais, para cada orientação solar nos horários de 10h, 12h e 15h, tanto no verão quanto no inverno. Ressalta-se que nessa configuração de cenário as edificações não possuem pavimento garagem, todos os andares são destinados às unidades habitacionais.

No período de inverno (Figura 12A), observa-se que as fachadas sudoeste e sudeste não recebem sombreamento. Por outro lado, a fachada nordeste apresentou sombreamento de 23% às 10h e 19% às 12h. A fachada noroeste também registrou sombreamento, com 15% às 10h, 4% às 12h e 2% às 15h.

Durante o verão (Figura 12B), ocorreram sombreamentos em dois dos três horários analisados, com destaque para um máximo de 5% de sombreamento na fachada sudoeste às 15h. Às 10h da manhã, a fachada nordeste e sudeste apresentou áreas sombreadas de 2% e 1%, respectivamente. Não foram registrados sombreamentos nas demais orientações para a simulação 2.

Figura 12. Porcentagem de sombreamento das fachadas em cada orientação durante o inverno (A) e verão (B) – Simulação 2



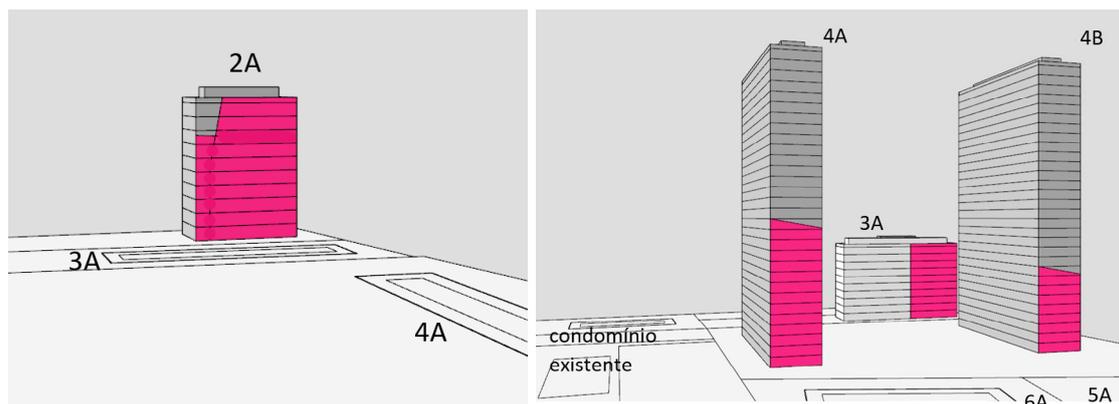
Fonte: adaptado de GOMES (2023).

O cenário proposto para a simulação 2 leva em consideração o máximo de utilização da altura, isso fez com que a taxa de ocupação das edificações fosse menor do que o proposto na simulação 1. A menor taxa de ocupação gerou maiores afastamentos entre as edificações, o que pode explicar as menores taxas de sombreamento das fachadas, se comparada à simulação 1.

A Figura 13 apresenta as fachadas voltadas para nordeste que estão sombreadas durante o inverno, especificamente às 10h. Observa-se que algumas edificações têm todos os pavimentos sombreados, enquanto outras apresentam sombreamento parcial. Como exemplo, a edificação 2A, cuja fachada nordeste está sombreada em 94%, mostra a projeção de sombra das edificações dos lotes 3 e 4, resultando em insolação apenas em uma pequena parte dos dois últimos pavimentos.

No caso das edificações 3A, 4A e 4B, o edifício 3A é sombreado pelas construções do lote 4, com aproximadamente 42% da sua fachada nordeste sombreada. Já as edificações 4A e 4B recebem sombra das edificações dos lotes 5 e 6, com os pavimentos inferiores sombreados correspondendo a 36,43% da área total das fachadas.

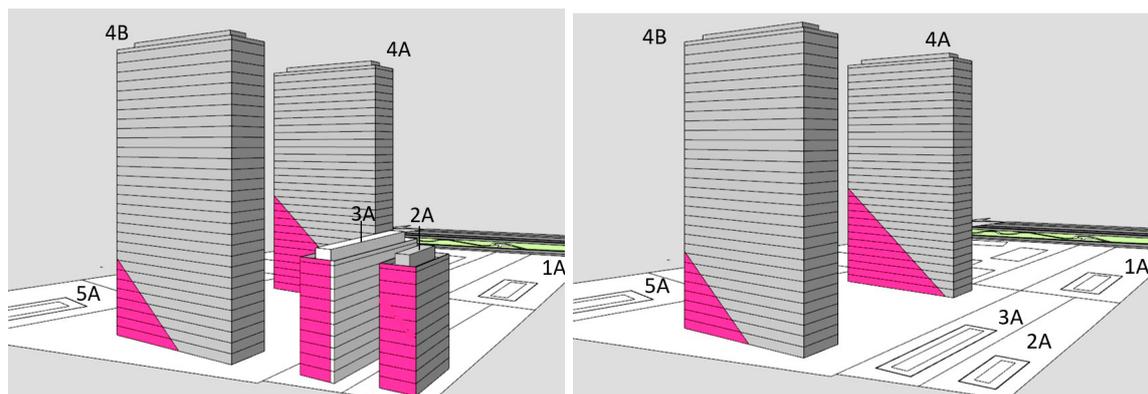
Figura 13. Sombreamento das fachadas nordeste às 10h no inverno – Simulação 2



Fonte: adaptado de GOMES (2023).

A Figura 14 mostra o sombreamento na fachada noroeste das edificações nos lotes 2, 3 e 4. As edificações 2A e 3A têm suas fachadas noroeste completamente sombreadas pelas construções dos lotes 3 e 4, respectivamente. Já as edificações 4A e 4B sofrem sombreamento das edificações dos lotes 5 e 6. O edifício 4A apresenta um sombreamento que afeta treze pavimentos, correspondendo a 20% da fachada noroeste da edificação. Os pavimentos inferiores são quase totalmente sombreados, com a área afetada pela sombra diminuindo à medida que a altura aumenta. Por outro lado, o edifício 4B possui um sombreamento menos significativo em comparação, atingindo 7,73%. Neste caso, oito pavimentos são sombreados, e a porcentagem de sombreamento diminui com o aumento da altura, embora nenhum pavimento seja completamente comprometido pela sombra.

Figura 14. Sombreamento das fachadas noroeste às 10h no inverno – Simulação 2



Fonte: adaptado de GOMES (2023).

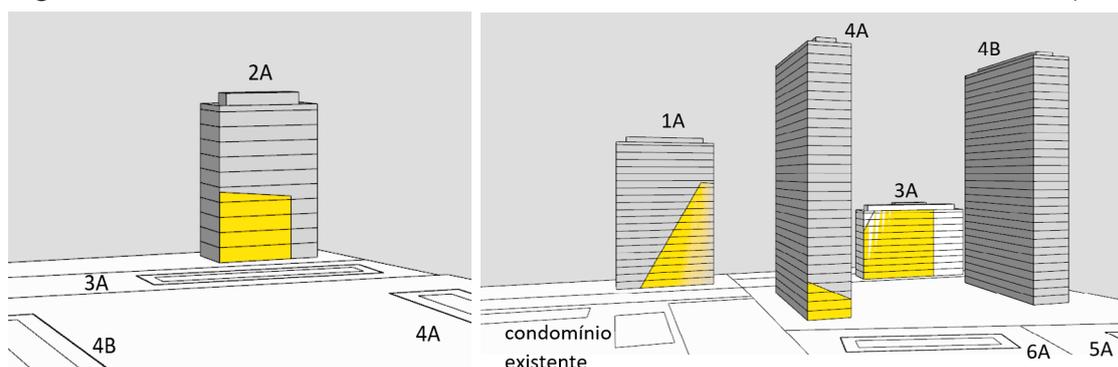
Na Figura 15 observa-se o sombreamento provocado pela edificação do lote 3, que atinge a fachada nordeste da edificação 2A às 12h. A sombra cobre parcialmente os primeiros cinco pavimentos da edificação, correspondendo a 31% da área, enquanto preserva completamente os pavimentos superiores.

A edificação 1A tem sua fachada nordeste afetada em 32%, devido às projeções

das edificações do lote 4. Por outro lado, a edificação 3A apresenta mais de metade de sua fachada nordeste sombreada, totalizando 68%. A sombra gerada pelas edificações do lote 4 atinge todos os pavimentos da edificação de maneira uniforme, deixando apenas o lado direito da fachada sem sombreadamento, conforme mostrado na Figura 15.

No lote 4, apenas a edificação 4A foi sombreada. A edificação do lote 6 projetou uma sombra que cobriu completamente os dois primeiros pavimentos e parcialmente o terceiro e quarto pavimentos, totalizando 10% da área da edificação.

Figura 15. Sombreamento das fachadas nordeste às 12h no inverno – Simulação 2



Fonte: adaptado de GOMES (2023).

5 Conclusões

Os resultados obtidos na simulação 1, com relação à quantificação do sombreadamento, mostram que durante o inverno há maior porcentagem de área de fachada sombreada do que durante o verão, evidenciando-se a fachada nordeste, a qual apresentou maior porcentagem de sombreadamento nos três horários analisados, tendo 31%, 23% e 30% da fachada sombreada às 10h, 12h e 15h, respectivamente. No verão o sombreadamento máximo ocorreu na fachada sudeste às 10h atingindo 2% da área da fachada.

Os resultados obtidos para a simulação 2, com relação ao sombreadamento gerado pelas edificações propostas, também mostram maiores porcentagens de sombreadamento durante o inverno, principalmente nas fachadas nordeste (23% às 10h e 19% às 12h) e noroeste (15% às 10h). Para o período de verão o maior sombreadamento foi de 5% da área total da fachada sudoeste às 15h.

Ao comparar a ocupação dos lotes pelas edificações propostas para as simulações 1 e 2 observa-se que são similares, devido ao desenho e disposição dos lotes. A principal diferença está na taxa de ocupação dos lotes e nas alturas das edificações. O impacto do sombreadamento nas fachadas nas simulações 1 e 2 ocorre de forma diferente. Na simulação 1 as fachadas com maiores áreas são as mais atingidas pelo sombreadamento, enquanto na simulação 2, as fachadas com maior sombreadamento são as de menor área. Ao verificar essas diferenças, é possível pensar com maior propriedade

no projeto interno das edificações, definido espaços de escadas e os ambientes internos de cada edificação de modo a tirar o melhor proveito da insolação e iluminação.

Além disso, verificou-se que o inverno foi o período no qual houve mais sombreamento das edificações. Considerando o clima de Curitiba, o ideal seria permitir a insolação do inverno e sombrear as fachadas no verão. Porém, as simulações mostram que o inverso ocorre, embora na simulação 2, com mais espaçamento e maior altura, o impacto tenha sido menor do que na simulação 1.

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. Visto que, segundo Lamas (1989) a forma urbana é estabelecida pela constituição e organização de diversos elementos morfológicos associados à área e à relação entre os aspectos de organização funcional, quantitativos, qualitativos e figurativos.

No contexto da pesquisa, é fundamental reconhecer que, além da influência da legislação urbana, o conhecimento do clima local desempenha um papel crucial. De acordo com Olgyay (2010), o conforto térmico das edificações em climas frios pode ser otimizado através de um espaçamento adequado entre as construções, permitindo a insolação das fachadas. Givoni (1989) também destacou que o espaçamento reduzido entre as edificações pode complicar a radiação em determinadas áreas da edificação, sendo possível equilibrar isso com a exposição adequada do solo natural e ventilação.

Além disso, é relevante notar que os resultados obtidos nos modelos propostos neste estudo podem ser aplicáveis em diferentes ambientes climáticos. Por exemplo, o estudo de Barbosa (2018) realizado em Maringá - PR, um clima subtropical com verões quentes, demonstrou que a verticalização, juntamente com a normatização municipal, pode ser benéfica para mitigar a sensação térmica local (BARBOSA, 2018).

As simulações realizadas nesse trabalho estão de acordo com a legislação vigente para Curitiba. Porém, de maneira geral, elas demonstram que os parâmetros construtivos, (altura livre, taxa de ocupação e aos afastamentos) propostos para o Setor Especial da Linha Verde (SE-LV) de Curitiba-PR podem comprometer o bem-estar dos habitantes, bem como a qualidade do ambiente, se não forem pensados considerando o ambiente térmico do local.

Referências

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. 2023.

BARBOSA, A. *Urbanismo bioclimático: efeitos do desenho urbano na sensação térmica*. 356f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetu-

ra e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. DOI: 10.11606/T.102.2018.tde-16042018-152343. Acesso em: 19 maio 2023.

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.

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 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.

FERNANDES DA SILVA, C. *Energia solar no meio urbano: análise para diferentes formas urbanas*. 2018. 97f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Engenharia Urbana. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

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. 2023.

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

GOMES, Andressa Regina. *Impacto da verticalização e do adensamento no sombreamento de edificações: o caso do Setor Estrutural da Linha Verde de Curitiba-PR* 2023. 128f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2023.

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

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

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

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.

PMC - PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. *Prospecto de registro da operação urbana consorciada LINHA VERDE*. Curitiba, 2019. Disponível em: <https://www.bb.com.br/docs/portal/dimec/CEPAC%20-20Prospecto%20da%20Operacao%20Urbana%20Linha%20Verde%20-%203%20Distribuicao.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

PMC - PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. *Consulta informativa de lote*. Curitiba, 2022. Disponível em: <http://www5.curitiba.pr.gov.br/gtm/gam/Default.aspx>. Acesso em: 15 abr. 2023.

SANTOS, Mônica Machado dos; KREBS, Lisandra Fachinello; RIBAK, Raischa Holz. Influência do adensamento construtivo sobre os microclimas. *Pixo - Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade*, [S.L.], v. 6, n. 21, p. 388-401, 11 out. 2022. Universidade Federal de Pelotas. <http://dx.doi.org/10.15210/pixo.v6i21.22317>.