

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

SONJALY RONCATO JURASZEK

**ANÁLISE DO IMPACTO DA VERTICALIZAÇÃO NA INCIDÊNCIA SOLAR EM
ÁREA URBANA CENTRAL EM CURITIBA - PR**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2016

SONJALY RONCATO JURASZEK

**ANÁLISE DO IMPACTO DA VERTICALIZAÇÃO NA INCIDÊNCIA SOLAR EM
ÁREA URBANA CENTRAL EM CURITIBA - PR**

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do grau de especialista em Construções Sustentáveis.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Leite Krüger

CURITIBA
2016

SONJALY RONCATO JURASZEK

**ANÁLISE DO IMPACTO DA VERTICALIZAÇÃO NA INCIDÊNCIA SOLAR EM
ÁREA URBANA CENTRAL EM CURITIBA - PR**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Dr. Eduardo Leite Kruger
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus
Curitiba.

Banca:

Profa. M. Vânia Deeke
Professora do CECONS, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Profa. Dra. Christine Laroca
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus
Curitiba.

Curitiba
2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à minha família, especialmente à minha mãe, que foi minha melhor colega de classe.

Agradeço também ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Leite Krüger, pela ajuda e compreensão durante a monografia, especialmente considerando a distância de estar morando no exterior.

Agradeço aos meus colegas e professores do curso CECONS, pelas aulas e conhecimentos compartilhados, mas também agradeço aos meus colegas e professores de Mestrado na Suécia, que me ajudaram a ver outros aspectos da arquitetura sustentável.

Por fim, agradeço a Deus, por todas as oportunidades que Ele me apresenta.

RESUMO

JURASZEK, Sonjaly Roncato. **Análise do Impacto da Verticalização na Incidência Solar em Área Urbana Central de Curitiba – PR.** 2016. 72 p. Monografia de Especialização em Construções Sustentáveis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Com um crescente aumento populacional nas cidades, adensamentos urbanos se tornaram pontos chave nos estudos sobre desenvolvimento sustentável. Cidades brasileiras, como Curitiba, estão passando por transformações para um maior adensamento, especialmente através da verticalização. Essa verticalização pode causar impactos negativos sobre o microclima do ambiente urbano, reduzindo o acesso ao sol e ventilação. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo analisar a influência da verticalização no acesso solar de uma área urbana adensada. O trabalho se justifica pela importância do acesso ao sol na manutenção da saúde e qualidade de vida das pessoas e pela crescente verticalização das cidades. Os estudos foram feitos focados nos lotes e edifícios localizados em uma área central de Curitiba, cidade com localização subtropical com tipo climático Koeppen's Cfb. Foram analisadas onze quadras localizadas em ambos os lados de uma rua de grande porte, que tem passado por transformações em sua morfologia urbana. Simulações em 2D com o software AutoCAD e em 3D com o software Google SketchUp foram realizadas para a quantificação de porcentagens de áreas que possuem acesso solar em diferentes horários no solstício de inverno. Foram analisados dois períodos, o cenário atual e um hipotético cenário futuro, considerando as constantes transformações do trecho. Uma análise das fachadas norte e oeste dos edifícios de uma das quadras e suas áreas ensolaradas/sombreadas também foi feita para o cenário atual, com a quantificação do número de horas que uma determinada fachada estaria totalmente ou parcialmente sombreada. Como resultado, observou-se que atualmente o sombreamento das quadras da região já passa de 60% da área em planta em todos os horários do dia. Em um cenário futuro, a porcentagem de áreas sombreadas aumenta ainda mais, com mais de 75% da área das quadras sombreadas em todos os horários. Dessa forma sugere-se que futuros adensamentos e a legislação aplicada a eles sejam estudados levando em consideração o acesso ao sol.

Palavras-chave: Sustentabilidade no Ambiente Urbano. Adensamento. Verticalização. Acesso ao Sol. Curitiba-PR.

ABSTRACT

JURASZEK, Sonjaly Roncato. **Analysis of the impact of High Rise Buildings on Solar Access in a downtown area in Curitiba – PR.** 2016. 72 p. Monografia de Especialização em Construções Sustentáveis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

With an ever-increasing concentration of people in cities, urban areas have become the focus of several studies concerning sustainable development. Brazilian cities, such as Curitiba, have been undergoing several measures toward higher density, specifically through high-rise buildings. High-rise developments can bring negative impacts on urban microclimate, reducing access to sunlight and ventilation. This study aims to analyze the influence of high-rise developments on solar access in a high-density downtown area. The research is justifiable considering the importance of solar access for maintenance of health and quality of life of people and due to the increasing amount of high-rise and high-density developments in cities. The analysis was made on plots and buildings located in a portion of downtown Curitiba, a subtropical location with Koeppen's Cfb climate type. We evaluate eleven blocks located on both sides of a major street, which has been going through changes in urban morphology. 2D simulations were carried out with Autocad and 3D simulations with Google SketchUp for quantifying percentages of areas receiving sunlight in different time frames on the winter solstice. Two scenarios were analyzed: the current and a hypothetical situation considering the full consolidation of the area. An analysis of shaded and sun-lit areas of the building north and west façades in one of the blocks was additionally performed for the current situation, with the quantification of how many hours a given façade would be either totally or partly shaded. Results suggest that the percentage of shaded areas on the blocks already surpasses 60% of the total area in plan during all times of the day. In a future scenario, the percentage of shaded areas tends to increase even more, with over 75% of the plot area in the shade. As a conclusion, it is suggested that future high-density/high-rise developments and the legislation concerning them take into consideration solar access.

Key-words: Sustainability in the Urban Environment. High-Density. High-rise Buildings. Solar Access. Curitiba – PR.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	8
1.2.1 VERTICALIZAÇÃO E ACESSO AO SOL.....	8
1.2.2 CENTROS URBANOS EM TRANSFORMAÇÃO	10
1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.4 OBJETIVOS	13
1.5 JUSTIFICATIVA	13
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE E SUSTENT. NO ÂMBITO URBANO	15
2.2 ESCALA DO EDIFÍCIO x ESCALA URBANA	18
2.3 ADENSAMENTO E VERTICALIZAÇÃO	20
2.4 MICROCLIMA URBANO, CONFORTO TÉRMICO E ACESSO AO SOL	21
2.5 CLIMA, CONFORTO TÉRMICO E ACESSO AO SOL EM CURITIBA	22
3 METODOLOGIA	26
3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
3.2 LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO E MAPEAMENTO DAS EDIFICAÇÕES	33
3.3 CONFEÇÃO DA MAQUETE 3D PARA ESTUDO DE SOMBREAMENTO	33
3.4 DETERMINAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE	34
3.5 DELIMITAÇÃO DO PERÍODO DE ANÁLISE	37
3.5.1 CENÁRIO ATUAL	38
3.5.2 CENÁRIO FUTURO	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 ANÁLISE SOMBREAMENTO EM PLANTA	44
4.1.1 CENÁRIO ATUAL	44
4.1.2 CENÁRIO FUTURO	52
4.1.3 TABELAS COMPARATIVAS	59
4.2 ANÁLISE SOMBREAMENTO NAS FACHADAS	64
4.2.1 FACHADAS NORTE	65
4.2.2 FACHADAS OESTE	67
5 CONCLUSÃO	68

1 INTRODUÇÃO

“O desenvolvimento sustentável é o maior desafio do século 21” (LEITE, 2012, p.8).

Seja no âmbito urbano, no âmbito das construções civis, do meio ambiente ou qualquer outro, sustentabilidade é uma preocupação crescente no mundo atual.

Considerando que cada vez mais pessoas vivem em adensamentos urbanos, a cidade pode ser considerada o centro das preocupações relacionadas ao desenvolvimento sustentável. Ela é o tecido que vai abrigar a maior parte das moradias e construções atuais e do futuro.

Segundo o jornal britânico “The Guardian” em um artigo publicado em julho de 2016, pela primeira vez na história a maior parte da humanidade vive em ambientes urbanos, seja em megacidades com 10 à 20 milhões de habitantes, cidades médias com 1 à 5 milhões de habitantes ou pequenos aglomerados urbanos com população entre 500 mil e um milhão de habitantes.

De acordo com o artigo, o maior crescimento nos próximos anos ocorrerá não nas mega cidades, mas sim nas cidades de pequeno e médio porte, que devem ser o foco de estudos futuros.

Segundo Carlos Leite, em seu livro “Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes” a preocupação com a cidade é de âmbito mundial:

A pauta da cidade é, no planeta urbano, da maior importância para todos os países, pois (a) dois terços do consumo mundial de energia advêm das cidades, (b) 75% dos resíduos são gerados nas cidades e (c) vive-se um processo dramático de esgotamentos dos recursos hídricos e consumo exagerado de água potável (LEITE, 2012, p.8).

Visto a importância das cidades na sociedade atual, estudos relacionados ao desenvolvimento sustentável das mesmas são cada vez mais necessários.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

1.2.1 VERTICALIZAÇÃO E ACESSO AO SOL

O questionamento base para o presente trabalho foi a relação entre a crescente verticalização e adensamento das cidades e até que ponto essa verticalização pode ser considerada como “desenvolvimento sustentável”, especialmente sob o ponto de vista de acesso ao sol.

Nas escolas de arquitetura a ideia de que cidade compacta é sinônimo de cidade sustentável já é estabelecida. Muitos argumentos contribuem para que essa visão seja considerada a ideal: menos infraestrutura por metro quadrado construído, menor necessidade de transporte público ou privado para as atividades diárias, etc.

Há, porém, nos dias atuais, uma confusão entre cidade compacta e diversificada, com um ciclo de consumo energético fechado (características de uma cidade com desenvolvimento sustentável), e adensamento exacerbado e não planejado adequadamente em nome de um suposto desenvolvimento sustentável.

O livro “Cities for a small planet”, de 1997, fala sobre a Cidade Densa e Cidade Compacta:

“O modelo de cidade densa pode trazer grandes benefícios ecológicos. Cidades densas podem, através de planejamento integrado, serem projetadas para aumentar a eficiência energética, consumir menos recursos, produzir menos poluição e evitar o alastramento da malha urbana sobre a zona rural” (ROGERS, 1997, p. 32 - Tradução própria).

Dito isso, o autor defende a ideia de Cidade Compacta:

“... uma cidade densa e socialmente diversa onde atividades econômicas e sociais se sobrepõe e onde comunidades são focadas ao redor de vizinhanças (...). A criação da moderna Cidade Compacta demanda a rejeição do desenvolvimento monofuncional e a dominância do carro (...). A Cidade Compacta cresce envolta de centros de atividades sociais e comerciais localizadas em nódulos de transporte público” (ROGERS, 1997. Pg. 32/38 - Tradução própria).

Rogers defende que um desenvolvimento sustentável na cidade implica em diversidade de atividades que ocorrem principalmente perto de estações de

transporte público, diminuindo a necessidade de deslocamento através de transporte individual.

A cidade deve ser densa, o que significa que mais pessoas vivem numa mesma área da cidade. Contudo, a densidade da cidade é muitas vezes confundida com verticalização exagerada.

Em entrevista à revista Pini em Julho de 2013, Otavio Zarvos, da incorporadora Idea!Zarvos comenta que “Adensamento não tem a ver com a altura dos edifícios, mas sim com a quantidade de pessoas por hectare”.

Esse é um dos maiores desentendimentos quando se fala de adensamento, que não implica necessariamente na construção de inúmeros edifícios de grande porte e altura próximos uns aos outros. Há a possibilidade de adensamento através de prédios de baixo porte. Ainda segundo Zarvos, o problema das cidades brasileiras são os lotes e áreas subutilizadas. “Casas isoladas em terrenos nos centros urbanos devem ser substituídas por edifícios que comportem mais famílias – esses, porém não precisam ser muito verticalizados”, defende Zarvos.

Dessa forma pode-se perceber que, enquanto o adensamento é uma das características chave para o desenvolvimento urbano sustentável, a verticalização exacerbada não é necessariamente a forma de atingi-lo.

O questionamento desse trabalho envolve a análise da relação entre essa verticalização e o acesso à luz natural nos lotes e nas edificações.

As cidades brasileiras estão passando por transformações para um maior adensamento, especialmente através da verticalização. Essa verticalização influencia o microclima do ambiente urbano, muitas vezes causando uma diminuição do acesso ao sol, ventilação e outras condicionantes naturais. Esse fator torna as construções mais dependentes de iluminação artificial, ar condicionado, etc., o que levanta o questionamento sobre o conforto térmico e a qualidade de vida que a verticalização oferece aos cidadãos.

Segundo Brandão (2004), a geometria urbana pode gerar sombreamentos nas cidades que influenciam significativamente o consumo energético dos edifícios.

“A questão do acesso ao sol e à luz natural (...) está intimamente ligada a questões de sustentabilidade urbana e de aproveitamento eficiente dos recursos naturais” (BRANDÃO, 2004, p. 144).

1.2.2 CENTROS URBANOS EM TRANSFORMAÇÃO

Além da questão da morfologia urbana, que trata da forma e geometria dos aglomerados urbanos, o maior interesse do presente trabalho está em analisar um centro urbano em transformação. Muitas vezes se fala de cidade sustentável referindo-se a cidades utópicas, que partem do zero.

Porém, o maior desafio da atualidade é lidar com cidades em constante transformação e adensamento, como é o caso no Brasil, China, etc.

O livro “Cities for a small planet” menciona o projeto de uma parcela da cidade sustentável que seria planejada do zero, um novo distrito na cidade de Shanghai, em 1991. A implantação e maquete do projeto podem ser vistas nas Figuras 01 e 02 respectivamente.

“ Lu Zia Sui como uma área com diversidade comercial e residencial, combinada com uma rede de parques e espaços públicos e acessada preferencialmente por transporte público. (...) Variando as alturas dos edifícios, a luz solar e luz do dia poderia ser focada em trazer mais vida para as ruas, praças e avenidas, mesmo com a alta densidade das construções. A variação da linha dos telhados também otimizaria as vistas e a penetração de luz solar dentro dos próprios edifícios reduzindo a necessidade de gasto energético com iluminação artificial” (ROGERS, 1997, p. 45 - 49 – Tradução própria)

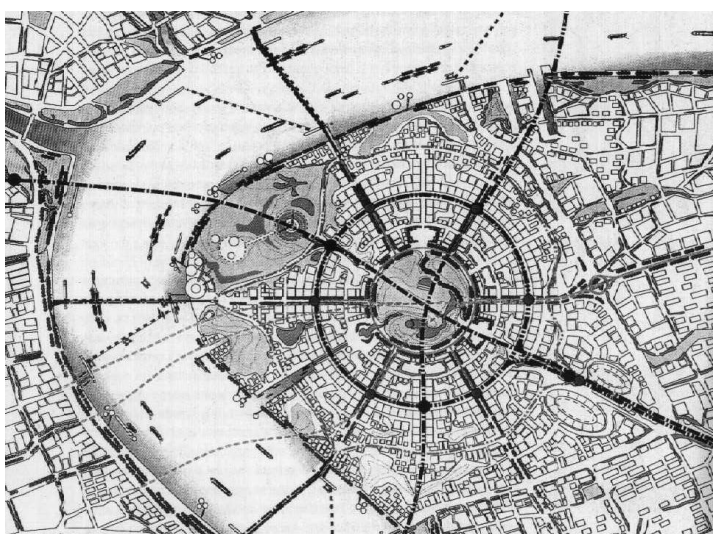


Figura 01 – Implantação do Distrito de Lu Zia Sui

Fonte: Cities for a small planet/<http://www.ecoedility.it/e3news/wp-content/uploads/2008/07/fig4.jpg>



Figura 02 – Maquete Física e eletrônica do Distrito de Lu Zia Sui

Fonte: Cities for a small planet/ <http://www.slideshare.net/Myfriz/cities-for-a-small-planet-1997>

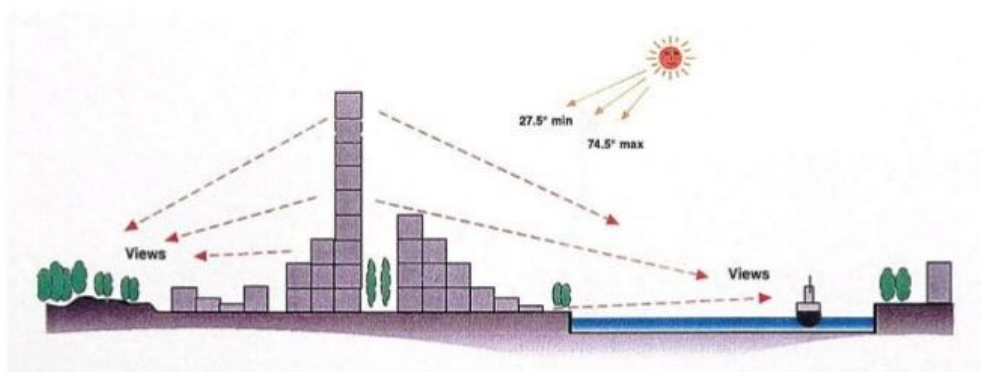


Figura 03 – Corte do distrito de Lu Zia Sui

Fonte: Cities for a small planet/ <http://www.slideshare.net/Myfriz/cities-for-a-small-planet-1997>

Conforme a Figura 03, com uma variação na altura dos edifícios, o projeto proporcionaria o maior acesso ao sol possível para todos os moradores. O projeto, por mais eficiente que seja em termos de acesso ao sol, não corresponde à realidade da maioria das cidades em crescimento no mundo.

Na realidade, as cidades existentes estão passando por transformações de geometria urbana constantemente. Essas mudanças afetam o microclima do ambiente urbano e tem grande influência na saúde e qualidade de vida dos moradores.

Esse fato levou o presente trabalho a focar em uma área urbana existente e em transformação: o centro de Curitiba, buscando compreender

como a morfologia urbana em constante transformação torna a cidade mais ou menos sustentável, considerando-se aqui, especialmente, o acesso ao sol.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Dentre os fatores que influenciam o microclima na cidade e conseqüentemente o conforto térmico e qualidade de vida dos moradores, o acesso ao sol foi o aspecto escolhido para ser analisado. Não só pela importância do acesso à luz natural, mas também pela maior facilidade de simulação em *software*, tanto da situação atual como de um hipotético cenário futuro.

O trabalho foca no acesso à insolação direta nos lotes e edifícios de uma determinada área urbana verticalizada e em transformação em uma cidade de médio porte, a cidade de Curitiba. Para decidir qual área da cidade seria estudada, alguns fatores foram levados em consideração.

Dentre eles pode-se citar a legislação de Curitiba, incluindo zoneamento e possibilidade de compra de potencial; histórico de transformações urbanas e estrutura urbana atual (largura de vias e orientação de lotes/vias).

Após as considerações acima, o bairro centro, na zona Central de Curitiba, foi escolhido como objeto de estudo. Mais precisamente um trecho da Rua Brigadeiro Franco e suas quadras adjacentes (Figura 04).



Figura 04 – Trecho Rua Brigadeiro Franco

Fonte: Autora

A análise das considerações citadas como forma de justificativa para a área escolhida será abordada com maior precisão no capítulo de Metodologia.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo do trabalho é analisar a influência do adensamento urbano e verticalização sobre a incidência solar e acesso à luz natural nos lotes e edifícios localizados em um trecho em transformação do bairro centro da cidade de Curitiba.

Objetivos Específicos

- 1 Compreender os conceitos de sustentabilidade no âmbito urbano, além de microclima e acesso ao sol, como forma de embasamento para a pesquisa.
- 2 Definir a área a ser estudada, de acordo com critérios específicos que incluem a legislação, altura das edificações, bem como as transformações da última década.
- 3 Através da modelagem em software da atual configuração dos edifícios na área definida, analisar o sombreamento da área, em diferentes horários no solstício de inverno.
- 4 Analisar a legislação de Curitiba quanto a possíveis futuras construções na área de estudo.
- 5 Através da modelagem em software da possível configuração futura dos edifícios na área definida, analisar o sombreamento da área em uma situação de verticalização extrema, em diferentes horários no solstício de inverno.

1.5 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho se justifica devido à importância de dois aspectos principais: (1) o acesso ao sol e sua relação com a qualidade de vida das pessoas, e (2) a crescente verticalização das cidades, que ameaça esta qualidade de vida dos moradores e usuários.

O sol é fonte de calor e luminosidade, mas também contribui enormemente para a saúde física e mental de todos os seres humanos, daí sua importância.

Por Curitiba estar localizada ao sul do Brasil, à 25° 25' 40" Sul, com clima subtropical, o acesso ao sol é de extrema importância, especialmente no inverno.

Enquanto vários estudos analisam o acesso ao sol e a qualidade do espaço público/ruas entre os edifícios, este trabalho foca nos próprios lotes e edificações, que sombreiam umas as outras. Dada a importância que o sol tem como ferramenta para manutenção da saúde e bem estar, focar nas áreas dentro das quadras e fachadas das edificações se mostrou de extrema importância, pois engloba as residências e ambientes ocupados com maior frequência pela população.

O Centro de Curitiba vem passando por transformações com o objetivo de adensar áreas subutilizadas. Vazios urbanos e antigas edificações têm sido substituídos por novas edificações de grande porte, gerando áreas verticalizadas.

Se por um lado a verticalização desses espaços vazios nos centros urbanos se mostra como uma boa alternativa para o uso de uma infraestrutura já existente num centro de atividades diversificadas, por outro os impactos que essa verticalização pode trazer questionam sua real sustentabilidade.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em 5 capítulos. O primeiro trata da Introdução, com objetivos e justificativa do tema. O segundo capítulo engloba a Revisão Bibliográfica, onde o assunto a ser estudado é exposto sob o ponto de vista de diferentes fontes e autores.

O terceiro capítulo trata da Metodologia de trabalho, incluindo como a área a ser estudada foi escolhida e como ela será analisada. No quarto capítulo as análises de sombreamento são feitas e analisadas. Por fim, a última parte do trabalho inclui a conclusão e as referências utilizadas no texto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE E SUSTENTABILIDADE NO ÂMBITO URBANO

De acordo com o Relatório Brundtland “Our Common Future” (Nosso Futuro Comum, em português), “Desenvolvimento sustentável procura satisfazer as necessidades e aspirações do presente sem comprometer a capacidade de atender [as necessidades] das gerações futuras” (Brundtland Report - United Nations World Commission on Environment and Development 1987 – Tradução própria).

O próprio radical da palavra sustentabilidade já indica a necessidade de sustentar, manter os recursos atuais de forma que futuras gerações possam usufruir do mesmo ambiente que temos hoje.

“Em termos humanos e biológicos, sustentabilidade refere-se a um processo contínuo de como viver e perpetuar a espécie em seu ambiente, não se tratando de procriação, mas sim de habitat e progresso” (ADHYA, 2010, p. 5 – Tradução própria).

Porém, ainda de acordo com Adhya (2010), definir a sustentabilidade dentro de um único conceito pode se tornar problemático, uma vez que há o perigo de limitar a discussão de sustentabilidade a categorias e limites. Dessa forma, o melhor seria definir sustentabilidade sob uma abordagem de sistemas, onde a sustentabilidade se torna uma exploração de mais de um meio rumo a uma vida saudável (ADHYA, 2010, p. 8).

Sob essa ótica, quando se fala em sustentabilidade, deve-se lembrar que esta possui diferentes facetas: a ambiental, a social, a econômica, etc. A sustentabilidade é um processo contínuo que envolve a comunidade, a economia e o meio ambiente.

No âmbito urbano, diferentes aspectos têm de ser considerados para um desenvolvimento sustentável. Segundo Adhya (2010) definir urbanismo sustentável baseado somente em forma (arquitetura), política (planejamento urbano) e eficiência energética (engenharia civil) não é suficiente. Mais do que esses três aspectos, urbanismo sustentável deve ser pautado em termos de bem estar humano, aperfeiçoamento social e esperança social. O urbanismo

sustentável pode ser entendido como a aplicação de saúde pública e ética social em cidades, englobando os elementos de forma, política e tecnologia (ADHYA, 2010, p. 8).

“A cidade é uma matriz complexa e em constante modificação, de atividades humanas e efeitos ambientais. Para planejar uma cidade sustentável é necessário uma compreensão holística das relações entre cidadãos, serviços, transporte e geração de energia, além do impacto no meio ambiente local e global. Todos esses fatores devem ser levados em conta na criação da cidade sustentável” (ROGERS, 1997, p. 32 Tradução própria).

De acordo com os autores e citações acima, pode-se compreender que sustentabilidade, ainda mais no ambiente urbano, é um tema de alta complexidade, que leva em consideração diversos fatores.

“Não haverá cidade ambientalmente sustentável enquanto aspectos de ecologia urbana, economia e sociologia não forem levados em consideração no planejamento urbano” (ROGERS, 1997, p. 32 Tradução própria)

Diversas são as soluções que tentam responder ao desenvolvimento das cidades de forma sustentável. Não há resposta correta ou única. Porém, é verdade que a cidade compacta e diversa é atualmente considerada o modelo de planejamento sustentável.

Cidades compactas com diversidade de usos ao redor de núdulos de transporte público reduzem a necessidade de deslocamento com automóvel e criam uma vizinhança sustentável (ROGERS, 1997). A figura 05 ilustra essa ideia de uso misto organizado em um nóduo.

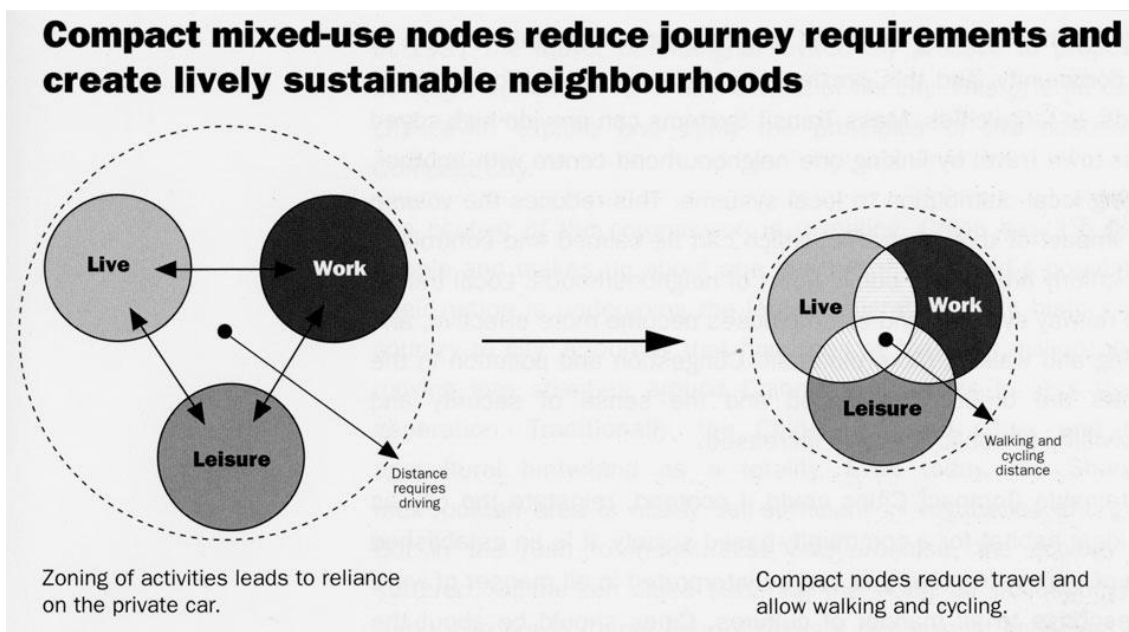


Figura 05 – Nódulos compactos de uso misto

Fonte: Cities for a small planet/ site Université de Genève:

http://www.unige.ch/cuepe/virtual_campus/module_landscape/_31_ville_debat_actuel/pix/rogers_compact_mixed_use_big.jpg

Além disso, de acordo com o ecologista urbano Herbert Girardet, a cidade sustentável procura ter um metabolismo circular (Figura 07), ao invés de linear (Figura 06). Isso significa que o consumo é reduzido através do reuso de recursos e reciclagem (ROGERS, 1997).

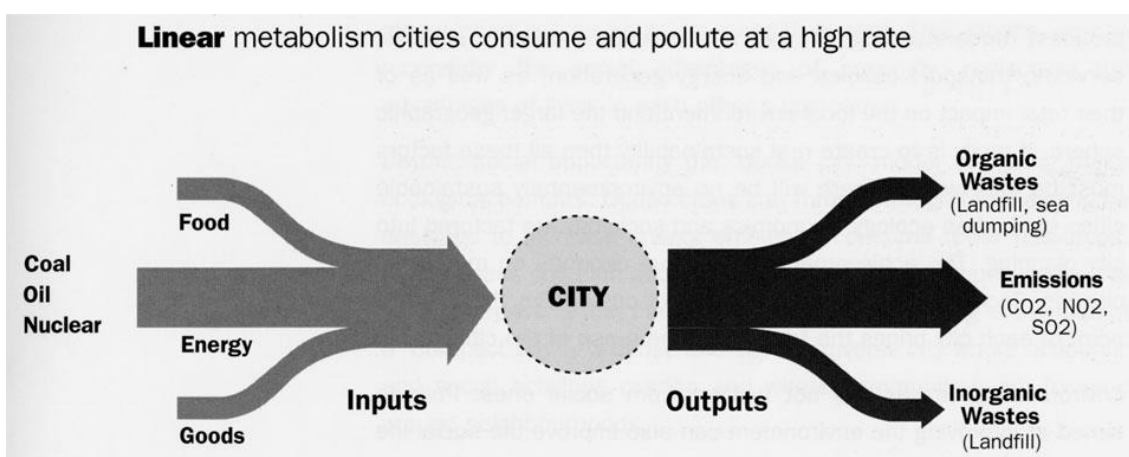


Figura 06 – Cidade com Metabolismo Linear

Fonte: Cities for a small planet/ site Université de Genève:

http://www.unige.ch/cuepe/virtual_campus/module_landscape/31_ville_debat_actuel/pix/rogers_linear_metabo_big.jpg

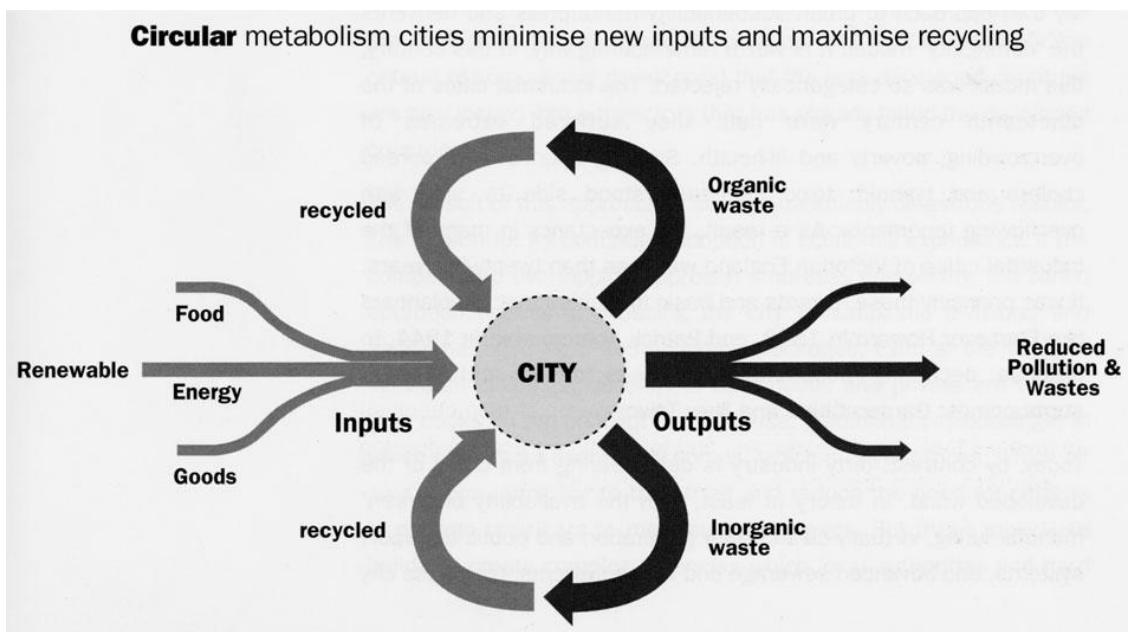


Figura 07 – Cidade com Metabolismo Circular

Fonte: Cities for a small planet/ site Université de Genève:

http://www.unige.ch/cuepe/virtual_campus/module_landscape/31_ville_debat_actuel/pix/rogers_circular_metabo_big.jpg

Dessa forma, para que a sustentabilidade urbana seja atingida, todos os aspectos citados acima, especialmente no âmbito social e ecológico, devem ser considerados, além do adensamento e da cidade compacta.

2.2 ESCALA DO EDIFÍCIO x ESCALA URBANA

Em termos de cidade sustentável, vemos um problema bem mais complexo do que a construção sustentável, especialmente devido à escala da área considerada.

Muito se fala em sustentabilidade em construções, com soluções pontuais em uma escala relativamente reduzida. Porém, é importante lembrar que sendo a cidade o tecido onde as construções se formam e se desenvolvem, esse complexo espaço urbano deve ser tratado com cuidado em termos sustentáveis.

Se a cidade permite um melhor microclima, ventilação e acesso ao sol, maior é a possibilidade de que construções possam ser mais eficientes energeticamente, não só pelo uso de novas tecnologias de geração de energia e controle de consumo, mas também pelo uso de soluções passivas.

“ A maior parte do trabalho desenvolvido por arquitetos dentro do tema sustentabilidade tem sido de escopo relativamente limitado. Certificação LEED, por exemplo, lida principalmente como o objeto arquitetônico, e não com a grande infraestrutura e território das nossas cidades. Porque os desafios da rápida urbanização e limitação dos recursos globais tem se tornado mais urgentes, existe uma necessidade de encontrar novas soluções arquitetônicas que permitam considerar uma larga escala, diferentemente de como já feito no passado. O urbano, como espaço de relações complexas (econômicas, políticas, sociais e culturas) requer uma gama de perspectivas e respostas igualmente complexas que possam atender as condições e necessidades do presente e do futuro. (MOSTAFAVI, 2010. Ecological Urbanism. pg 13 – Tradução própria)

Segundo Miana (2010), em sua tese sobre Adensamento e Forma Urbana, é importante lembrar que não é suficiente projetar edifícios de forma correta e sustentável e com tecnologias atuais, se a área em que o edifício se encontra não permitir acesso ao sol, luz natural e ventilação adequada.

Brandão (2004) fala sobre a cidade como forma de interface entre a fonte (o meio ambiente, o sol) e o usuário (edificação/ser humano), como exemplificado na Figura 08. A morfologia urbana pode permitir ou não o acesso do usuário aos recursos naturais, funcionando como uma espécie de filtro entre a fonte e o usuário final (BRANDÃO, 2004).

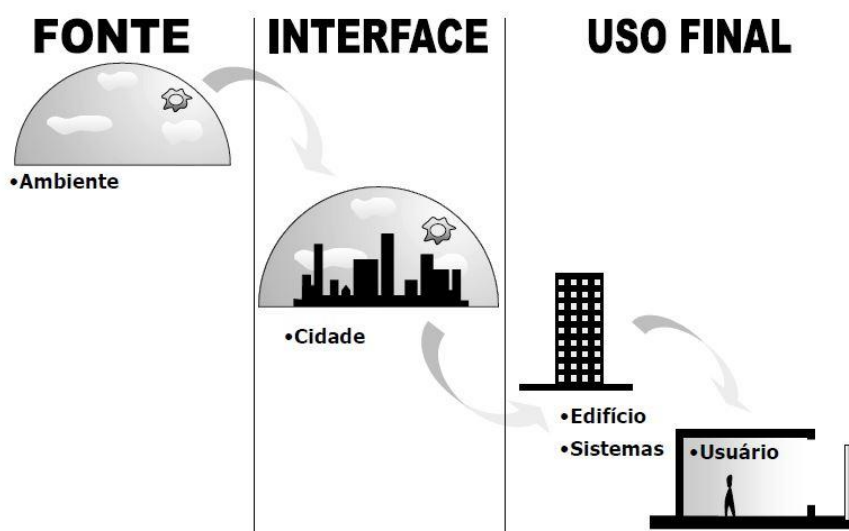


Figura 08 – A cidade como interface entre a Fonte e o Usuário
Fonte: BRANDÃO (2004)

Assim, podemos novamente constatar a importância em avaliar o meio urbano, além da própria construção.

2.3 ADENSAMENTO E VERTICALIZAÇÃO

O modelo de cidade compacta pode ser considerado um retorno às cidades de antigamente. Esse modelo foi rejeitado após a revolução industrial, já que as cidades industriais do século dezanove sofriam com uma população muito elevada em espaços limitados, gerando pobreza e saúde precária. Sendo assim, a expectativa de vida dos habitantes em muitas dessas cidades não passava dos 25 anos. Diante desse cenário, urbanistas entre 1898 e 1944 propuseram levar a população para áreas menos densas e com arredores verdes: as cidades jardim (ROGERS, 1997).

“Hoje em dia, porém, devemos reconsiderar as vantagens de uma cidade mais compacta, com proximidade de serviços e pessoas” (ROGERS, 1997, p. 32 – Tradução Própria)

Diante do crescente aumento populacional nas cidades e espraiamento urbano, parte da sustentabilidade aplicada a centros urbanos também consiste em ocupar vazios urbanos e adensar os centros das cidades.

“O desenvolvimento urbano sustentável impõe o desafio de refazer a cidade existente, reinventando-a. De modo inteligente e inclusivo” (LEITE, 2012, p. 6).

Para que esse adensamento ocorra de forma sustentável e saudável para a cidade, porém, é importante que haja uma parceria entre setor público e privado.

“Os potenciais benefícios e também desafios de cidades mais densas e compactas necessitam de colaboração muito próxima entre setores público e privado” (MOSTAFAVI, 2010, p.13 – Tradução própria).

O que normalmente ocorre, porém, é um domínio do setor privado, que procura construir o máximo possível, visando um aumento de lucros, sem levar em consideração a qualidade de vida dos moradores e de seus vizinhos.

Por outro lado, se o adensamento fosse realizado com critérios e cuidados, de forma a maximizar o acesso ao sol, vento e outras condicionantes naturais do local, poderíamos balancear o adensamento e o conforto térmico

no ambiente urbano. As edificações poderiam utilizar soluções passivas para atingir bons níveis de conforto térmico, diminuindo a necessidade de outras tecnologias. A diminuição de consumo energético das edificações traria menores custos em energia para os moradores, além de maior qualidade do ambiente.

Se cidades sustentáveis devem ser vistas e planejadas sob a ótica de diversos aspectos, então certamente o adensamento por si só não deve ser considerado uma forma sustentável de desenvolvimento urbano. Cidades adensadas e verticalizadas podem ser consideradas as mais sustentáveis em termos de mobilidade, mas deve-se também considerar outros tantos aspectos, entre eles os materiais, a quantidade de cobertura vegetal, o acesso ao sol, etc.

2.4 MICROCLIMA URBANO, CONFORTO TÉRMICO E ACESSO AO SOL

Cidades muito adensadas causam mudanças no microclima local, aumentando as temperaturas. Isso gera a necessidade de medidas/tecnologias que melhorem o conforto térmico no interior das edificações e fora delas.

Segundo Campos (2014), a geometria urbana das cidades resulta em um microclima específico que é resultado direto da forma urbana aliada à quantidade de áreas verdes.

Dentre os aspectos a serem considerados no conforto térmico, a insolação é de grande importância.

Desde o início das civilizações, o acesso ao sol se mostra importante. De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997), no Império Romano, século II d.C. já havia sinais da preocupação com o acesso solar, com a criação do caminho do sol e restrições quanto à altura dos edifícios.

De acordo com Brandão (2004) se durante a Idade Média a discussão em relação a esse assunto foi reduzida, já que não havia mais cidades tão densas ou verticalizadas, após a Revolução Industrial há uma retomada da preocupação com o acesso solar devido à preocupação sanitária. Isso porque, como já citado anteriormente, as cidades da época possuíam uma grande densidade populacional em espaços reduzidos.

Segundo Miana (2010), a Revolução Industrial é de suma importância na transformação das cidades, com mudanças socioeconômicas, tecnológicas e ambientais. Após a Revolução Industrial, no contexto de preocupação sanitária e busca por maior qualidade de vida é que os ideais urbanos modernos tomam forma, com soluções de desenho urbano que influenciam as cidades até os dias de hoje. Entre eles pode-se citar os estudos de cidades jardim e cidades modernas de autores como Gropius, Tony Garnier, Le Corbusier e Frank Lloyd Wright.

Segundo Brandão (2004), Gropius, em 1930, é o primeiro a tratar cientificamente da questão de acesso ao sol em cidades verticais.

O acesso ao sol é uma questão que sempre esteve em pauta na civilização humana. Atualmente, com a crescente discussão de sustentabilidade no ambiente urbano e construído, o acesso ao sol e luz natural ganha ainda mais importância, pois está relacionado à eficiência e gasto energético das edificações, além de conforto térmico dos usuários.

Dentre os estudos de morfologia urbana e acesso ao sol, pode-se citar o envelope solar. O envelope solar foi concebido e testado por Ralph L. Knowles, na University of Southern California (USC). O envelope determina o desenvolvimento de uma futura edificação dentro de limites imaginários derivados do movimento do sol. Uma edificação feita dentro desses limites não obstruirá a luz solar nas edificações vizinhas nos períodos críticos de acesso ao sol (KNOWLES, 2003).

2.5 CLIMA, CONFORTO TÉRMICO E ACESSO AO SOL EM CURITIBA

De acordo com Minella (2009) a latitude em que uma cidade está localizada é que determina a quantidade de sol que esta irá receber. O ângulo solar, que varia em diferentes épocas do ano, também determina a quantidade de horas de sol que a cidade receberá (MINELLA, 2009).

Curitiba está localizada à 25° 25' 40" Sul. De acordo com o SIMEPAR, o clima de Curitiba é classificado como subtropical úmido. No geral, de acordo com dados do SIMEPAR, as temperaturas médias são de 19,7° C no verão e 13,4° C no inverno.

As temperaturas em Curitiba, com médias mínimas, médias máximas e médias mensais no período de jan/1998 a out/2010 podem ser vistas na Figura 09 e na Tabela 01.

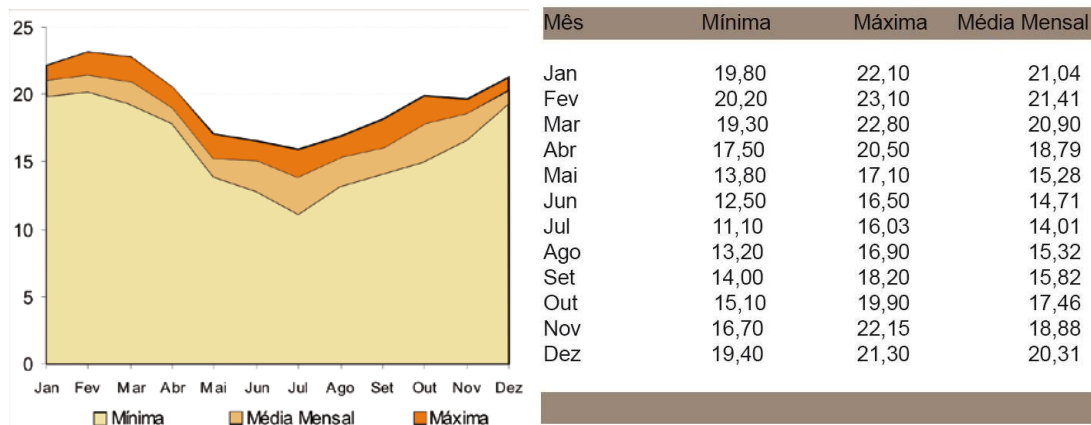


Figura 09 – Temperaturas Médias em Curitiba PR (jan/1998 – out/2010)

FONTE: SIMEPAR 2010/IPPUC
Elaboração: IPPUC - Banco de Dados

Tabela 01 - Temperaturas Médias em Curitiba PR (jan/1998 – out/2010)

FONTE: SIMEPAR 2010/IPPUC
Elaboração: IPPUC - Banco de Dados

De acordo com dados retirados do site do INMET - no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, no último ano (2015) a cidade recebeu em média aproximadamente 140 horas de sol direto por mês (www.inmet.gov.br - BDMEP).

Na carta solar de Curitiba, representada na Figura 10, pode-se observar o número de horas de sol que a cidade recebe ao longo do ano. As linhas horizontais representam as datas do ano, sendo que a mais acima representa o solstício de inverno (21 de junho) e a mais abaixo representa o solstício de verão (21 de dezembro). As linhas verticais marcam as horas do dia, podendo-se então concluir quantas horas de sol a cidade recebe em determinada data. No caso, os dias de inverno são ligeiramente mais curtos que os de verão, mas ainda assim, no dia mais curto do ano, 21 de junho, há sol aproximadamente entre 6h50 da manhã e 17h10 da tarde.

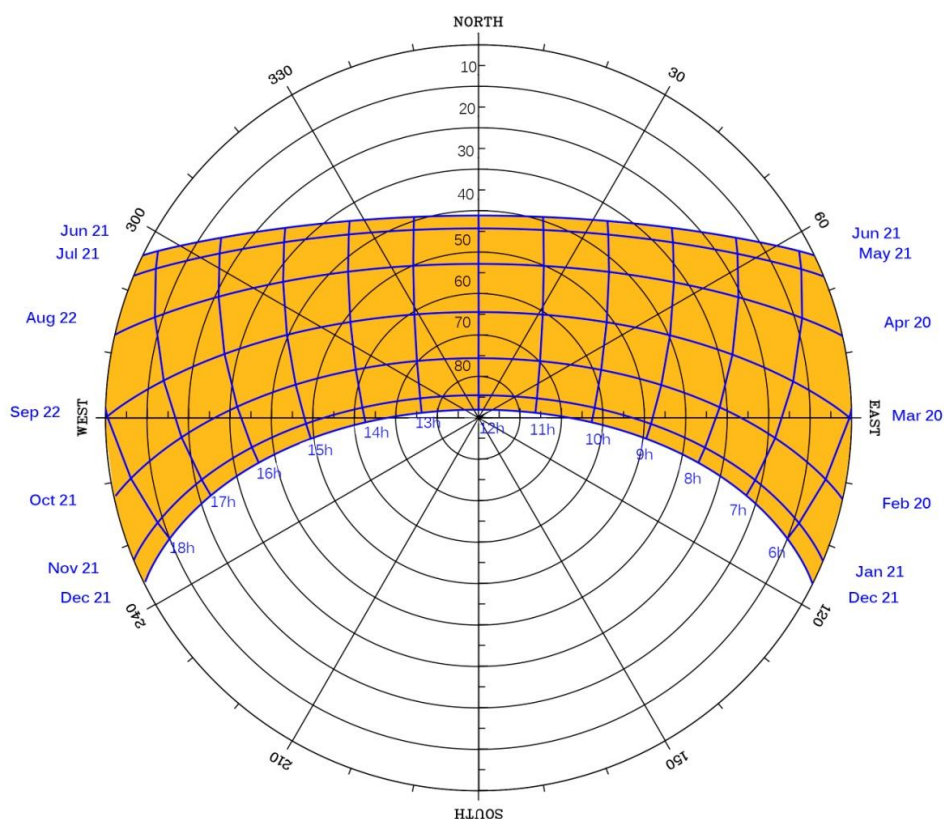


Figura 10 – Carta Solar de Curitiba

Fonte: Autoria própria/ Base da carta gerada em:

<http://solardat.uoregon.edu/PolarSunChartProgram.html/>

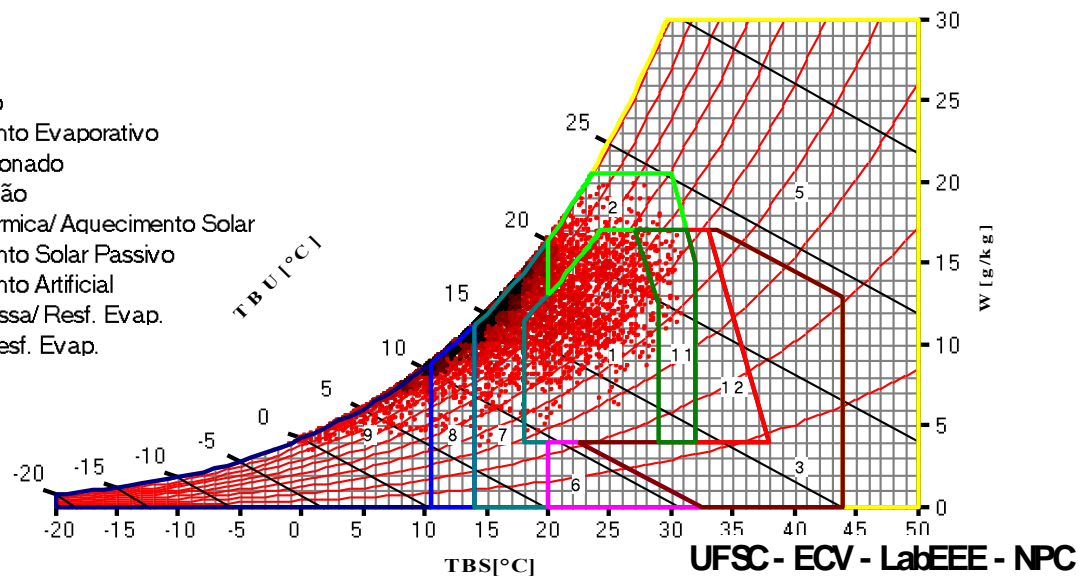
Em relação ao conforto térmico na cidade, a Figura 11 mostra um diagrama bioclimático de Curitiba, criado com o *software* Analysis BIO. Nele é possível ver a relação entre temperatura e umidade em Curitiba.

Os diversos pontos vermelhos do diagrama representam os dias do ano, e cada um deles se enquadra em diferentes zonas, que mostram como atingir o nível de conforto térmico. Os valores demonstrados abaixo do diagrama mostram as porcentagens de pontos em cada zona para a cidade de Curitiba. As zonas no diagrama são divididas da seguinte forma: 1 - Conforto Térmico; 2 – Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação do Ar; 7 - Massa Térmica/Aquecimento Solar; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial; 11 - Ventilação/Massa/Resfriamento Evaporativo; 12 - Massa Térmica/ resfriamento evaporativo.

De acordo com a Figura 11 podemos ver que Curitiba varia principalmente entre a Zona de Conforto Térmico (1), a necessidade de Massa Térmica/ Aquecimento Solar (7) e Aquecimento Solar Passivo (8).

ZONAS:

1. Conforto
2. Ventilação
3. Resfriamento Evaporativo
5. Ar Condicionado
6. Umidificação
7. Massa Térmica/ Aquecimento Solar
8. Aquecimento Solar Passivo
9. Aquecimento Artificial
11. Vent./ Massa/ Resf. Evap.
12. Massa/ Resf. Evap.



- »Ventilação: 5.82%
- »Ventilação/Massa: 0%
- »Ventilação/Massa/Resfriamento Evaporativo: 1.02%
- »Massa Térmica p/ Resfriamento: 0%
- »Massa/Resfriamento Evaporativo: 0%
- »Aquecimento Artificial: 11.8%
- »Conforto: 20%
- »Massa Térmica/Aquecimento Solar: 42.5%
- »Aquecimento Solar Passivo: 18.9%
- »Ar Condicionado: 0%
- »Resfriamento Evaporativo: 0%
- »Umidificação: 0%

Figura 11 – Diagrama Bioclimático de Curitiba

Fonte: Software Analysis BIO – Labeee UFSC

3 METODOLOGIA

3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo realizado nesta monografia foi desenvolvido na cidade de Curitiba, estado do Paraná. A legislação e histórico da cidade foram considerados para que a escolha da área a ser analisada.

O presente estudo focará no bairro Centro. A escolha se deu pelo fato de esse ser um dos bairros mais adensados de Curitiba, onde a legislação permite uma grande verticalização. Devido à legislação, a região passou por diversas transformações nos últimos anos, com construções de novas edificações de grande porte em vários dos lotes antes vazios ou com edificações de pequeno porte.

Segundo o IPPUC, o bairro Centro vinha sofrendo um processo de diminuição da população nos últimos anos, o que justificou um aumento no incentivo de construções nessa área. Após os anos 1980, o Centro passou por uma redução da população que residia na área. Com os incentivos, entre os anos de 2000 e 2010 o aumento populacional foi de 17%. Contudo, mesmo com esse aumento, a população na Zona Central continua abaixo dos índices de 1980 (IPPUC, 2010).

De acordo com dados do IPPUC de 2010, o centro é um dos bairros mais densos de Curitiba, com uma média de 113,56 habitantes por hectare, conforme demonstrado na Figura 12.

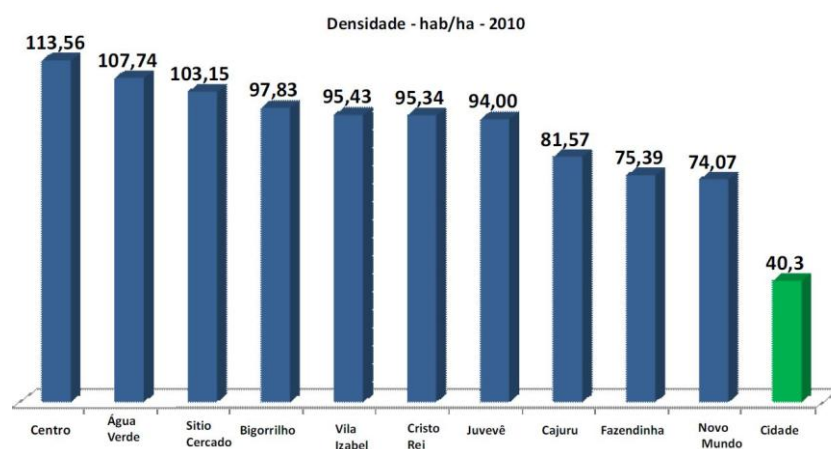
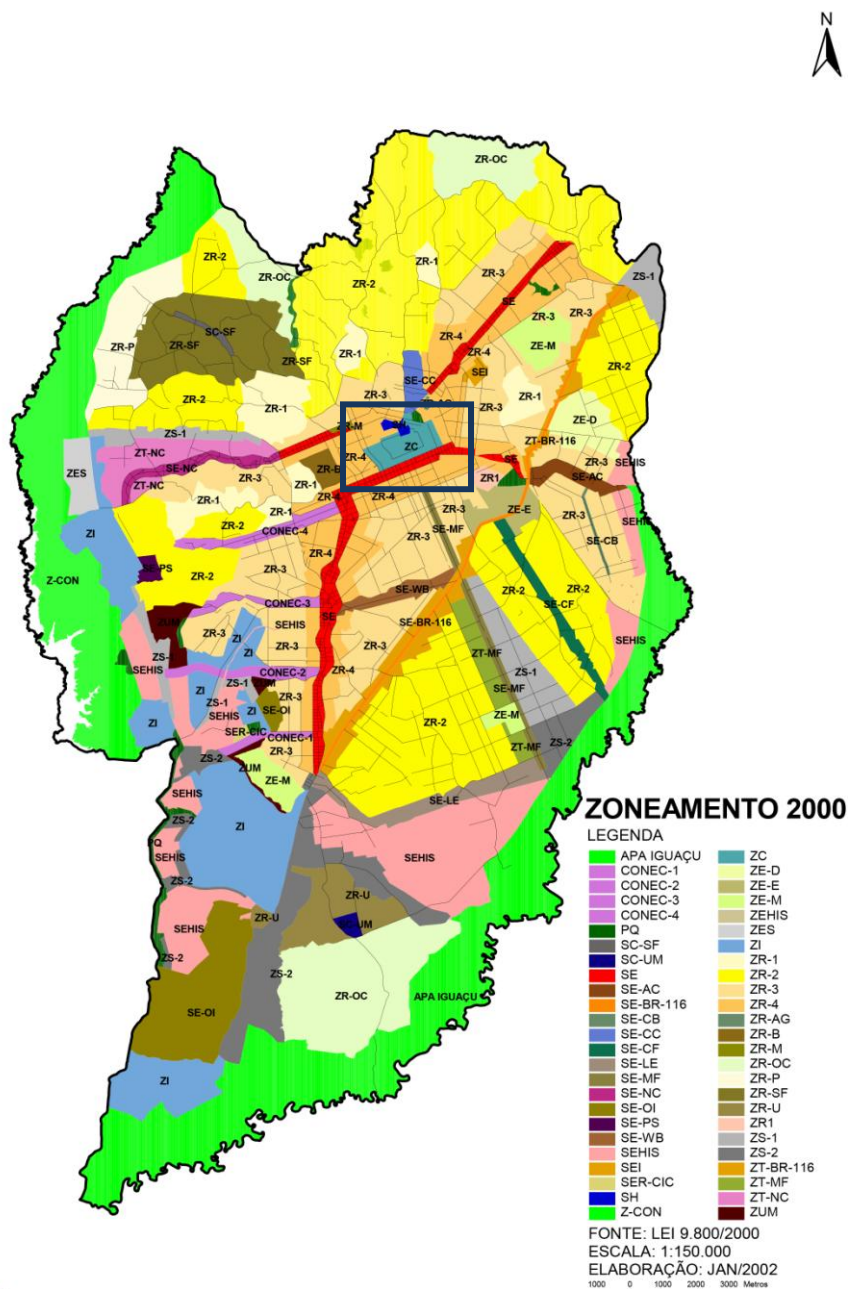


Figura 12 - 10 Bairros mais densos de Curitiba – 2010

Fonte: IPPUC Análise do Censo 2010

Além do fator densidade, a legislação foi analisada. O principal critério utilizado para essa análise foi a possibilidade de verticalização, a distância mínima exigida entre as edificações e a possibilidade de compra de potencial.

A Figura 13 mostra o Zoneamento da cidade de Curitiba, onde a zona Central está marcada em azul. A Figura 14 também mostra o zoneamento, com a Zona Central ampliada. A Tabela 02 mostra os Parâmetros de Uso e Ocupação do solo para a Zona Central.



IPPUC - INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA
 SUPERVISÃO DE INFORMAÇÕES
 Rua Bom Jesus, 669 - Cabral - Curitiba - Paraná - Brasil - CEP 80.035-010 - Fone: (55 41) 3250-1414 - Fax: (55 41) 3254-8661 - E_mail: geo@ippuc.org.br

Figura 13 – Mapa Zoneamento de Curitiba
 Fonte: IPPUC

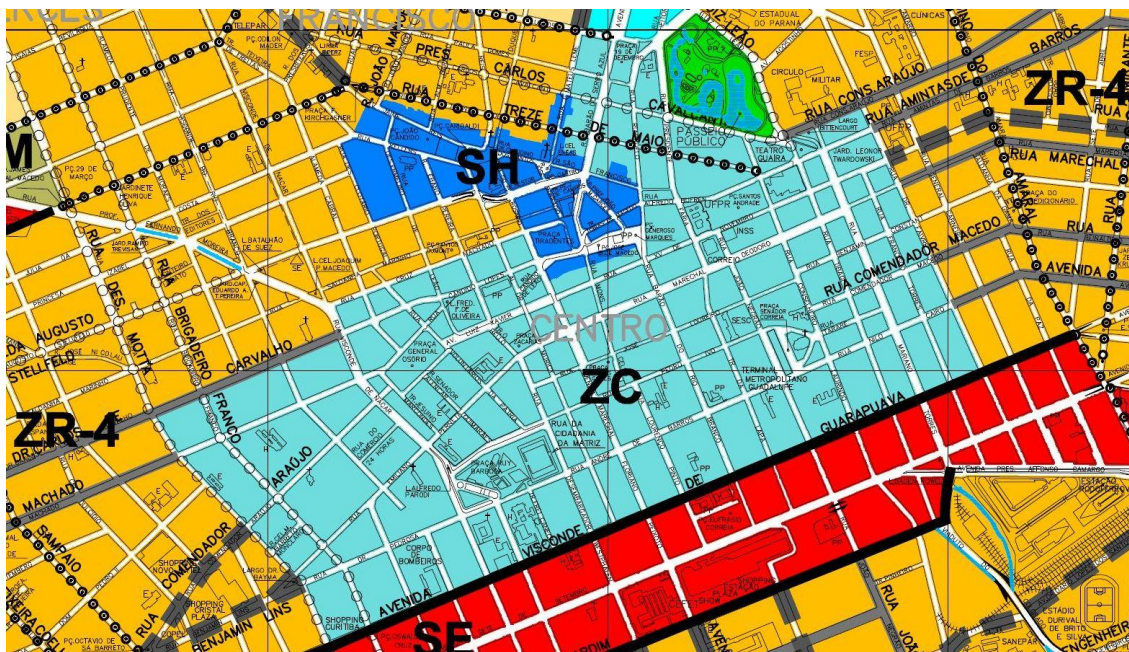


Figura 14 – Mapa Zoneamento de Curitiba – Zona Central ampliada
Fonte: IPPUC

QUADRO I
ZONA CENTRAL – ZC

PARÂMETROS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

USOS			OCUPAÇÃO							
PERMITIDOS	TOLERADOS	PERMISSÍVEIS	PORTE (m²)	COEFIC. APROV.	TAXA OCUP. MÁX. (%)	ALTURA MÁXIMA (PAV.)	RECULO MÍN. ALIN. PREDIAL (m)	TAXA PERMEAB. MÍN. (%)	AFAST. DAS DIVISAS (m)	LOTE MÍN. (Largura x Área)
<ul style="list-style-type: none"> - Habitação Coletiva - Habitação Institucional - Habitação Transitória 1 e 2 - Comunitário 2 – Lazer e Cultura (1) - Comunitário 2 – Culto Religioso (1) - Comércio e Serviço Vicinal, de Bairro e Setorial (1) (2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Habitação Unifamiliar - Comunitário 1 	<ul style="list-style-type: none"> - Comunitário 2 e 3 - Ensino 		5	Térreo e 1º pav. = 100% Demais pav. = 66%	Livre	-	(4)	Térreo e 1º pav. = Facultado Demais pav. = 2,00m	11x330
<ul style="list-style-type: none"> - Indústria Tipo 1 (3) 			100m²	-	-	-	-	-	-	-

Observações:

- (1) Proibido estacionamento comercial e da atividade dentro do Anel Central de Tráfego Lento.
- (2) Com exceção de hipermercado.
- (3) Somente alvará de localização em edificações existentes.
- (4) Atendido o § 5º do Art. 42.

Tabela 02 - Legislação para a Zona Central

Fonte: Anexo da Lei 9.800/00 – IPPUC

As principais informações consideradas foram o Coeficiente de Aproveitamento, a Taxa de Ocupação e a altura permitida.

O Coeficiente de aproveitamento é o número que multiplicado pela área do terreno resulta na área máxima em metros quadrados que pode ser construída no terreno. Já a Taxa de Ocupação é a porcentagem de área do terreno, em planta, que pode ser ocupada com a projeção da edificação.

A Tabela 03, elaborada por Campos (2014), mostra um rápido comparativo entre o que é permitido construir na Zona Central em comparação com os Setores Estruturais, áreas planejadas para o adensamento.

Além dos parâmetros citados acima foi comparada a possibilidade de compra de Potencial Construtivo, que pode ser verificada nas guias amarelas dos lotes da região. Através da compra de potencial construtivo pode-se aumentar o número do coeficiente de aproveitamento, permitindo mais área construída no terreno.

Lei 9.800/00 e 9.803/2000					
Zoneamento		H	C.A.	T.O.	Potencial Construtivo
ZC	Zona Central	Livre	5	Térreo e 1Pav. = 100% Outros Pav. = 66%	7 para habitação 5 para comércio
SE	Setor Especial Estrutural	Livre	4	Térreo e 1Pav. = 100% Outros Pav. = 50%	5 para habitação 6 para comércio
SE BR 116	Linha Especial da BR 116	Livre	2	50%	3
SE CC	Setor Especial Centro Cívico	Livre	5	50%	2,5
SE NC	Setor Especial Nova Curitiba	Livre	3	50%	1,8

Tabela 03 - Comparação Legislação Zoneamento Curitiba

Fonte: CAMPOS, 2014

Pode-se observar que no Centro as restrições para construir são bem menores, pois a Taxa de Ocupação é grande (100% para o térreo e primeiro pavimento e 66% para os demais pavimentos, excedendo os valores das outras zonas) e o Coeficiente de Aproveitamento é um dos maiores (5, valor maior comparado aos demais, que variam entre 2 e 4). Além disso, há a possibilidade de compra de potencial, aumentando o coeficiente de aproveitamento para até 7.

Após essas análises iniciais e a escolha do bairro Centro, novos critérios determinaram a escolha do trecho a ser estudado.

O histórico de transformações dos últimos dez anos elaborado por Campos (2014) foi levado em consideração nessa etapa. Na Figura 15 pode-se

observar um mapa apontando novos empreendimentos construídos no bairro Centro de Curitiba entre 2004 e 2014, onde se vê uma maior concentração de novas edificações na área oeste do bairro.

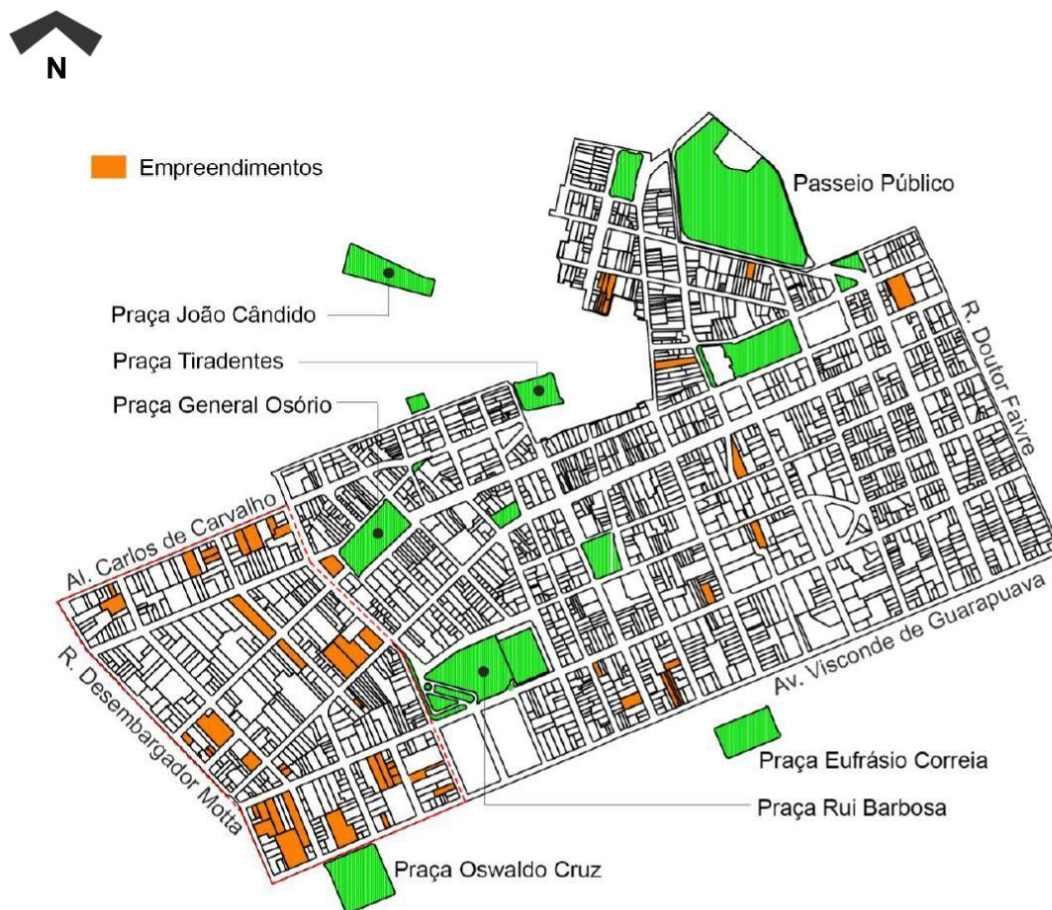


Figura 15 – Novos Empreendimentos no Bairro Centro entre 2004-2014

Fonte: CAMPOS, 2014

Dessa forma, a porção oeste do bairro foi escolhida para a análise. Dentro dela, escolheu-se uma única rua que tivesse o caráter representativo da verticalização do bairro: a Rua Brigadeiro Franco. Assim, as quadras em ambos os lados da Rua Brigadeiro Franco que se encontram dentro dos limites da Zona Central foram escolhidas como objeto desse estudo (Figura 16, 17 e 18).



Figura 16 – Delimitação da área de estudo
Fonte: Autoria própria

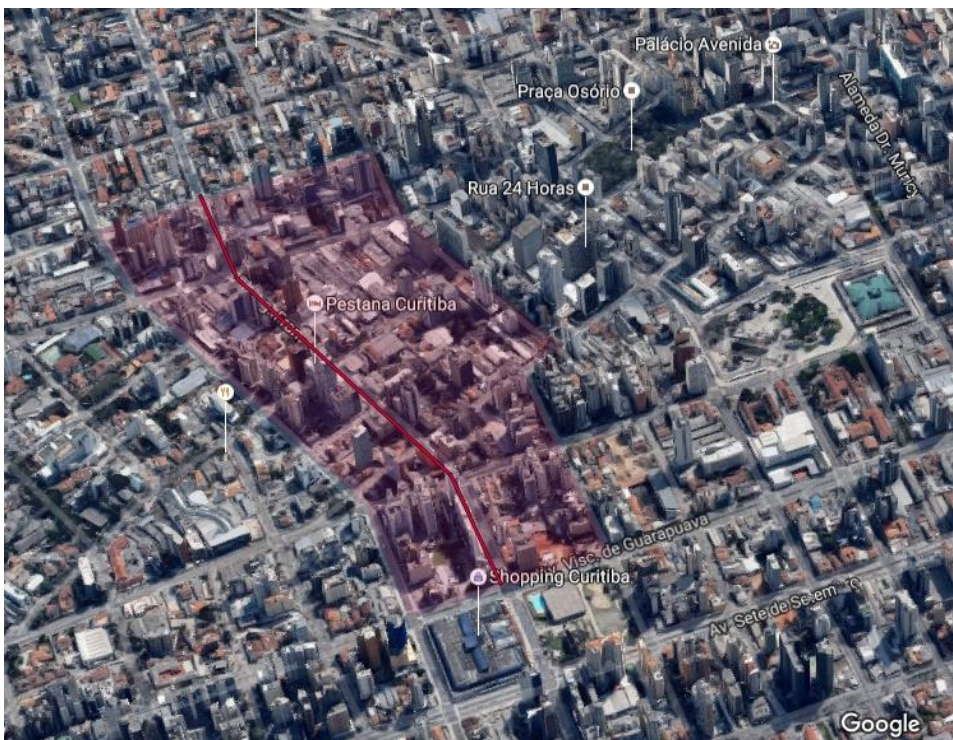


Figura 17 – Delimitação da área de estudo
Fonte: Autoria própria

O trecho compreende toda a extensão da Rua Brigadeiro Franco dentro da Zona Central, ou seja, com os parâmetros construtivos dessa área. Como o estudo em questão foca nas quadras e lotes, todas as quadras imediatamente de um lado e do outro da via foram consideradas na simulação, como pode ser visto na Figura 18.



Figura 18 – Delimitação da área de estudo – Quadras e lotes em ambos os lados da Rua Brigadeiro Franco

Fonte: Autoria própria

Na área escolhida o uso das edificações varia entre comercial e residencial, mas o uso residencial predomina nos edifícios de grande porte.

Esse fator foi contribuinte para a seleção da área, já que em zonas comerciais o sombreamento das edificações e o menor acesso ao sol pode ser visto como uma vantagem, diminuindo a necessidade de ar condicionado e gasto energético. Em edifícios residenciais, porém, o sol e a luz natural se mostram de extrema importância para a saúde e bem estar dos moradores.

3.2 LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO E MAPEAMENTO DAS EDIFICAÇÕES

As edificações foram mapeadas com a ajuda do Google Maps, fotos tiradas pela autora e um arquivo base de Curitiba fornecido pelo IPPUC. O desenho das edificações em 2D foi feito no *software* AutoCAD (Figura 19).



Figura 19 – Edificações desenhadas em 2D - AutoCAD

Fonte: Autoria própria

3.3 CONFECÇÃO DA MAQUETE 3D PARA ESTUDO DE SOMBREAMENTO

Para a realização da maquete eletrônica, um levantamento fotográfico da área foi feito pela autora. A altura dos edifícios foi estipulada com uma média de 3 metros por andar. Dessa forma, foi possível passar do modelo em 2D em AutoCAD para a maquete eletrônica em 3D, no *software* SketchUp (Figura 20).

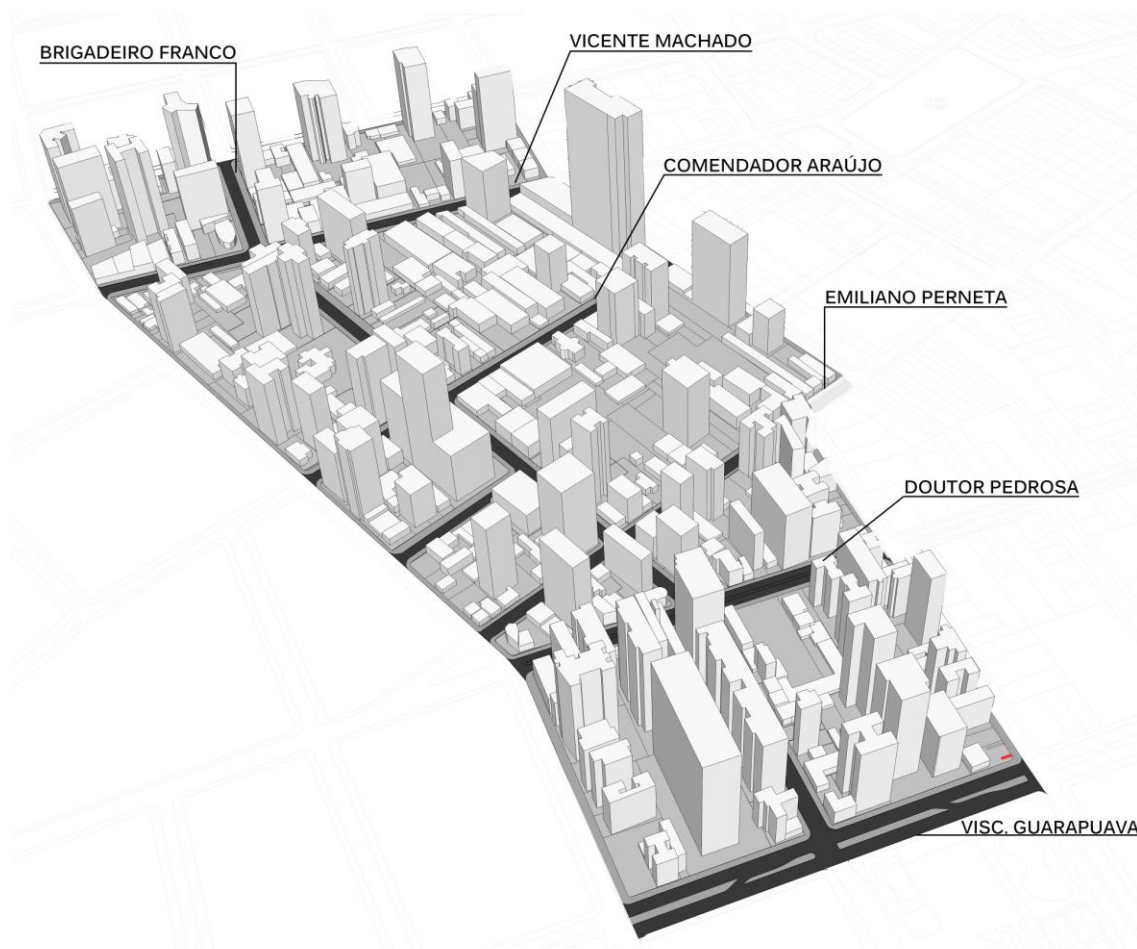


Figura 20 – Área de estudo em 3D -Sketchup

Fonte: Autoria própria

3.4 DETERMINAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE

Com a área já escolhida, estudou-se a melhor maneira de simular e analisar o sombreamento nos lotes das quadras do trecho. Como o estudo foca no sombreamento dentro das quadras, foram escolhidos dois métodos de análise:

1) Análise do sombreamento nos lotes em planta:

A análise de sombreamento nos lotes/quadras em planta foi feita para todas as 11 quadras da área e foi quantificada em porcentagem de área com insolação direta/sombreada.

A simulação de sombras foi feita de uma em uma hora, entre 8h e 17h, mas dentre esses horários foram escolhidos três, representativos do período da manhã (9h), meio dia (12h) e tarde (15h), para a quantificação de áreas com acesso ao sol/sombras.

Cada quadra foi analisada em relação ao sombreamento gerado pelos edifícios de grande porte localizados na própria quadra e nas do entorno. As sombras geradas foram então medidas no plano horizontal no *software* AutoCAD na forma de porcentagem de insolação direta/sombreamento em cada horário.

Em cada quadra, a área total foi considerada como 100% e a área de sombreamento e insolação direta foram calculadas em porcentagem. Dentro da área de sombreamento está inclusa a planta das edificações da própria quadra. Porém, para que isso ficasse claro, a área em planta das edificações foi calculada à parte e um cálculo da porcentagem de sombreamento descontando a área das edificações também foi feita.

Para a análise dos resultados, porém, foi escolhida a porcentagem de insolação direta que cada quadra recebe.

Por fim, Tabelas Comparativas foram geradas para que uma comparação geral entre as áreas com acesso ao sol em diferentes horários fossem analisadas.

2) Análise de sombreamento das fachadas:

Para análise do sombreamento nas fachadas, escolheu-se uma quadra dessa região que foi considerada como um ponto crítico, já que é a mais adensada, com a maior parte dos edifícios acima de 6 andares. A quadra escolhida foi a de número 10, como indicado na Figura 21.



Figura 21 – Quadra escolhida para estudo das Fachadas

Fonte: Autoria própria

As fachadas analisadas foram as voltadas para Norte e Oeste. Como a análise foi feita para o solstício de inverno, essas fachadas são as principais para serem iluminadas durante o período da tarde, aquecendo os cômodos para o período da noite.

Nessa etapa, a análise foi feita em número de horas que as fachadas ficam parcialmente ou totalmente sombreadas. Foram geradas as sombras de uma em uma hora entre 8h e 17h e, por observação, identificadas as fachadas consideradas críticas. No caso das fachadas Norte, foram consideradas críticas as fachadas que ficam parcialmente sombreadas em pelo menos 8 dos 10 horários do dia analisados. No caso das fachadas Oeste, já que essas só são ensolaradas à tarde, foram consideradas críticas as fachadas parcialmente ou totalmente sombreadas entre 15h e 17h.

Para a análise, tanto em planta quanto nas fachadas, foram consideradas somente as sombras dos edifícios mais altos, acima de 6 andares, ou seja, com mais de 20 metros, por gerarem as sombras mais significativas sobre os lotes adjacentes. Os edifícios considerados na análise estão demarcados em vermelho na Figura 22 abaixo.

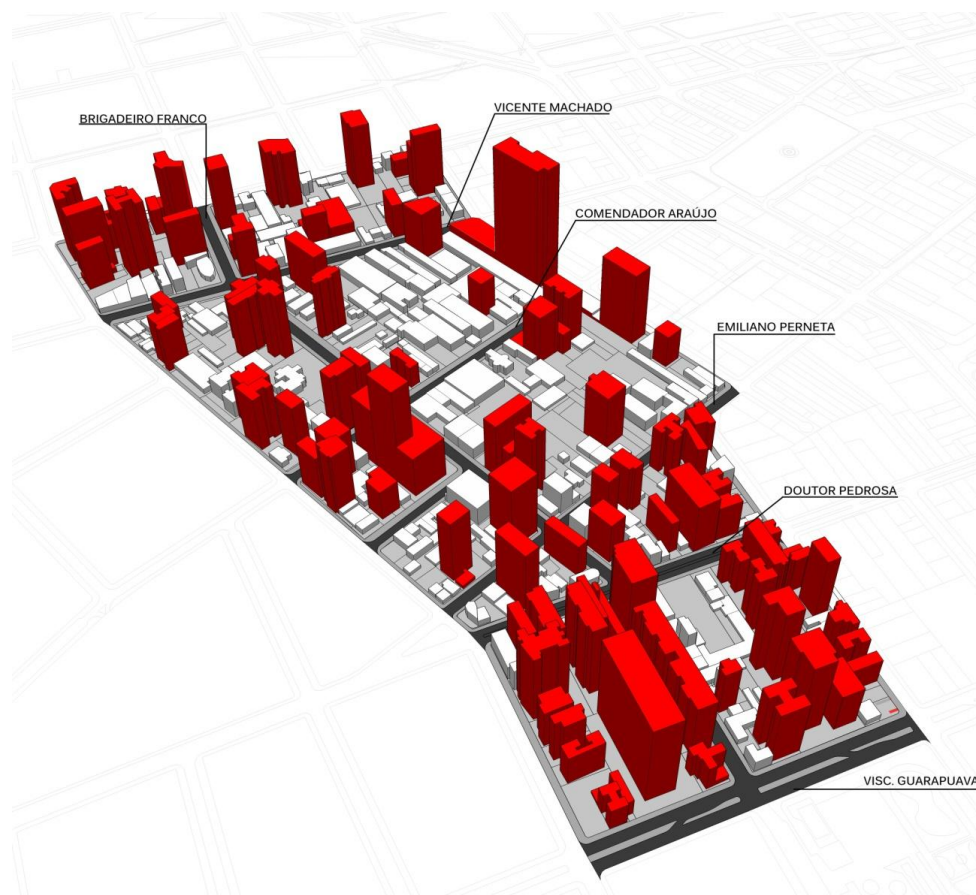


Figura 22 – Edifícios considerados na análise

Fonte: Autoria Própria

Os demais edifícios, representados em branco na Figura 22 acima, foram retirados do modelo 3D para tornar a análise e quantificação mais clara.

3.5 DELIMITAÇÃO DO PERÍODO DE ANÁLISE

Os estudos de sombreamento foram feitos em dois períodos distintos: na situação presente (Cenário Atual) e num hipotético futuro (Cenário Futuro), com adensamento máximo de acordo com a legislação. A razão para isso foi que o trabalho foca em uma área urbana em constante transformação. Assim, considerou-se de grande importância analisar futuras transformações na área.

O período analisado foi o solstício de inverno, na data de 21 de junho, pois é no inverno que o aquecimento solar se torna imprescindível e a altura solar é a mais baixa. Para esse dia, foram geradas sombras de uma em uma hora, entre 8h e 17h.

3.5.1 CENÁRIO ATUAL

Para a análise de sombreamento do cenário atual, foram excluídos do modelo 3D os edifícios de altura menor que 6 andares, restando apenas os de grande porte, demarcados em vermelho, como na Figura 24. As quadras foram numeradas de acordo com a Figura 23.



Figura 23 - Mapa com Numeração das Quadras e Marcação dos Edifícios acima de 6 andares (acima de 20 metros) – Cenário Atual

Fonte: Autoria Própria

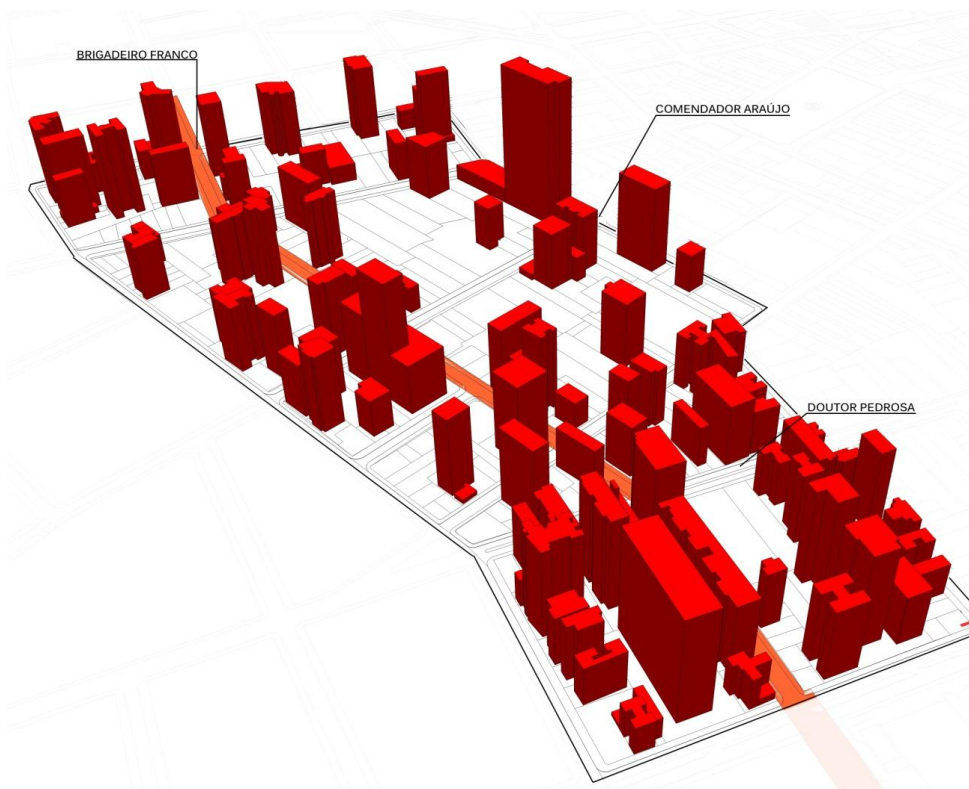


Figura 24 – Modelo 3D Cenário atual

Fonte: Autoria Própria

3.5.2 CENÁRIO FUTURO

Para a análise de sombreamento do cenário futuro, foram vistos todos os possíveis lotes que poderiam ser adensados.

A Figura 25 abaixo mostra em verde todos os edifícios ou lotes que, por serem subutilizados, ou seja, usados como estacionamentos ou com edifícios de 1 ou 2 pavimentos foram considerados como possíveis lotes de adensamento futuro.

Os lotes adjacentes um ao outro foram unidos em um só, já que essa é a tendência de grandes construtoras nessa região.

Dentre os lotes que se encaixavam nessa descrição, foram excluídos os lotes de testada menor de 10 metros ou área menor de 300 m², que não poderiam ser unidos aos lotes adjacentes. O motivo disso foi que eles foram considerados muito pequenos para a construção de um possível edifício de grande altura. Também foram excluídos os lotes com edifícios comerciais de pequeno porte que foram recentemente construídos, pois se considerou que há poucas chances de que eles sejam substituídos por grandes edifícios.

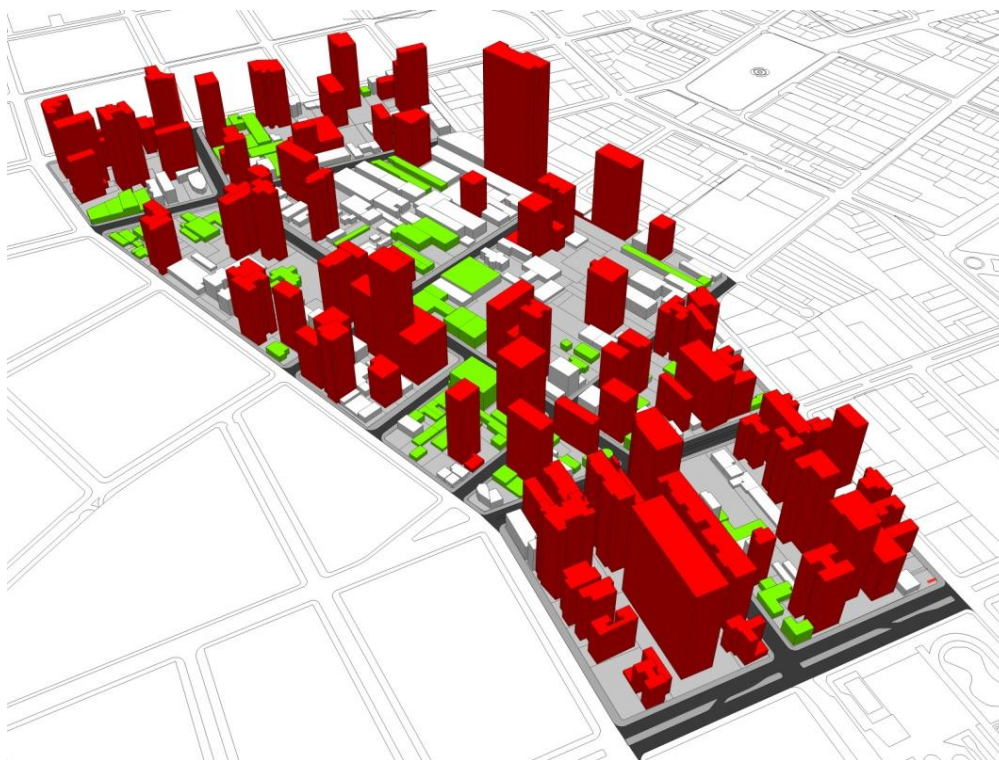


Figura 25 – Edifícios em lotes considerados para adensamento

Fonte: Autoria própria

A Figura 26 mostra em laranja todos os lotes que foram considerados em um futuro adensamento, já unidos quando necessário. Eles estão numerados de 1 a 31.



Figura 26 – Lotes considerados para um futuro adensamento

Fonte: Autoria própria

Após a análise da legislação aplicada a cada um dos lotes considerados no adensamento, chegou-se a uma estimativa da área e altura que os edifícios nele construídos poderiam ocupar.

A Tabela 04 mostra essa estimativa. Na primeira parte da tabela, à esquerda, em branco, vê-se as informações da Guia Amarela e Legislação dos lotes. As colunas indicam respectivamente:

- o número do lote;
- a área dele;
- o coeficiente de aproveitamento regular (C.A.), já com a multiplicação deste pela área do lote, indicando a área máxima que pode ser construída;
- o coeficiente de aproveitamento com compra de potencial (C.A. com potencial), já com a multiplicação deste pela área do lote, indicando a área máxima que pode ser construída com compra de potencial;
- a área máxima de projeção do Térreo e Primeiro Pavimento (T.O. Térreo - Taxa de Ocupação Máxima), de 100% em todos os lotes;

- a área máxima de projeção dos demais pavimentos (T.O. Máx. - Taxa de Ocupação Máxima), de 66% em todos os lotes;
- a Altura Máxima permitida;
- o Recuo Mínimo;
- o Afastamento Mínimo das Divisas.

Na segunda parte da Tabela, em azul, no lado direito, vemos o Cenário Hipotético criado com base no que a legislação permite. Respectivamente:

- a área total construída (C.A. - Coeficiente de Aproveitamento), no caso, sempre considerando a compra de potencial;
- a área de ocupação (T.O. - Taxa de Ocupação) utilizada, sempre abaixo da Taxa máxima permitida;
- a Altura da edificação, que é resultado da área máxima que pode ser construída (C.A.) dividida pela Taxa de Ocupação (T.O.) utilizada.

Lotes	Informações da guia amarela/legislação								Cenário Hipotético		
	Área	C.A. regular	C.A. c/ potencial	T.O. Térreo	T.O máx	H máx.	Recuo	Afast. Divisas	C.A.	T.O.	H
1	355 m ²	5 - 1.775 m ²	7 - 2485 m ²	355 m ²	235 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	2485 m ²	178 m ²	14 andares
2	1.628 m ²	5 - 8.140 m ²	7 - 11.396 m ²	1.628 m ²	1.074 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	11.396 m ²	757 m ²	15 andares
3	4.992 m ²	5 - 24.960 m ²	7 - 34.944 m ²	4.992 m ²	3.294 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	34.944 m ²	1.920 m ²	18 andares (2 prédios)
4	977 m ²	5 - 4.885 m ²	7 - 6.839 m ²	977 m ²	644 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	6.839 m ²	566 m ²	12 andares
5	2.490 m ²	5 - 12.450 m ²	7 - 17.430 m ²	2.490 m ²	1.643 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	17.430 m ²	865 m ²	20 andares
6	1.930 m ²	5 - 9.650 m ²	7 - 13.510 m ²	1.930 m ²	1.273 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	13.510 m ²	910 m ²	15 andares
7	966 m ²	5 - 4.830 m ²	7 - 6.762 m ²	966 m ²	637 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	6.762 m ²	413 m ²	16 andares
8	3.718 m ²	5 - 18.590 m ²	7 - 26.026 m ²	3.718 m ²	2.453 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	26.026 m ²	996 m ²	26 andares
9	443 m ²	5 - 2.215 m ²	7 - 3.101 m ²	443 m ²	292 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	3.101 m ²	284 m ²	11 andares
10	3.193 m ²	5 - 15.965 m ²	7 - 22.351 m ²	3.193 m ²	2.107 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	22.351 m ²	1.260 m ²	18 andares
11	1.830 m ²	5 - 9.150 m ²	7 - 12.810 m ²	1.830 m ²	1.207 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	12.810 m ²	590 m ²	21 andares
12	4.801 m ²	5 - 24.000 m ²	7 - 33.600 m ²	4.801 m ²	3.168 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	33.600 m ²	1.574 m ²	21 andares (2 prédios)
13	699 m ²	5 - 3.495 m ²	7 - 4.893 m ²	699 m ²	461 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	4.893 m ²	438 m ²	11 andares
14	617 m ²	5 - 3.085 m ²	7 - 4.319 m ²	617 m ²	407 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	4.319 m ²	318 m ²	13 andares
15	1.522 m ²	5 - 7.610 m ²	7 - 10.654 m ²	1.522 m ²	1.005 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	10.654 m ²	602 m ²	17 andares
16	5.189 m ²	5 - 25.945 m ²	7 - 36.323 m ²	5.189 m ²	3.425 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	36.323 m ²	2.000 m ²	18 andares
17	928 m ²	5 - 4.640 m ²	7 - 6.496 m ²	928 m ²	612 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	6.496 m ²	380 m ²	17 andares
18	2.848 m ²	5 - 14.240 m ²	7 - 19.936 m ²	2.848 m ²	1.879 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	19.936 m ²	1.068 m ²	18 andares
19	1.324 m ²	5 - 6.620 m ²	7 - 9.268 m ²	1.324 m ²	873 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	9.268 m ²	465 m ²	20 andares
20	1.358 m ²	5 - 4.888 m ²	7 - 9.506 m ²	1.358 m ²	896 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	9.506 m ²	391 m ²	24 andares
21	547 m ²	5 - 2.735 m ²	7 - 3.829 m ²	547 m ²	361 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	3.829 m ²	304 m ²	12 andares
22	2.473 m ²	5 - 12.365 m ²	7 - 17.311 m ²	2.473 m ²	1.632 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	17.311 m ²	854 m ²	20 andares
23	421 m ²	5 - 2.105 m ²	7 - 2.947 m ²	421 m ²	277 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	2.947 m ²	214 m ²	13 andares
24	304 m ²	5 - 1.520 m ²	7 - 2.128 m ²	304 m ²	200 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	2.128 m ²	192 m ²	11 andares
25	611 m ²	5 - 3.055 m ²	7 - 4.277 m ²	611 m ²	403 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	4.277 m ²	376 m ²	12 andares
26	387 m ²	5 - 1.935 m ²	7 - 2.709 m ²	387 m ²	255 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	2.709 m ²	243 m ²	12 andares
27	562 m ²	5 - 2.810 m ²	7 - 3.934 m ²	562 m ²	370 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	3.934 m ²	317 m ²	12 andares
28	1.837 m ²	5 - 9.185 m ²	7 - 12.859 m ²	1.837 m ²	1.212 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	12.859 m ²	723 m ²	17 andares
29	1.359 m ²	5 - 6.795 m ²	7 - 9.513 m ²	1.359 m ²	896 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	9.513 m ²	700 m ²	13 andares
30	3.412 m ²	5 - 17.060 m ²	7 - 23.884 m ²	3.412 m ²	2.250 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	23.884 m ²	1.401 m ²	17 andares
31	1.035 m ²	5 - 5.175 m ²	7 - 7.245 m ²	1.035 m ²	683 m ²	Livre	Facult.	2 m acima 1 pav.	7.245 m ²	503 m ²	15 andares (2 prédios)

Tabela 04 – Análise da Legislação para um possível adensamento

Fonte: Autoria própria

Assim, com as informações da Tabela 04 os novos edifícios foram acrescentados tanto em 2D no *software* AutoCAD como no modelo 3D no *software* SketchUp. A Figura 27 representa esse possível cenário futuro, em planta, com a adição dos edifícios mencionados na Tabela 04 em amarelo. Novamente os edifícios abaixo de 6 andares foram excluídos para que o

resultado ficasse mais claro. A Figura 28 mostra o trecho em 3D, com os novos edifícios com suas respectivas áreas e alturas.



Figura 27 - Mapa com Numeração das Quadras e Edifícios acima de 6 andares (acima de 20 metros) – Cenário Futuro

Fonte: Autoria Própria

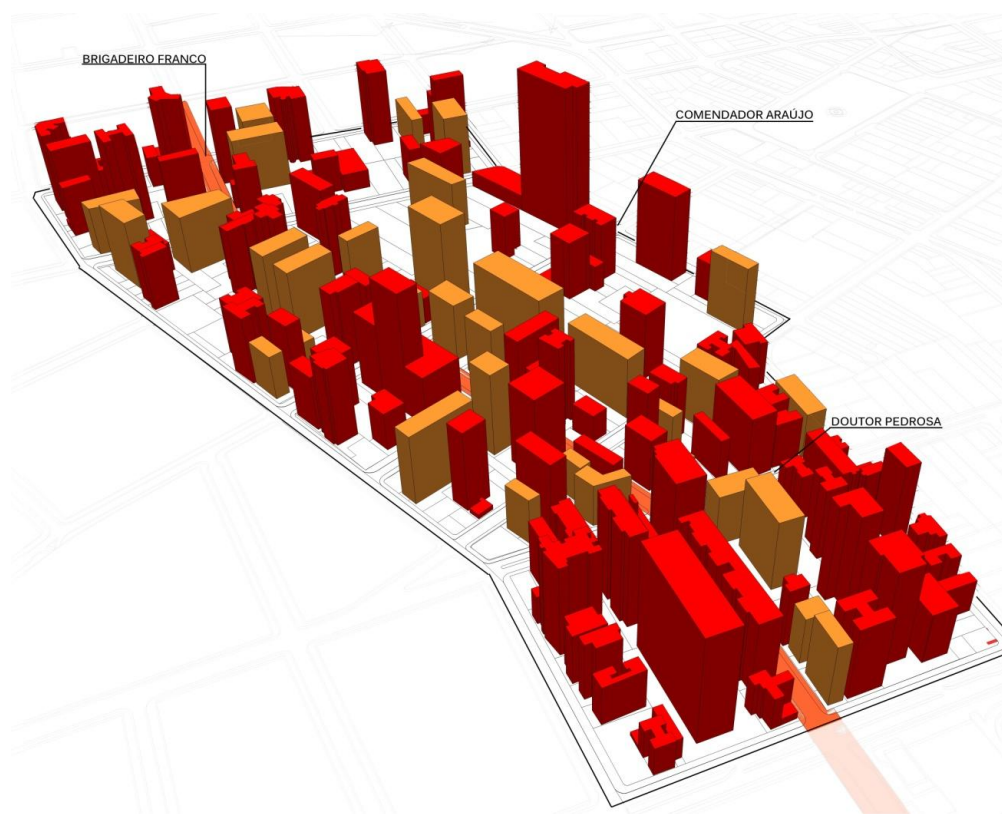


Figura 28 - Modelo 3D Cenário Futuro

Fonte: Autoria Própria

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE SOMBREAMENTO EM PLANTA

4.1.1 CENÁRIO ATUAL

A simulação de sombras gerada pelo software SketchUp, em planta, foi feita inicialmente de uma em uma hora, entre 8h e 17h, como pode ser visto nas Figuras 29 e 30.

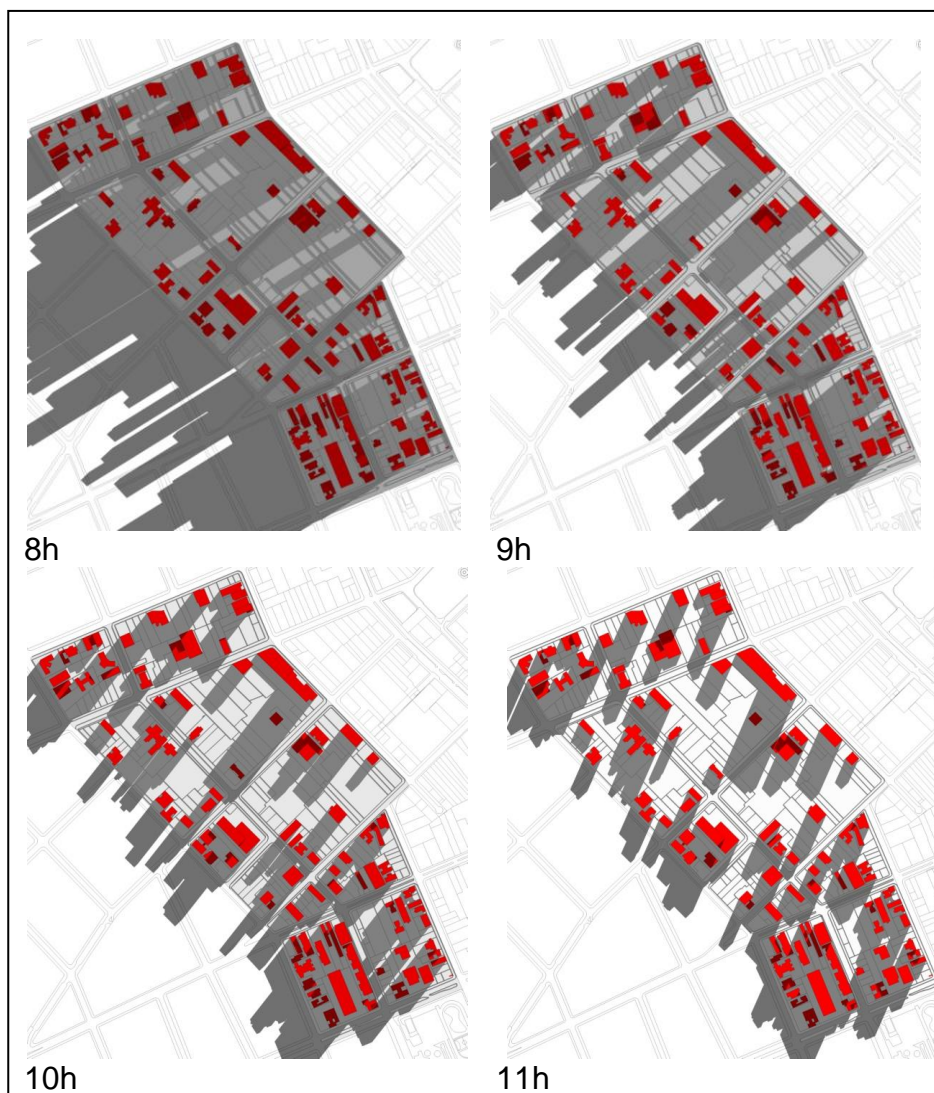


Figura 29 – Sombreamento Cenário Atual (8h – 11h)

Fonte: Autoria Própria

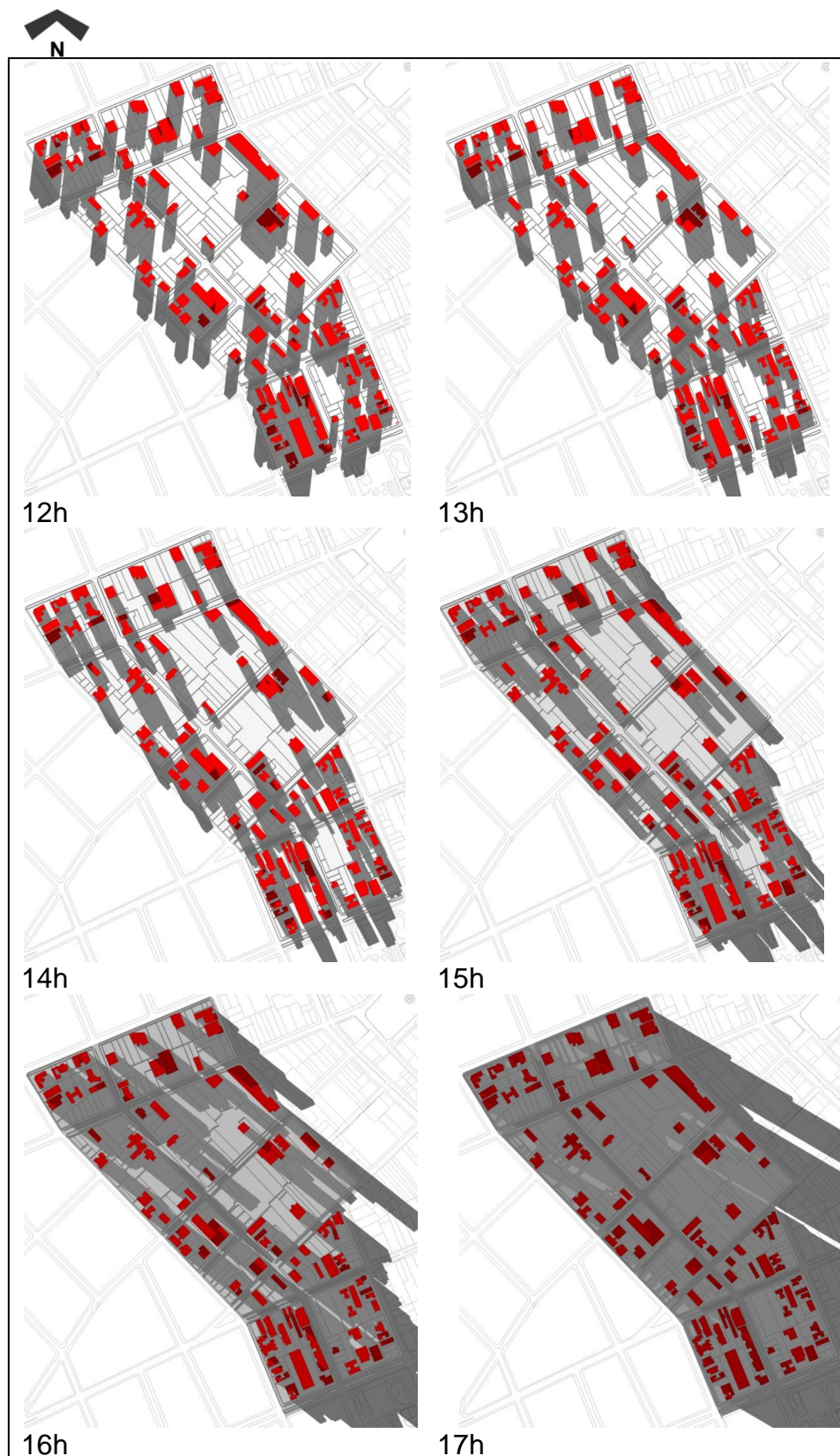


Figura 30 – Sombreamento Cenário Atual (12h – 17h)

Fonte: Autoria Própria

Dentre esses horários foram escolhidos três, representativos do período da manhã (9h), meio dia (12h) e tarde (15h).

- 9h

O sombreamento no período da manhã – 9h – é representado na Figura 31. A quantificação em porcentagem por quadra é representada na Figura 32.



Figura 31 – Sombreamento Cenário Atual (9h)

Fonte: Autoria Própria

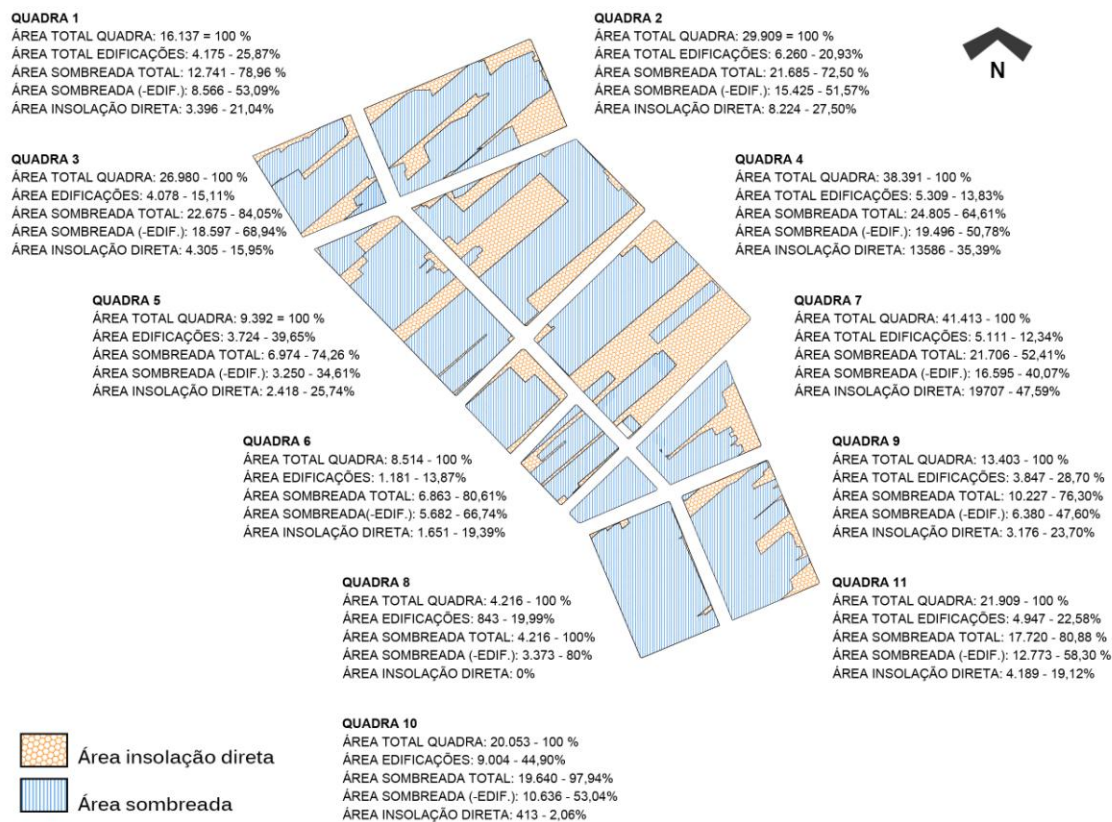


Figura 32 – Cálculo Porcentagens Sombreamento Cenário Atual (9h)

Fonte: Autoria Própria

Na Figura 32 é possível observar que, como no período da manhã o sol está à leste, as quadras à oeste da Rua Brigadeiro Franco (Q1, Q3, Q5, Q6, Q8, Q10) são as mais sombreadas, sob influência das quadras à leste da Rua. Como o estudo não engloba as quadras além da área demarcada, as quadras à leste da Rua Brigadeiro Franco (Q2, Q4, Q7, Q9 e Q11) aparentam receber mais sol em comparação às outras.

Neste horário, as quadras mais críticas são as Quadras 8 e 10, que recebem 0% e 2,06% de insolação direta, respectivamente.

- 12h

O sombreamento ao meio dia – 12h – é representado na Figura 33. A quantificação em porcentagem por quadra é representada na Figura 34.



Figura 33 – Sombreamento Cenário Atual (12h)

Fonte: Autoria Própria

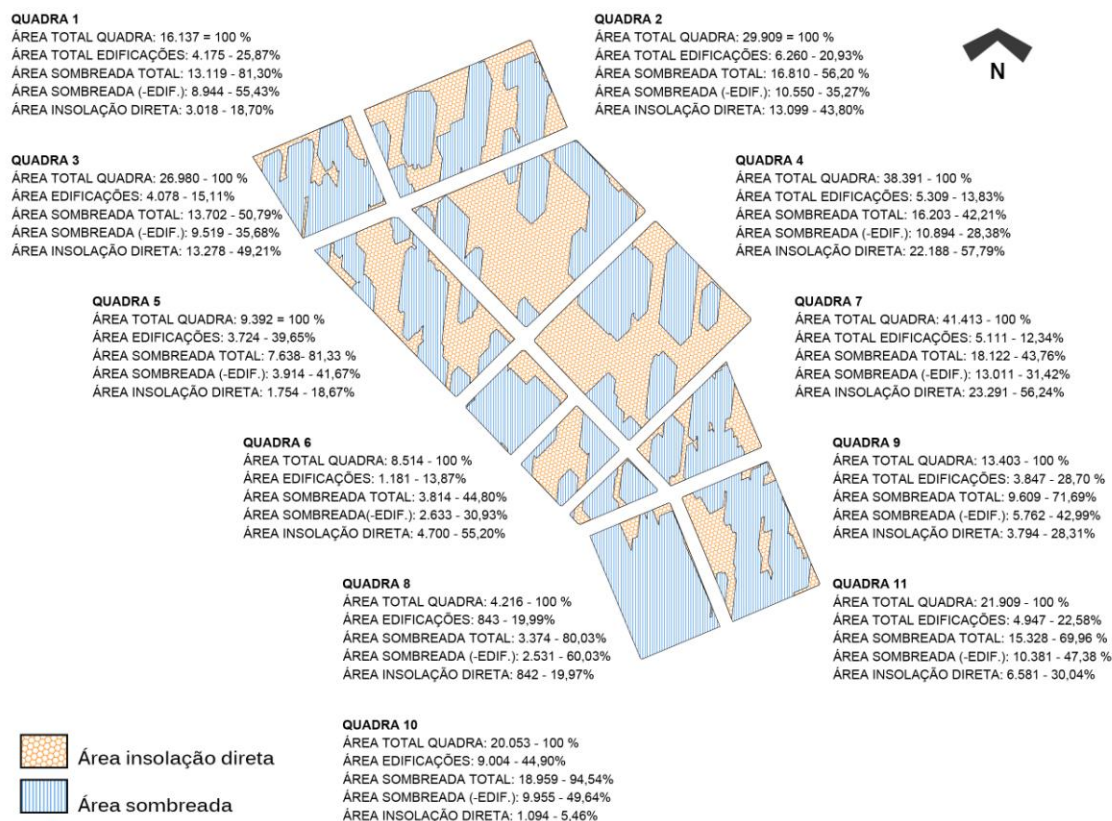


Figura 34 – Cálculo Porcentagens Sombreamento Cenário Atual (12h)

Fonte: Autoria Própria

Ao meio dia, a Figura 34 mostra que nesse horário há maior incidência solar em todas as quadras do trecho, se comparadas ao horário de 9h. Isso porque devido ao ângulo solar ao meio dia, as sombras geradas pelos edifícios não são tão longas, permitindo maior acesso ao sol nos miolos de quadra.

Nesse horário é possível observar uma pequena influência das quadras à Norte/Leste da Rua Brigadeiro Franco sobre as Quadras ao Sul/Oeste da rua. Porém, as sombras mais significativas em cada quadra advêm das edificações construídas dentro delas mesmas. As edificações nos lotes ao Norte das quadras sombreiam os lotes ao Sul delas.

Esse fenômeno pode ser visto com clareza na Quadra 1, por exemplo, já que não há nesse estudo a influência de outras quadras à Norte desta. Todo o sombreamento nela, no caso, mais de 80% da quadra, é ocasionado pelas edificações da própria quadra.

Com relação à quadra que menos tem acesso ao sol, essa é novamente a Quadra 10, com somente 5,46% de sua área ensolarada.

- 15h

O sombreamento no período da tarde – 15h – é representado na Figura 35. A quantificação em porcentagem por quadra é representada na Figura 36.



Figura 35 – Sombreamento Cenário Atual (15h)

Fonte: Autoria Própria

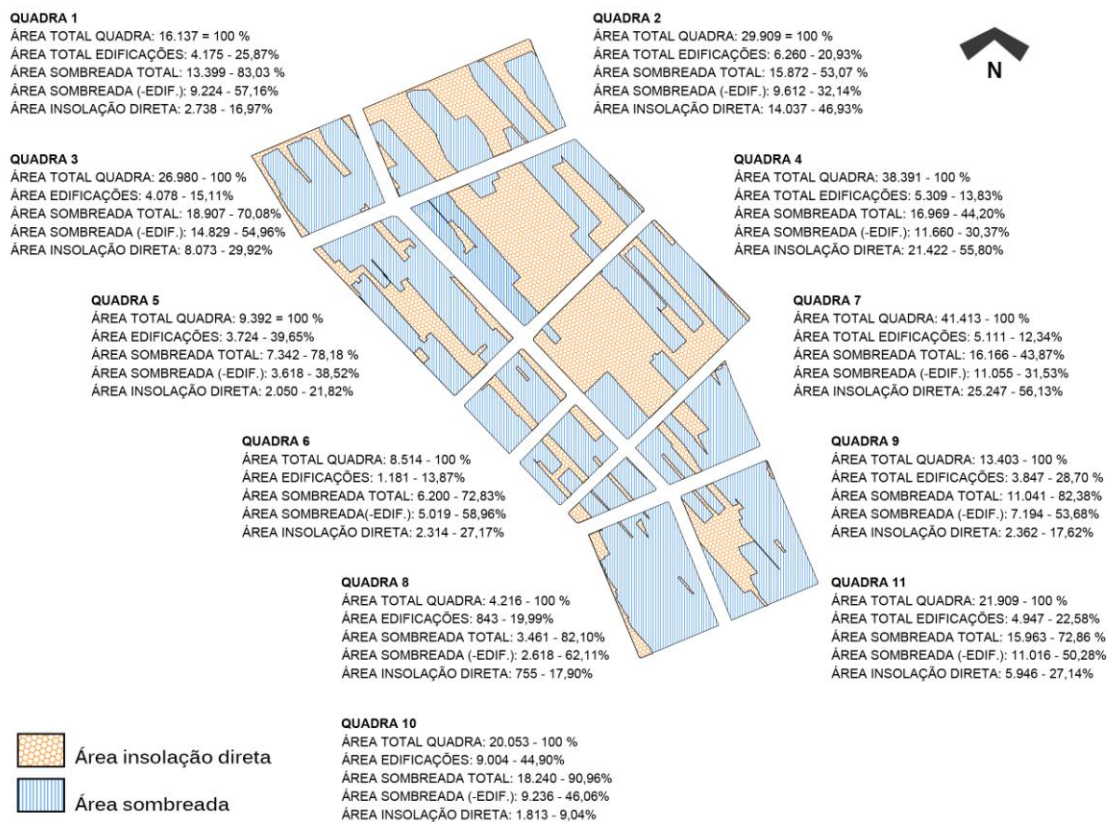


Figura 36 – Cálculo Porcentagens Sombreamento Cenário Atual (15h)

Fonte: Autoria Própria

Pode-se observar na Figura 35 e 36 que as edificações mais altas sombreiam significativamente as edificações ao sul delas. As sombras geradas influenciam não só a própria quadra, mas também as quadras mais ao sul, devido ao alongamento das sombras.

A Quadra 03, por exemplo, não possui tantas edificações construídas na porção Norte da quadra. Porém, devido à altura das edificações, as sombras são alongadas e atingem uma grande porcentagem da quadra, deixando somente 29,92% de sua área com insolação direta.

Outro exemplo pode ser visto na Quadra 05, em que as sombras geradas pelas edificações nela influenciam não só a própria quadra mas também as Quadras 06 e 08.

As quadras 04 e 07, porém, possuem relativamente grande área de insolação direta nos miolos das quadras (mais de 50%) devido à ausência de altos edifícios no centro dessas quadras. O centro dessas quadras é ocupado por um hospital e uma igreja, ambos de baixo porte e com lotes relativamente grandes, o que explica a maior incidência solar.

Em relação à quadra mais crítica, novamente a Quadra 10 é a que possui a menor porcentagem de acesso solar, com 9,04%. Essa porcentagem porém não é real, já que o estudo não engloba as quadras à oeste dela, que certamente influenciam seu sombreamento.

4.1.2 CENÁRIO FUTURO

Novamente, a simulação de sombras gerada pelo *software* SketchUp, em planta, foi feita inicialmente de uma em uma hora, entre 8h e 17h, como pode ser visto nas Figuras 37 e 38.

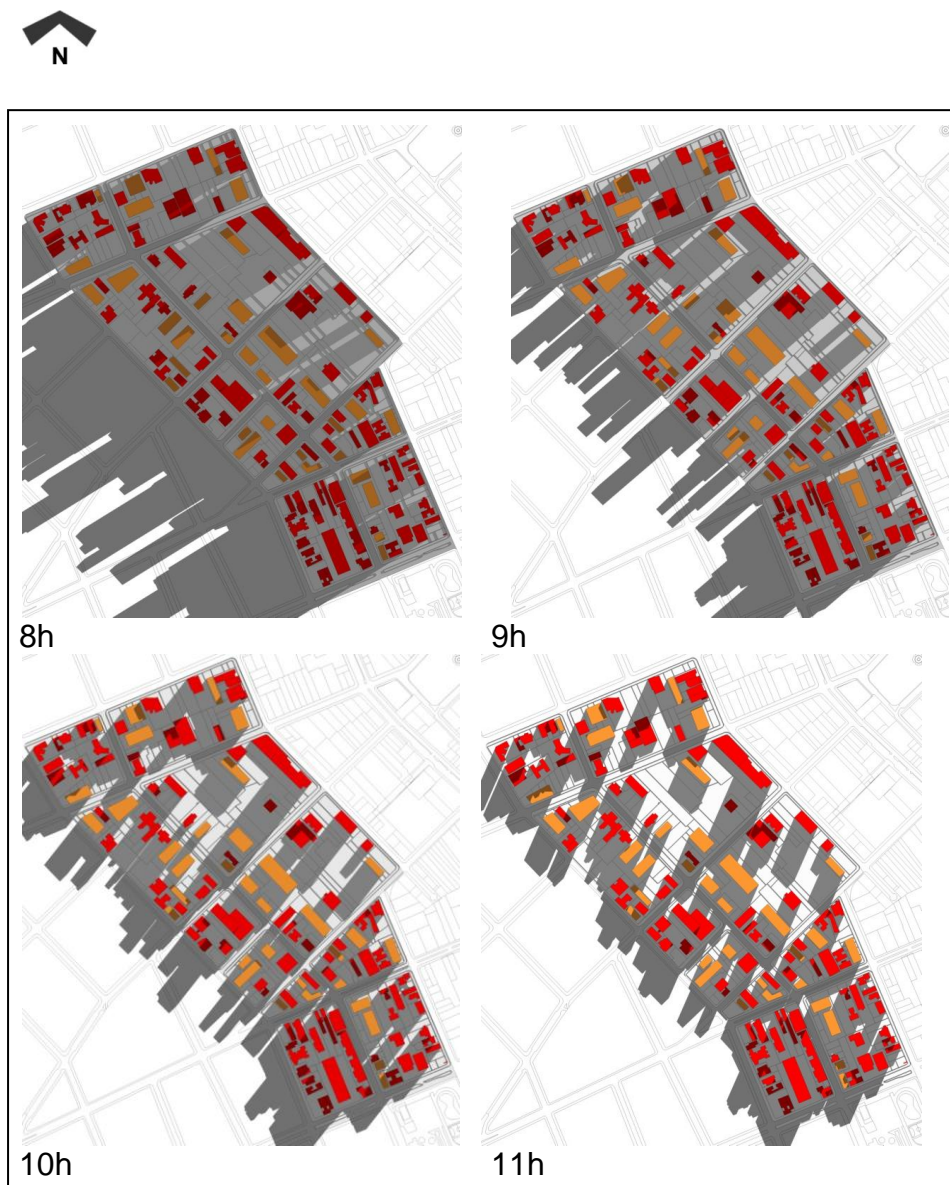


Figura 37 – Sombreamento Cenário Atual (08h – 11h)

Fonte: Autoria Própria

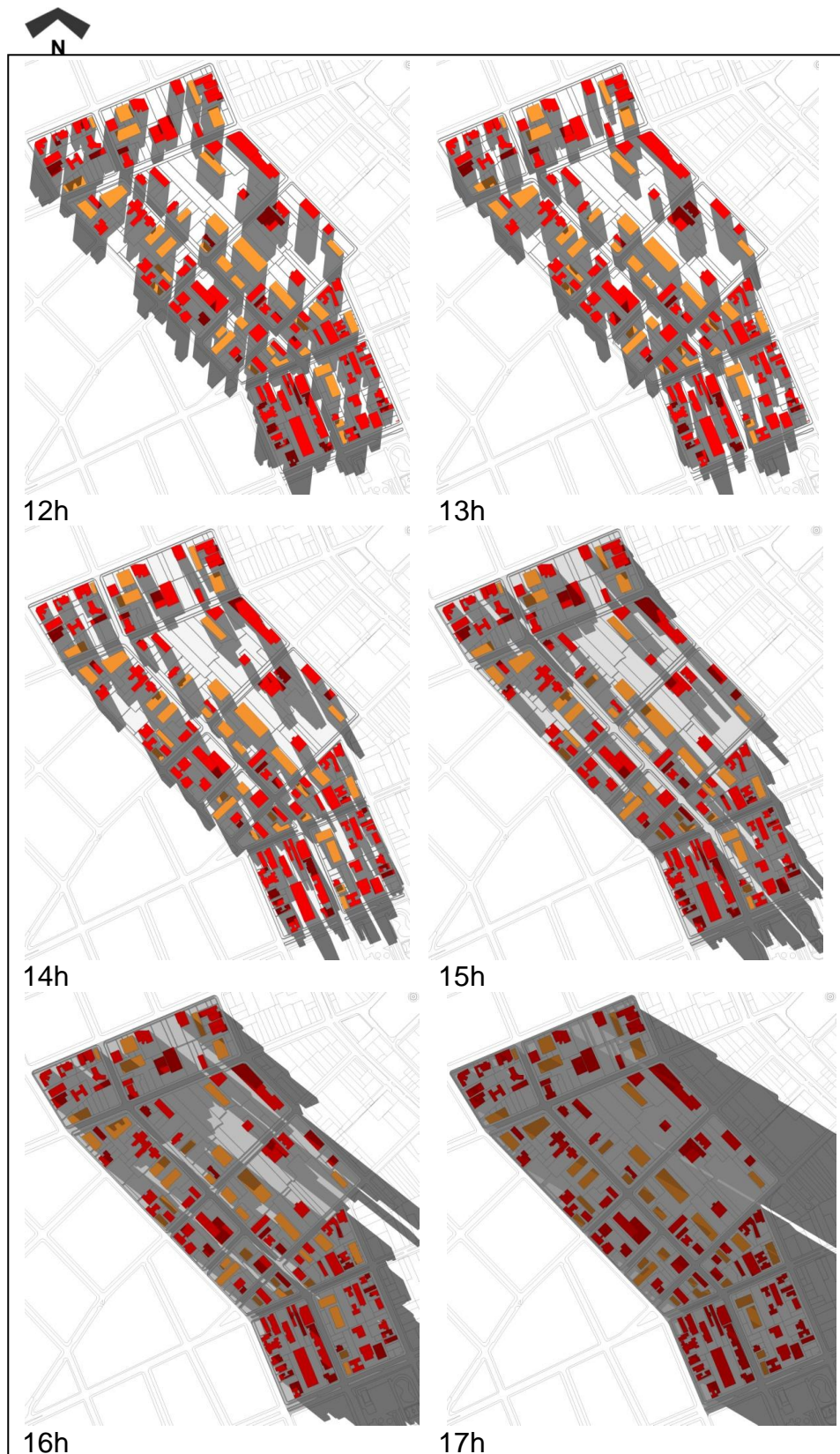


Figura 38 – Sombreamento Cenário Atual (12h – 17h)

Fonte: Autoria Própria

Novamente, dentre esses horários foram escolhidos três, representativos do período da manhã (9h), meio dia (12h) e tarde (15h).

- 9h

O sombreamento no período da manhã – 9h – é representado na Figura 39. A quantificação em porcentagem por quadra é representada na Figura 40.



Figura 39 – Sombreamento Cenário Futuro (9h)
 Fonte: Autoria Própria

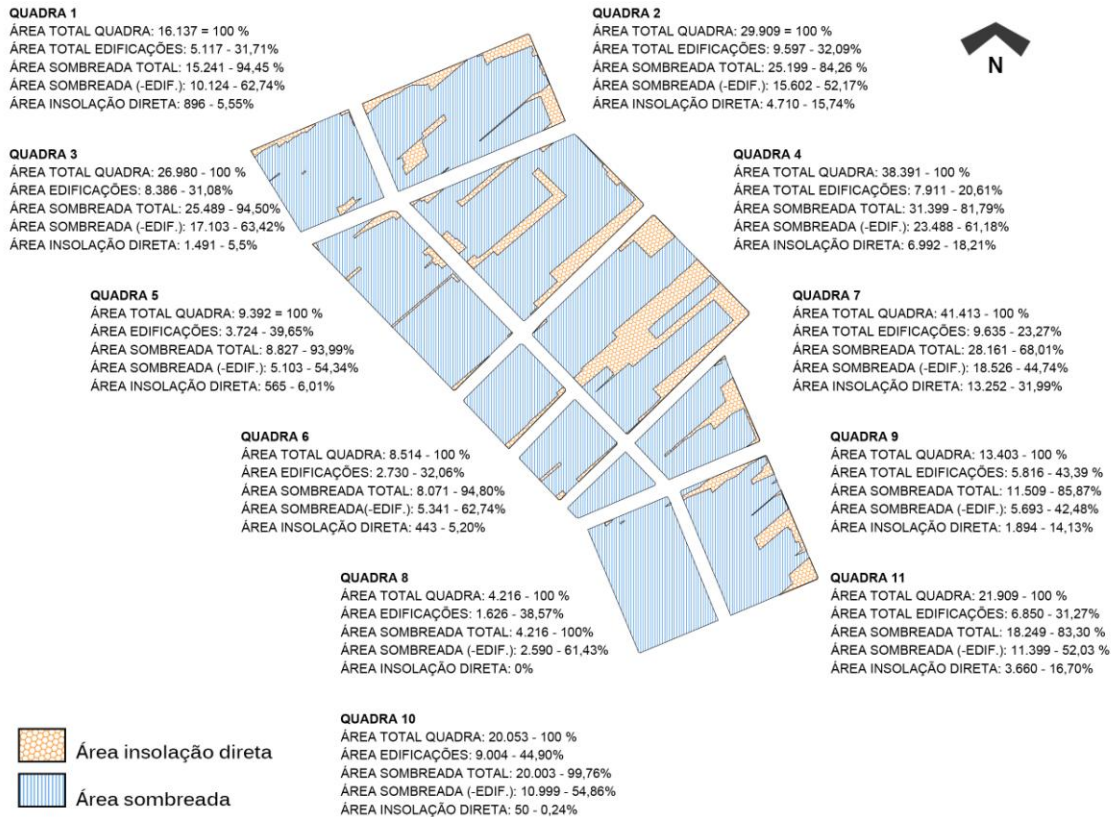


Figura 40 – Cálculo Porcentagens Sombreamento Cenário Futuro (9h)
 Fonte: Autoria Própria

No hipotético Cenário Futuro apresentado nesse estudo, no horário de 9h da manhã apresentado nas Figuras 39 e 40, pode-se observar uma diminuição do acesso solar em todas as quadras do recorte, em comparação com o Cenário Atual. Assim como no Cenário Atual, é possível ver uma diferença na porcentagem de insolação nas quadras à leste (Q2, Q4, Q7, Q9 e Q11) e à oeste (Q1, Q3, Q5, Q6, Q8, Q10) da Rua Brigadeiro Franco, devido ao fato de as quadras Q2, Q4, Q7, Q9 e Q11 não estarem sob influência das quadras adjacentes mais à leste nesse estudo. Porém, mesmo com esse fator, a diminuição do acesso solar em todas as quadras é significativa.

As quadras mais críticas continuam sendo as Quadras 08 e 10, com 0% e 0,24% de acesso solar respectivamente.

A máxima porcentagem de insolação direta é na Quadra 07, com 31,99%. Em comparação ao cenário atual, porém, houve uma diminuição de aproximadamente 15% da área antes iluminada diretamente pelo sol.

Comparações adicionais entre Cenário Atual e Futuro serão feitas a seguir, com o uso de Tabelas Comparativas.

- 12 h

O sombreamento ao meio dia – 12h – é representado na Figura 41. A quantificação em porcentagem por quadra é representada na Figura 42.



Figura 41 – Sombreamento Cenário Futuro (12h)

Fonte: Autoria Própria

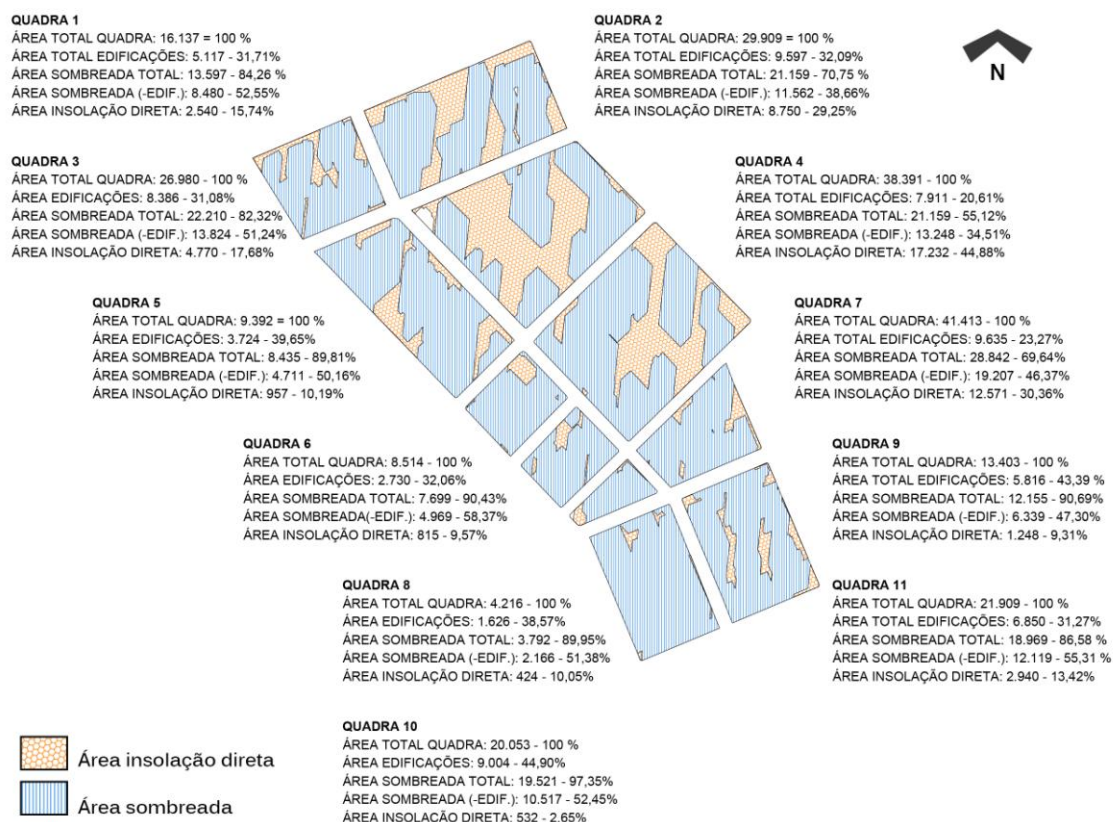


Figura 42 – Cálculo Porcentagens Sombreamento Cenário Futuro (12h)

Fonte: Autoria Própria

Na simulação feita para o horário de 12h, representado nas Figuras 41 e 42, também é possível observar uma diminuição significativa no acesso solar em todas as quadras do recorte, comparativamente ao mesmo horário do Cenário Atual.

A quadra mais crítica continua sendo a Quadra 10, com apenas 2,65% de sua área com acesso ao sol.

A Quadra 04 é a que possui maior porcentagem de acesso solar, com 44,88%. Nessa quadra as perdas não foram tão significativas devido à porção central da quadra abrigar um hospital e suas dependências, que são edificações de baixo porte, mas que não foram consideradas como possíveis locais de adensamento. Mesmo assim, a quadra perdeu mais de 12% de área de insolação direta.

- 15h

O sombreamento no período da tarde – 15h – é representado na Figura 43. A quantificação em porcentagem por quadra é representada na Figura 44.



Figura 43 – Sombreamento Cenário Futuro (15h)

Fonte: Autoria Própria

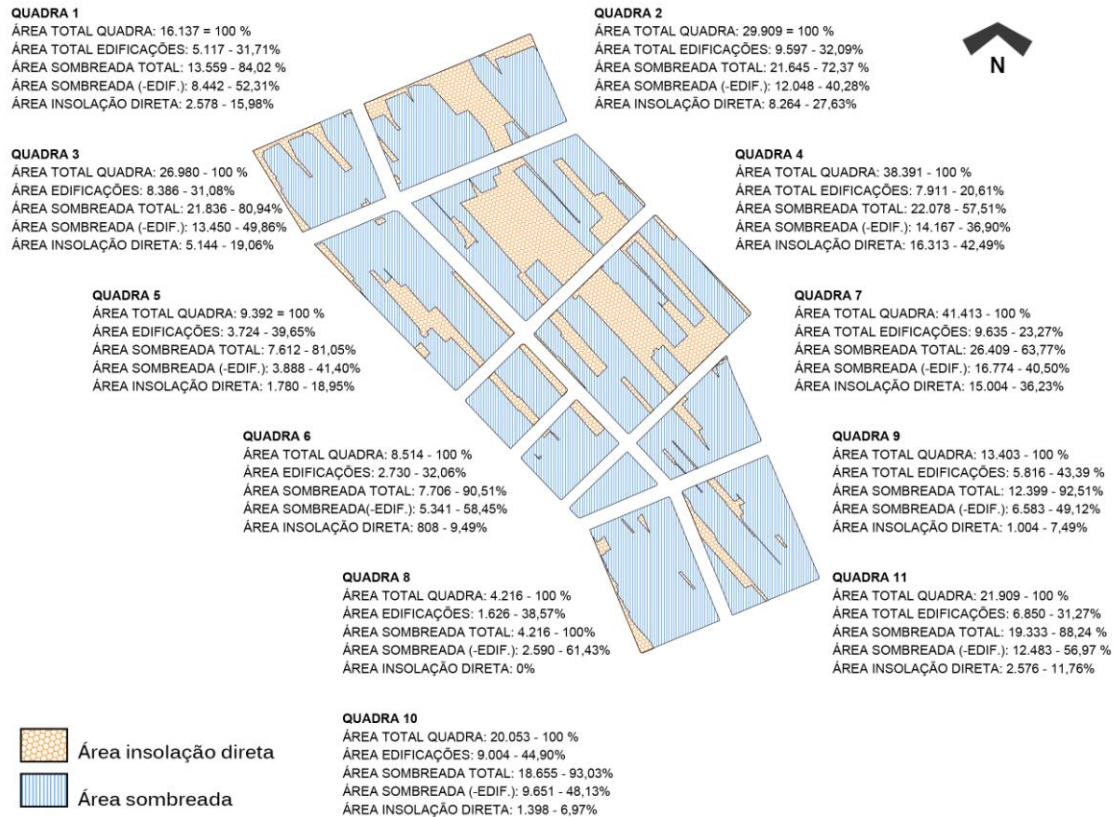


Figura 44 – Cálculo Porcentagens Sombreamento Cenário Futuro (15h)

Fonte: Autoria Própria

No hipotético Cenário Futuro, representado nas Figuras 43 e 44, pode-se observar, assim como nos outros horários, que todas as quadras tiveram diminuição no acesso solar quando comparadas ao Cenário Atual.

Como no cenário atual, o horário de 15h é crítico por gerar sombras mais alongadas, não só dentro das próprias quadras, mas também atingindo as quadras ao sul.

Devido a esse fato, a Quadra 08, por exemplo, perderia toda a insolação direta que tem atualmente, passando de 17,90% para 0% de área com acesso ao sol. Outras duas quadras que perderiam bastante acesso solar em um cenário futuro são as Quadras 02 e 07, com uma perda de mais de 19% da área com acesso solar em ambas as quadras.

4.1.3 TABELAS COMPARATIVAS

Após a quantificação em porcentagem, foram geradas tabelas para fácil comparação. As Tabelas 05, 06 e 07 abaixo foram elaboradas com base nos mapas e cálculos de porcentagem mostrados anteriormente. A Tabela 05 representa o comparativo de porcentagem de área com acesso solar direto entre o Cenário Atual e o Cenário Futuro às 9h; A Tabela 06 representa o mesmo comparativo para o horário de 12h e a Tabela 07 para o horário de 15h.

- 9h

	Atual	Cenário Futuro
Quadra 01	21,04%	5,55%
Quadra 02	27,50%	15,74%
Quadra 03	15,95%	5,50%
Quadra 04	35,39%	18,21%
Quadra 05	25,74%	6,01%
Quadra 06	19,39%	5,20%
Quadra 07	47,59%	31,99%
Quadra 08	0%	0%
Quadra 09	23,70%	14,13%
Quadra 10	2,06%	0,24%
Quadra 11	19,12%	16,70%

Tabela 05 – Comparativo Porcentagem de Área com Insolação direta por Quadra – Cenário Atual x Cenário Futuro (9h)

Fonte: Autoria Própria

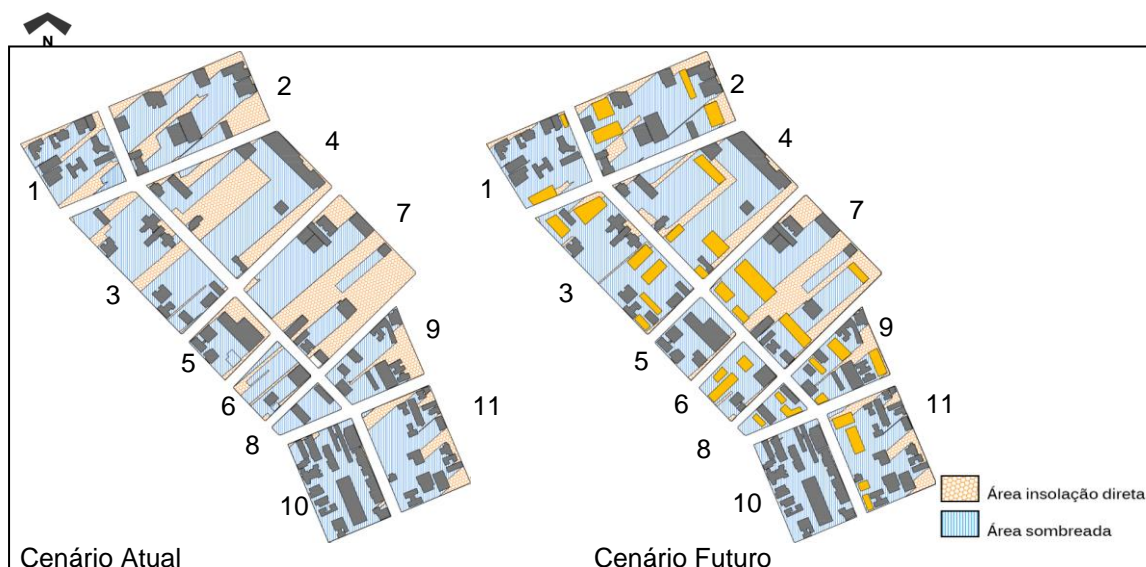


Figura 45 – Comparativo – Cenário Atual x Cenário Futuro (9h)
 Fonte: Autoria Própria

No período da manhã já se vê que algumas quadras, mesmo atualmente, já têm dificuldade de acesso solar devido à morfologia atual. As Quadras 08 e 10 recebem respectivamente 0% e 2,06% de insolação direta nesse horário. Em um Cenário Futuro, a situação se agrava, com a Quadra 10 recebendo somente 0,24% de insolação.

No Comparativo entre Cenário Atual e Cenário Futuro, todas as quadras perdem acesso ao sol. As quadras que mais perderiam acesso solar seriam as Quadras 04 e 05, com perda de 17,18% e 19,73% respectivamente. No comparativo da Figura 45 pode-se observar que a Quadra 04 sofreu influência dos edifícios dela mesma, enquanto que a Quadra 05 sofreu influência dos novos edifícios na quadra adjacente, Quadra 07.

- 12h

	Atual	Cenário Futuro
Quadra 01	18,70%	15,74%
Quadra 02	43,80%	29,25%
Quadra 03	49,21%	17,68%
Quadra 04	57,79%	44,88%
Quadra 05	18,67%	10,19%
Quadra 06	55,20%	9,57%
Quadra 07	56,24%	30,36%
Quadra 08	20%	10%
Quadra 09	28,31%	9,31%
Quadra 10	5,46%	2,65%
Quadra 11	30,04%	13,42%

Tabela 06 – Comparativo Porcentagem de Área com Insolação direta por Quadra – Cenário Atual x Cenário Futuro (12h)

Fonte: Autoria Própria

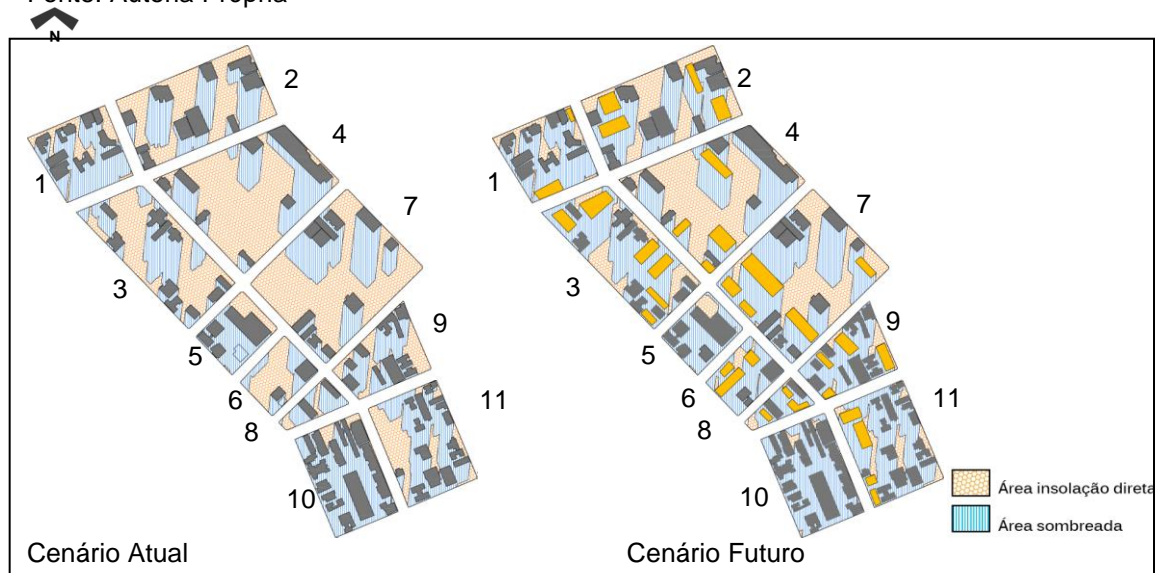


Figura 46 – Comparativo – Cenário Atual x Cenário Futuro (12h)

Fonte: Autoria Própria

Ao meio dia, como o sol está no ponto mais alto possível do dia, as sombras não são tão alongadas. Dessa forma, esse é um horário em que várias quadras recebem a maior porcentagem de insolação no solstício de inverno. Tudo depende da altura e posição das edificações dentro da quadra.

De acordo com a Tabela 06 e a Figura 46, as Quadras em que este é o horário com maior insolação no Cenário Atual são as Quadras 03, 04, 06, 07, 08, 09 e 11. Porém, com uma futura verticalização na área, essas também estão entre as quadras que mais perdem insolação no futuro.

As Quadras 03, 06 e 07 são as que sofreriam as maiores perdas, com diminuição de acesso solar de 31,53%, 45,63% e 25,88% respectivamente.

- 15h

15h

	Atual	Cenário Futuro
Quadra 01	16,97%	15,98%
Quadra 02	46,93%	27,63%
Quadra 03	29,92%	19,06%
Quadra 04	55,80%	42,49%
Quadra 05	21,82%	18,95%
Quadra 06	27,17%	9,49%
Quadra 07	56,13%	36,33%
Quadra 08	18%	0%
Quadra 09	17,62%	7,49%
Quadra 10	9,04%	6,97%
Quadra 11	27,14%	11,76%

Tabela 07 – Comparativo Porcentagem de Área com Insolação direta por Quadra – Cenário Atual x Cenário Futuro (15h)

Fonte: Autoria Própria

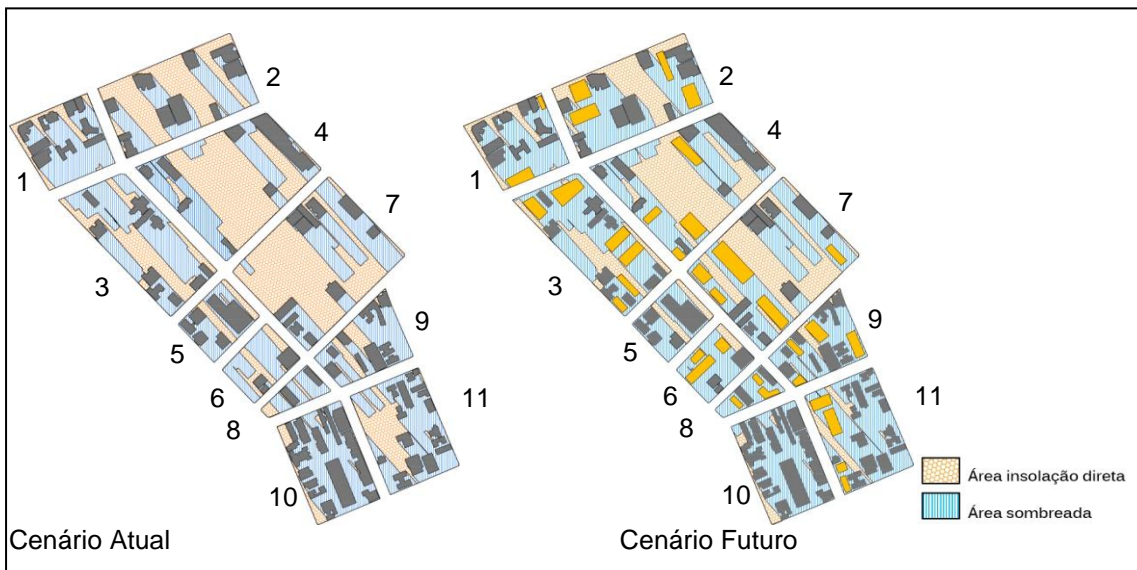


Figura 47 – Comparativo – Cenário Atual x Cenário Futuro (15h)

Fonte: Autoria Própria

De acordo com a Tabela 07 e a Figura 47, pode-se observar que às 15h o sombreamento dentro das quadras causado pelos altos edifícios já é grande. Com a verticalização, as quadras que mais sofreriam uma diminuição do acesso solar seriam as Quadras 02, 06, 07, 08 e 11, especialmente devido ao

fato de os novos edifícios estarem posicionados nas porções Norte das quadras, sombreando os edifícios ao Sul destas. As perdas no acesso solar seriam respectivamente de 19,3%, 17,68%, 19,80%, 18% e 15,38%.

Para uma comparação geral entre os cenários Atual e Futuro e os diferentes horários foi gerada a Tabela 08, com a comparação entre as porcentagens de acesso ao sol atualmente, em um Cenário Futuro e as perdas geradas. Nela, as áreas com acesso ao sol nas 11 quadras foram somadas, e a soma das áreas das 11 quadras foi considerada como 100%.

PORCENTAGEM DAS QUADRAS COM ACESSO AO SOL

	Atual		Futuro		Perda	
	Área	%	Área	%	Área	%
9h	61.065	26,51	33.953	14,74	27.112	11,77
12h	93.639	40,66	52.779	22,92	40.860	17,74
15h	86.757	37,67	54.869	23,82	31.888	13,85

Tabela 08 – Comparativo Porcentagem de Área com Acesso ao Sol Geral

Fonte: Autoria Própria

Comparando todos os horários no Cenário Atual podemos perceber que os horários mais sombreados são respectivamente: 9h, 15h e 12h, sendo a manhã o horário mais sombreado e ao meio dia o de maior acesso ao sol.

Isso se deve provavelmente ao fato de o sol estar em uma altura mais baixa nos períodos da manhã e da tarde, e mais alta ao meio dia, deixando as sombras menores.

Já em um hipotético Cenário Futuro, os horários mais sombreados são respectivamente: 9h, 12h e 15h, sendo a manhã o horário mais sombreado e a tarde o de maior acesso ao sol. Em um Cenário Futuro, a porcentagem das quadras sombreadas às 12h e 15h se torna similar, ambos com aproximadamente 23% de área total com acesso ao sol. O período da manhã continua sendo o mais sombreado nesse caso, com 14,74% de sua área com acesso ao sol.

Porém, quando comparamos o quanto o acesso ao sol diminuiu nesses períodos, é possível observar que as maiores perdas em insolação direta ocorreram às 12h, seguido das 15h.

Isso ocorre provavelmente devido à posição e altura em que os novos prédios foram colocados. Atualmente o sombreamento às 9h e às 15h já é crítico, e os novos edifícios seriam construídos já sob a sombra dos existentes. Já às 12h, o posicionamento dos novos edifícios gerou mais sombras em locais antes iluminados pelo sol.

No geral, o principal comparativo que se mostra alarmante é que atualmente mais de 60% das áreas das quadras são sombreadas em todos os horários e, no futuro, essa porcentagem pode aumentar para mais de 75%.

4.2 ANÁLISE SOMBREAMENTO NAS FACHADAS

Como já explicado no capítulo de Metodologia, a quadra escolhida para a análise das Fachadas foi a Quadra 10, de acordo com a Figura 48.

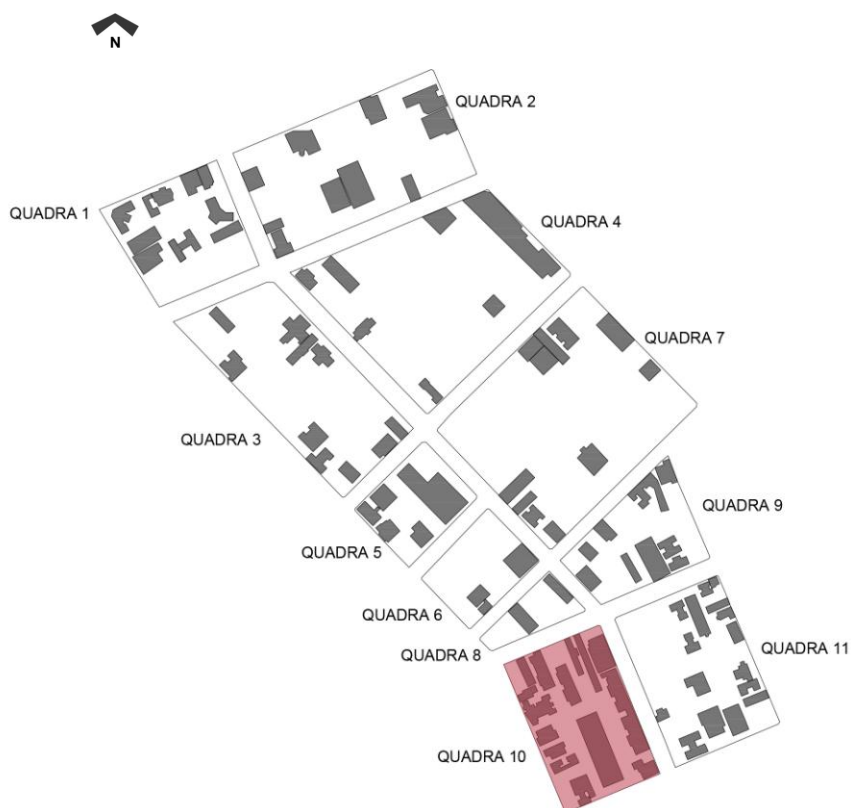


Figura 48 – Mapa Quadra escolhida

Fonte: Autoria Própria

4.2.1 FACHADAS NORTE

Abaixo podemos observar as fachadas norte em evidência e o sombreamento dessas ao longo do dia. Dentre as fachadas visíveis, 6 pontos foram selecionados, considerados críticos, pois neles as fachadas ficam parcialmente ou totalmente sombreadas em pelo menos 8 dos 10 horários do dia analisados (de 8h – 17h), como pode ser visto nas Figuras 49 e 50.

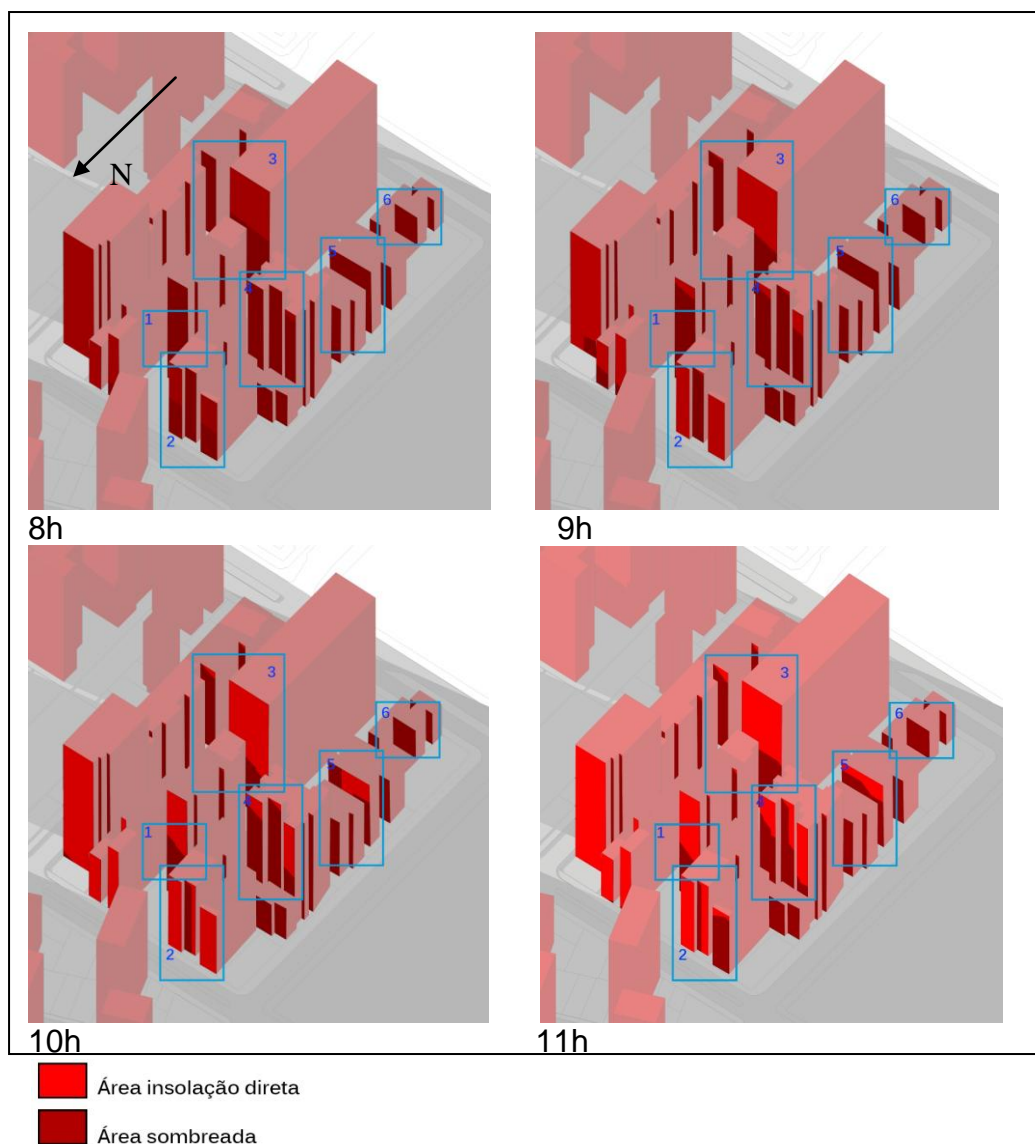


Figura 49 – Sombreamento Fachadas Norte 8h-13h

Fonte: Autoria Própria

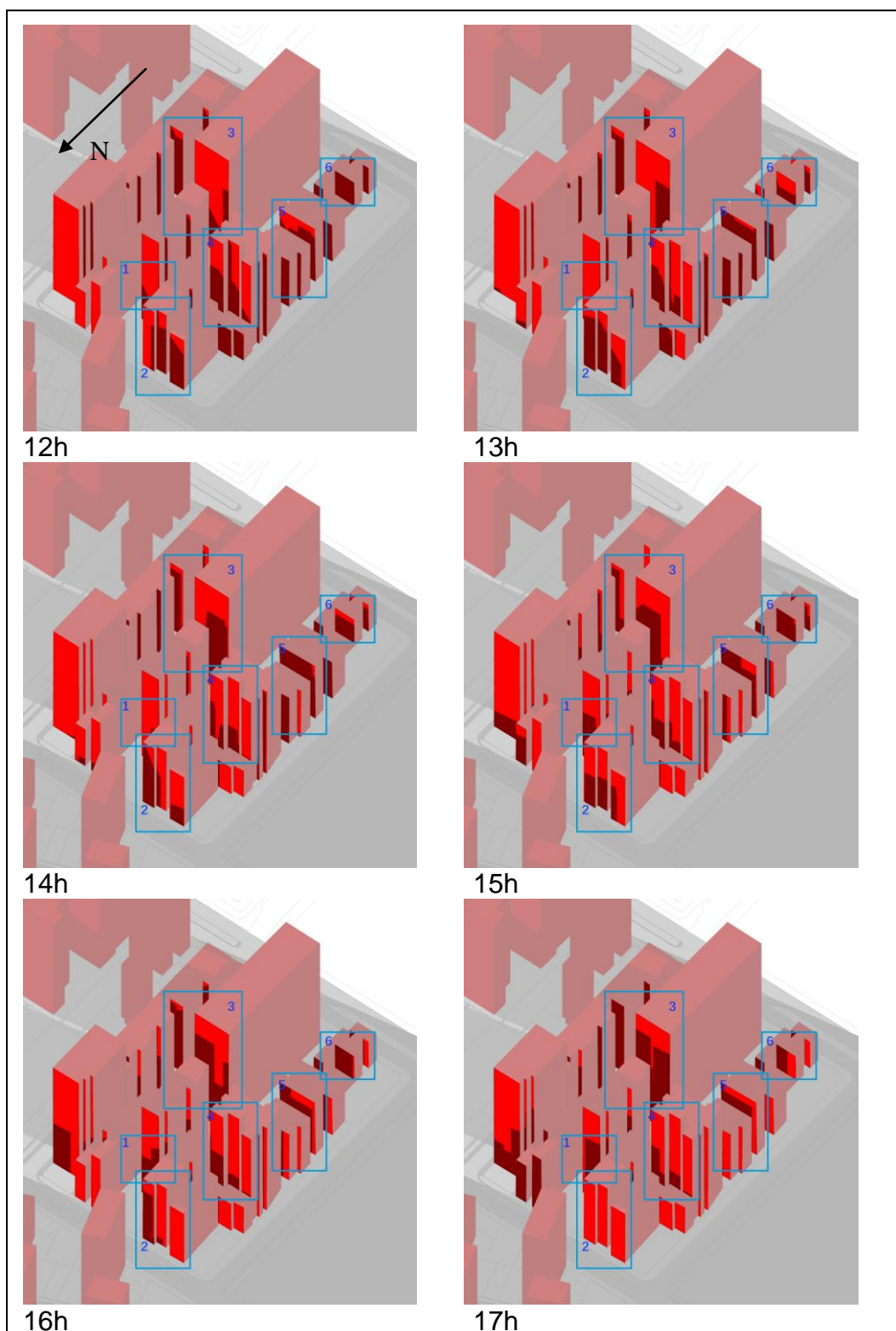


Figura 50 – Sombreamento Fachadas Norte 14h-17h

Fonte: Autoria Própria

As fachadas Norte, que deveriam receber a maior quantidade de luz solar durante o dia, devido à verticalização da área, são sombreadas durante a maior parte do dia. Esse fenômeno ocorre principalmente nos andares mais baixos dos prédios.

4.2.2 FACHADAS OESTE

Abaixo, na Figura 51 podemos observar as fachadas oeste em evidência e o sombreamento dessas ao longo do dia. Como a fachada oeste só é iluminada à tarde, os sombreamentos analisados foram entre 15h e 17h.

Novamente foram identificados 5 pontos críticos nas fachadas, que ficam parcialmente sombreadas entre 15h e 17h.

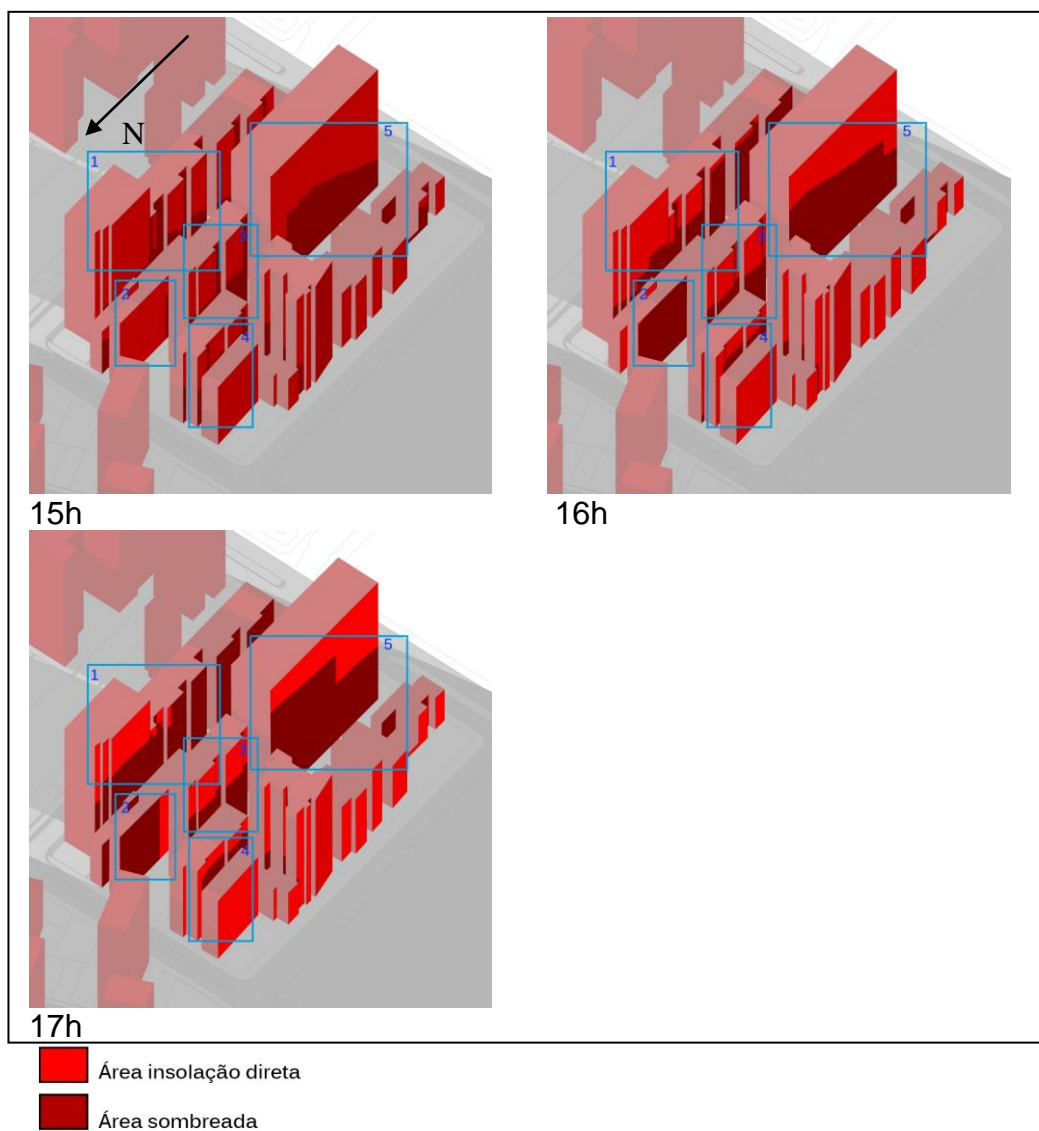


Figura 51 – Sombreamento Fachadas Oeste 15h-17h

Fonte: Autoria Própria

Devido à altura e proximidade dos edifícios as fachadas ficam sombreadas durante o período da tarde, quando deveriam ser ensolaradas para aquecer os ambientes. Esse fenômeno ocorre principalmente nos andares mais baixos dos prédios.

5 CONCLUSÃO

Após as análises de sombreamento tanto em planta nas quadras e lotes quanto nas fachadas selecionadas no estudo, fica evidente o impacto da verticalização no acesso ao sol das edificações.

Principalmente nas análises comparativas entre Cenário Atual e Cenário Futuro, percebe-se que atualmente em todos os horários o acesso ao sol em várias quadras já é limitado. Algumas delas já têm sua área completamente sombreada pela manhã. Os sombreamentos em todos os horários já ultrapassam 60% da área das quadras.

Com o hipotético Cenário Futuro, a área de sombreamento aumenta em todos os horários. As perdas em acesso solar são significativas, com as áreas sombreadas chegando a mais de 75% da área das quadras.

A observação da insolação e sombreamento das Fachadas Norte e Oeste na quadra selecionada mostra a mesma situação – fachadas que poderiam receber grande quantidade de sol são sombreadas pelas edificações vizinhas.

Dessa forma, pode-se constatar que, devido à forma como a legislação no centro de Curitiba permite novas construções e, se a tendência de adensamento e verticalização nessa área continuar como é atualmente, o sombreamento dos lotes pode se agravar ainda mais.

Para que esse Cenário Futuro não se torne realidade é de suma importância para um desenvolvimento saudável e sustentável da área que a questão de acesso ao sol seja considerada no planejamento urbano.

Com a utilização de estudos de sombreamento atuais e em diferentes cenários futuros, semelhantes ao realizados nesse estudo, o Plano Diretor poderia estipular áreas com alturas máximas mais ou menos restritas, dependendo da posição do lote em relação à insolação e sua consequente influência no entorno imediato. Estudos como esse já são feitos para loteamentos e planos diretores de áreas de pequeno porte. A possibilidade de adicionar o estudo de insolação e sombreamento para os Planos Diretores das cidades poderia aumentar o acesso ao sol na área urbana como um todo.

Além da possibilidade de revisão dos parâmetros construtivos nas políticas públicas, o presente estudo traz a discussão do entorno como parte integrante da elaboração do projeto arquitetônico, com considerações sobre a influência de novos edifícios sobre o entorno existente.

Em trabalhos futuros, seria interessante verificar a existência de políticas públicas em relação à insolação e sombreamento em outros locais, além de formas de aplicar esse estudo em planos diretores de grande porte. Outra sugestão para um futuro trabalho seria a análise de outras áreas de Curitiba, com outras tipologias construtivas (sem altura livre ou reduzido afastamento entre os edifícios), a fim de estabelecer parâmetros construtivos ideais para maximizar o acesso solar à todos.

REFERÊNCIAS

ADHYA, Anirnan; PLOWRIGHT, Philip. STEVENS, Jim. **Defining Sustainable Urbanism: towards a responsive urban design**. 2010.

Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Philip_Plowright/publication/256079248_Defining_Sustainable_Urbanism_towards_a_responsive_urban_design/links/0c96052174ded65720000000.pdf> Acesso em: 08 jun 2016.

BARBIRATO, Gianna Melo; TORRES, Simone Carnaúba; BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues. **Espaços livres e Morfologia Urbana: Discussões sobre influências na Qualidade Climática e Sustentabilidade Urbana a partir de Estudos em Cidades no Estado de Alagoas**. Brasil, 2014.

BRANDÃO, Rafael Silva. **Acesso ao Sol e à Luz Natural: Avaliação do impacto de novas edificações no desempenho térmico, luminoso e energético do seu entorno**. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2004

CAMPOS, Giovana de Almeida Coelho. **Análise da Influência do Sombreamento causado pelos edifícios na zona central de Curitiba**. Dissertação de Mestrado. Curitiba, 2014.

ECOEDILITY. **Implantação do Distrito de Lu Zia Sui**.

Disponível em: <<http://www.ecoedility.it/e3news/wp-content/uploads/2008/07/fig4.jpg>> Acesso em 17 out 2016

GOOGLE MAPS. **Mapa e Foto Aérea Curitiba**.

Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps> > Acesso em: 12 ago 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET – **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**.

Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em 11 set. 2016

IPPUC - INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Banco de Dados**.

Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/>>. Acesso em 08 jul. 2016.

IPPUC - INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Mapa de Zoneamento de Curitiba (2000)**.

Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/mostrarpagina.php?pagina=352&idioma=1&liar=n%E3o>>. Acesso em 25 abr. 2016.

IPPUC - INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **População - Análise Censo 2010**. Curitiba, 2012.

Disponível em: <<http://ippuc.org.br/mostrarpagina.php?pagina=356&idioma=1&liar=n%E3o>>. Acesso em 08 jul. 2016.

IPPUC - INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Indicadores de Sustentabilidade Curitiba 2010.**

Disponível em: < <http://ippuc.org.br/mostrarpagina.php?pagina=358&idioma=1&liar=n%E3o>>. Acesso em 08 jul. 2016.

IPPUC - INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Mapa digital de arruamento.** DWG Mapa.

KNOWLES, Ralph L. **The solar envelope: its meaning for energy and buildings.** 2003.

Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778802000762> Acesso em 24 out 2016

LABEE: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Software Analysis BIO.** Disponível em: <http://www.labee.usfc.br> Acesso em 14 fev 2017

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo, 1997.

Disponível em: < <http://www.labee.ufsc.br/publicacoes/livros>> Acesso em 16 out 2016

LEITE, Carlos. **Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes – Desenvolvimento Sustentável Num Planeta Urbano.** Bookman. São Paulo, 2012

MIANA, Anna Christina. **Adensamento e Forma Urbana: Inserção de parâmetros ambientais no processo de projeto.** Tese de Doutorado. São Paulo, 2010.

MINELLA, Flavia Cristina Osaku. **Avaliação da Influência de aspectos da Geometria Urbana sobre os níveis de conforto térmico em ruas de pedestres de Curitiba.** Dissertação de Mestrado. Curitiba, 2009.

MOSTAFAVI, Mohsen. **Ecological Urbanism.** Harvard University Graduate School of Design. Lars Muller Publishers, 2010.

PIASKOWY, Nicole Albizu. **ANÁLISE DO IMPACTO NA INCIDÊNCIA SOLAR PELOS SETORES ESTRUTURAIS NAS QUADRAS ADJACENTES EM CURITIBA – PR.** Monografia de Especialização. Curitiba, 2014

PINI CONSTRUÇÃO. **Desafio futuro: planejamento urbano e ecoeficiência.** Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/144/artigo292283-1.aspx>>. Acesso em 03 set. 2016.

PMC – PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Lei 9.800/00 e Anexos. Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no município de Curitiba de de 03 de janeiro de 2000.**

Disponível em: <http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/legislacao-zoneamento-smu/220> Acesso em 25 abr. 2016.

PMC – PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Guias amarelas.**

Disponível em: <http://www5.curitiba.pr.gov.br/gtm/gam/gam_form.asp> Acesso em: 16 out. 2016.

ROGERS, Richard. **Cities for a small planet.** Faber and Faber Limited. Londres, 1997.

SIMEPAR. **Dados Metereológicos.**

Disponível em:< <http://simepar.br/>> Acesso em 17 out 2016

SLIDESHARE. **Cities for a small planet.**

Disponível em: <<http://www.slideshare.net/Myfriz/cities-for-a-small-planet-1997> - > Acesso em 17 out. 2016

THE GUARDIAN. **The Curse of Urban Sprawl How cities grow, and why this has to change.**

Disponível em: <<https://www.theguardian.com/cities/2016/jul/12/urban-sprawl-how-cities-grow-change-sustainability-urban-age>> . Acesso em 11 set. 2016

UNITED NATIONS. **Brundtland Report - Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.**

Disponível em < <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>> Acesso em 08 jun 2016.

UNIVERSITÉ DE GENÈVE. **Landscape Module.** Disponível em: <http://www.unige.ch/cuepe/virtual_campus/module_landscape/_31_ville_debat_actuel/pix/rogers_compact_mixed_use_big.jpg> Acesso em 17 out 2016

UNIVERSITÉ DE GENÈVE. **Landscape Module.** Disponível em: <http://www.unige.ch/cuepe/virtual_campus/module_landscape/31_ville_debat_actuel/pix/rogers_linear_metabo_big.jpg> Acesso em 17 out 2016

UNIVERSITÉ DE GENÈVE. **Landscape Module.** Disponível em: <http://www.unige.ch/cuepe/virtual_campus/module_landscape/31_ville_debat_actuel/pix/rogers_circular_metabo_big.jpg> Acesso em 17 out 2016

UNIVERSITY OF OREGON. **Carta Solar.**

Disponível em: <http://solardat.uoregon.edu/PolarSunChartProgram.html/> Acesso em 24 out 2016