KARIN REGINA DE CASTRO MARINS

**Avaliação sistêmica da microescala urbana como instrumento para a
promoção da sustentabilidade no planejamento e desenvolvimento urbano**

São Paulo

2020

KARIN REGINA DE CASTRO MARINS

**Avaliação sistêmica da microescala urbana como instrumento para a
promoção da sustentabilidade no planejamento e desenvolvimento urbano**

Texto sistematizado de trabalhos científicos
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
Professor Livre-Docente junto ao
Departamento de Engenharia de Construção
Civil (PCC)

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Marins, Karin Regina de Castro

Avaliação sistêmica da microescala urbana como instrumento para a promoção da sustentabilidade no planejamento e desenvolvimento urbano / K. R. C. Marins -- São Paulo, 2020.

221 p.

Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.engenharia urbana 2.desenvolvimento urbano sustentável 3.políticas urbanas 4.morfologia urbana 5.monitoramento I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

*À minha filha Caroline,
que me inspira na busca por um presente e um futuro mais sustentáveis*

*À minha mãe Ivani,
pelo apoio incondicional, hoje e sempre*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda luz e força sempre concedidas para que possa trilhar os caminhos da vida com ânimo e esperança.

À minha família, em especial meus pais Ivani e José, e minha pequena Caroline, por estarem sempre presentes em minha vida, por todo o amor incondicional e a compreensão nos momentos em que estive dedicada à produção deste trabalho.

À Escola Politécnica da USP, em especial ao Departamento de Engenharia de Construção Civil. A todos os colegas docentes e funcionários, pela parceria, apoio acadêmico e administrativo nos diversos momentos necessários, assim como pelos anos de convívio no rico ambiente universitário.

Aos demais professores e funcionários da Engenharia Civil, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e da Universidade de São Paulo e externos, cujas colaborações foram imprescindíveis aos avanços em planejamento e engenharia urbanos.

Aos meus alunos e ex-alunos de graduação e pós-graduação, sobretudo àqueles que aceitaram o desafio e uniram esforços para produzir colaborativamente as pesquisas que subsidiaram o desenvolvimento da avaliação apresentada neste relatório. Em especial, a Rafael Castelo Cruz, Martina Pacifici, Carolina Girotti, Quentin Lamour, Ricardo Tierno, Thiago Montmorency Silva, Vinicius Catto, Rafaela Godoy, Silvia Mauad, Adriano Morelli, Antonio Fulco, Guilherme Kalleder e Larissa Macedo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Universidade de São Paulo, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), *Lincoln Institute of Land Policy* (LILP), Programa Erasmus Mundus e Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE), pelo suporte financeiro para as pesquisas que embasaram a elaboração deste trabalho.

“Construímos muros demais e pontes de menos.”

Issac Newton

RESUMO

MARINS, Karin Regina de Castro. **Avaliação sistêmica da microescala urbana como instrumento para a promoção da sustentabilidade no planejamento e desenvolvimento urbano.** 2020. 221 f. Texto sistematizado de trabalhos científicos (Livre-Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

A população urbana mundial cresce rapidamente, gerando impactos cada vez mais significativos sobre a sustentabilidade do planeta, em termos sociais, ambientais e econômicos. A literatura relacionada à engenharia urbana e ao desenvolvimento urbano sustentável aponta a importância da atuação sistêmica, multicriterial, transdisciplinar e interescolar no planejamento e gestão das aglomerações urbanas, visando o desenvolvimento de áreas urbanas mais estruturadas, eficientes, qualificadas e apropriáveis pela comunidade. O desenvolvimento instrumentalizado da microescala urbana, entendida neste trabalho como a escala de bairros urbanos, configura uma oportunidade de desenvolver novas soluções em sustentabilidade urbana, complementando ações em macroescala e também na escala das edificações. O objetivo deste trabalho é realizar uma sistematização crítica do conjunto de atividades de pesquisa realizadas pela docente, bem como as conduzidas e coordenadas com a participação de graduandos e pós-graduandos, e que culminam com métodos e resultados para avaliação da microescala urbana, como estratégia para a promoção da sustentabilidade no planejamento e desenvolvimento urbanos. O texto inicia-se com um capítulo introdutório, seguido pela colocação detalhada do problema e pela abordagem de três pesquisas principais, voltadas aos seguintes subtemas: planejamento energético urbano, em recorte urbano, selecionado no município de São Paulo; comparação multicriterial de práticas para a sustentabilidade em bairros no Brasil e exterior e avaliação em microescala urbana para sustentabilidade de bairros, em áreas de desenvolvimento urbano orientado ao transporte, aplicada em duas áreas urbanas no município de São Paulo. Na sequência, são feitas algumas considerações sobre as experiências didáticas na graduação e na pós-graduação em engenharia civil, e sobre a realização de evento nacional, como desdobramentos das atividades de pesquisa realizadas pela proponente. Do conjunto de resultados analisados, melhorias de desempenho e eficiência em cenários de integração e ajustes intersetoriais e interdisciplinares foram constatadas, que, em última instância, significam ganhos em termos econômicos. Ainda, são claros os relevantes benefícios sociais, ambientais e para a saúde, com as possibilidades de redução de emissão de poluentes, gases de efeito estufa, congestionamentos viários, além da qualificação dos espaços urbanos. As pesquisas de diagnóstico e a avaliação dos bairros destacaram, também, o papel central da morfologia urbana e da perspectiva do pedestre em soluções para a sustentabilidade urbana na microescala, tanto pelos aspectos energéticos e ambientais envolvidos, quanto pelos aspectos sociais e de qualificação de diversos indicadores evidenciados nos vários estudos realizados. Ressalta-se, por fim, a necessidade de se promover investigações e práticas metodológicas em governança urbana, para participação efetiva de atores e estruturação de sistemas organizacionais e de informações mais dinâmicos e efetivos, que suportem o exercício coordenado do planejamento e da gestão urbana.

Palavras-chave: bairros; desenvolvimento urbano sustentável; políticas urbanas; engenharia urbana; morfologia urbana; monitoramento.

ABSTRACT

MARINS, Karin Regina de Castro. **Systemic evaluation of the urban microscale as an instrument for promoting sustainability in urban planning and development.** 2020. 221 f. Texto sistematizado de trabalhos científicos (Livre-Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

The world's urban population grows rapidly, generating impacts increasingly on the planet's sustainability, in social, environmental and economic terms. The literature specialized in urban engineering and sustainable urban development determines the importance of systemic, multicriterial, transdisciplinary and inter-scaling actions in the planning and management of urban agglomerations, helping to develop more structured, efficient, qualified and appropriable urban areas by the community. The instrumentalized development of the urban micro scale, presented in this work as the scale of urban neighborhoods, represents an opportunity to develop new solutions in urban sustainability, complementing actions in the macro scale and also in the building scale. The objective of this work is to carry out a critical systematization of a set of research activities carried out by the proponent, as well as those conducted and coordinated with the participation of undergraduate and graduate students, which culminate in methods and results for the evaluation of the urban microscale, as a strategy for promoting sustainability in urban planning and development. The text begins with an introductory chapter, followed by a detailed statement of the problem and an approach to three main researches, focused on the following sub-themes: urban energy planning in selected urban areas in the city of São Paulo; comparison of multicriterial practices for sustainability in neighborhoods abroad and in Brazil, and urban micro scale evaluation of sustainability in neighborhoods, in transit-oriented development areas, by assessing two urban areas in the city of São Paulo. In the sequence, some considerations are made about the didactic experiences in the undergraduate and graduate courses in civil engineering, and the realization of a national event, as a result of the research activities carried out by the applicant. By analyzing the set of research results, performance and efficiency improvements were verified in integrated, intersectoral and interdisciplinary adjusted scenarios, which, in the last instance, mean gains in economic terms. Still, the social, environmental and health benefits are clear, with possibilities to reduce the emission of pollutants, greenhouse gases, road congestion, in addition to the qualification of urban spaces. Diagnostic research and the evaluation of the neighborhoods also highlighted the central role of urban morphology and the perspective of pedestrians in solutions for urban sustainability at the micro scale, both for the energetic and environmental aspects involved, as well as for the social aspects and several indicators evidenced in the various studies carried out. Finally, the need to promote investigations and methodological practices in urban governance was proven, for the effective participation of actors and the structuring of more dynamic and effective organizational and information systems, which support the coordinated exercise of urban planning and management.

Key words: neighborhoods; sustainable urban development; urban policies; urban engineering; urban morphology; monitoring.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma geral da metodologia proposta para planejamento energético urbano	40
Figura 2 - Fluxograma detalhado do Módulo 1 – Gerenciamento da Demanda de Energia.....	42
Figura 3 - Fluxograma detalhado do Módulo 2 – Gerenciamento da Oferta de Energia	43
Figura 4 - Localização da operação urbana Água Branca no município de São Paulo e vista aérea em 2009	45
Figura 5 - Exemplos de diferentes configurações de Quadra quanto à densidade (Layout 01, 02 e 03, nas colunas 1, 2 e 3, respectivamente) e quanto à geometria (Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3(nas linhas 1, 2 e 3, respectivamente), utilizadas na aplicação da metodologia para planejamento energético urbano	48
Figura 6 - Principais indicadores relacionados ao consumo e geração de energia no caso da operação Água Branca, para situações urbanas alternativas, escalas de suprimento energético e cenários tecnológicos de transporte selecionados	53
Figura 7 - Principais indicadores relacionados à emissão de poluentes e GEE no caso da operação Água Branca, para situações urbanas alternativas, escalas de suprimento energético e cenários tecnológicos de transporte selecionados	55
Figura 8 - Índice geral de eficiência energética resultante da aplicação da proposta metodológica para planejamento energético urbano no caso da operação Água Branca	56
Figura 9 - Imagens do bairro Cidade Pedra Branca, em Palhoça, Região Metropolitana de Florianópolis	63
Figura 10 - Imagens do bairro de Kronsberg, em Hannover, Alemanha.....	63
Figura 11 - Imagens do bairro de Vauban, em Freiburg, Alemanha	64
Figura 12 - Imagens do bairro de Hammarby Sjöstad, em Estocolmo, Suécia	64
Figura 13 - Período de planejamento e implantação de Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca	65
Figura 14 - Densidades populacional e de empregos em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca	67
Figura 15 - Ocupação do solo em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca..	68
Figura 16 - Áreas livres e áreas públicas em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca.....	68
Figura 17 - Indicadores de consumo e geração de energia em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca.....	72
Figura 18 - Participação da geração local de energia e da geração de energia renovável em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca	74
Figura 19 - Incremento sobre custos de projetos tradicionais em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca.....	77
Figura 20 - Investimentos por área construída em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca.....	78
Figura 21 - Desafios para aprimoramento de Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca relativamente à sustentabilidade urbana.....	79

Figura 22 - Mapa geral do zoneamento do município de São Paulo	87
Figura 23 - Localização da área urbana avaliada na região de Higienópolis e Santa Cecília, no município de São Paulo e vista aérea em 2016	89
Figura 24 - Foto aérea da região de Higienópolis e Santa Cecília, no município de São Paulo	89
Figura 25 - Localização da área urbana avaliada no entorno da Estação Belém do Metrô, no município de São Paulo	90
Figura 26 - Vista aérea da área urbana avaliada no entorno da Estação Belém do Metrô, no município de São Paulo	90
Figura 27 - Zoneamento em "colmeia" da microescala urbana do estudo de caso em Santa Cecília/ Higienópolis	92
Figura 28 - Recorte urbano para avaliação de interações entre morfologia e microclima urbanos, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo.....	95
Figura 29 - Vistas do bairro do Belenzinho, em São Paulo, com contrastes morfológicos entre tecidos urbanos horizontalizados e verticalizados.....	95
Figura 30 - Recorte urbano no bairro do Belenzinho, com localização dos pontos de medição climática em transecto no sistema viário (à esquerda), exemplo de posicionamento de estação de medição (à direita e acima) e contrastes morfológicos dos tecidos urbanos alto e baixo (à direita e abaixo),	97
Figura 31 - Esboço da microescala, escala local e mesoescala morfoclimáticas (a), mesoescala em São Paulo e distribuição de LCZs (b), áreas percentuais de LCZs dentro da circunferência de 10 km em torno do recorte urbano do estudo de caso do Belenzinho(c).....	98
Figura 32 - Recorte urbano analisado no estudo de caso do Belenzinho, com o posicionamento das estações de medição (a); fator de visão do céu nas estações de medição 1, 2 e 3(b); distribuição de LCZs na microescala (c), Estação 1 e 4 em um teste comparativo (d).....	99
Figura 33 - Posicionamentos para medição microclimática em transecto nos tecidos urbanos alto (a) e baixo (b), no estudo de caso do Belenzinho	100
Figura 34 - Posicionamentos da câmera termográfica para medição de temperaturas superficiais nos tecidos urbanos alto (a) e baixo (b), no estudo de caso do Belenzinho	100
Figura 35 - Mapeamento de árvores e posicionamento das estações de medição de variáveis microclimáticas, no estudo de caso do Belenzinho.....	101
Figura 36 - Avaliação morfológica e climática do recorte urbano no bairro do Belenzinho - Rotação do modelo (a); Identificação do domínio de modelagem e definição dos tecidos baixos e altos (b); implantação da área de estudo, no modelo Envi-met (c); definições em vista, no modelo Envi-met (d)	102
Figura 37 - Recorte urbano para avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo	103
Figura 38 - Zoneamento no recorte urbano para avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo.....	104
Figura 39 - Avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho - Lotes transformados no Cenário 2.....	106

Figura 40 - Avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho - Lotes transformados no Cenário 3.....	107
Figura 41 - Recorte urbano para avaliação preliminar de interações entre morfologia e mobilidade urbanas, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo.....	109
Figura 42 - Recorte urbano para avaliação de interações entre morfologia e mobilidade urbanas quanto à estrutura viária e mobilidade de pedestres, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo	110
Figura 43 - Recorte urbano para avaliação entre interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo	112
Figura 44 - Recorte urbano para avaliação de interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar, com a identificação dos empreendimentos verticalizados analisados, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo	112
Figura 45 - Recorte territorial do distrito do Belém, e sua localização na subprefeitura da Mooca, no município de São Paulo, utilizado como objeto de avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano.....	114
Figura 46 - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano no distrito do Belém. Etapa de mobilização: banner, cartazes e entrega de convites porta-a-porta	117
Figura 47 - Estudo de caso em recorte urbano localizado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis - Quantidade de empregos e movimentos de carga dos estabelecimentos alimentícios por zona (a); densidade de movimentos de carga urbana por zona (b)....	124
Figura 48 - Estudo de caso em recorte urbano localizado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis – Hora-pico da movimentação de carga nos estabelecimentos alimentícios, por tipo de veículo comercial e total	125
Figura 49 - Estudo de caso em recorte urbano localizado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis - Verificações em campo de resultados selecionados da modelagem no Freturb	127
Figura 50 - Modelo ilustrativo das interações dos aspectos de uso e ocupação do solo, logística e tráfego no espaço urbano.....	128
Figura 51 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa dos lotes com uso residencial	131
Figura 52 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa dos lotes com uso comercial	131
Figura 53 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa dos lotes com usos coletivos e especiais.....	132
Figura 54 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa dos lotes com usos industriais e armazéns.....	133
Figura 55 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa dos lotes vazios e usados como estacionamento.....	133
Figura 56 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa da faixa de servidão da infraestrutura de transporte sobre trilhos.....	134

Figura 57 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Distribuição das áreas dos lotes de acordo com o uso do solo	134
Figura 58 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Distribuição dos percentuais de uso do lotes	135
Figura 59 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Lotes segundo o potencial de desenvolvimento	136
Figura 60 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados de morfologia urbana - Variação em altura do espaço construído.....	137
Figura 61 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados de morfologia urbana- número de edifícios(a), altura das edificações(b); área ocupada(c) e área construída(d).....	137
Figura 62 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados de morfologia e microclima urbano - mapa com os períodos de construção das edificações.....	138
Figura 63 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados de morfologia urbana - mapa com os materiais predominantes em fechamentos verticais	139
Figura 64 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados de morfologia urbana - mapa com os materiais predominantes em fechamentos horizontais	139
Figura 65 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados da avaliação em transecto em espaço aberto público - Temperaturas do ar, amplitudes térmicas máxima e mínima e três zonas climáticas (gráfico superior); Unidade relativa do ar (gráfico inferior).....	140
Figura 66 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados da avaliação em transecto em espaço aberto público - Iluminância e temperatura superficial de manhã e à tarde	142
Figura 67 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados da modelagem do acesso solar e horas de insolação.....	143
Figura 68 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Função densidade de probabilidade dos valores de temperatura do ar (a), análise temporal diária da temperatura do ar com taxa de 1h (b) para estações meteorológicas na análise de mesoescala.	144
Figura 69 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Função densidade de probabilidade dos valores de temperatura do ar e superficial (a), análise temporal diária da temperatura do ar e superficial com taxa de 1h (b) para estações meteorológicas na escala do bairro.	145
Figura 70 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Diagrama de plotagem de dispersão correlacionando a temperatura do ar entre exposições opostas (N-S, E-O) em zonas altas e baixas.....	146
Figura 71 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Medições termográficas nas fachadas leste e oeste das torres verticalizadas, em argamassa clara e pisos circundantes em cimento.....	147
Figura 72 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Temperatura do ar (Ta) e temperatura de globo cinza (Tg) nos pontos climáticos;	

medições realizadas sob a copa das árvores, em linhas verdes; medições realizadas em pontos expostos ao sol, em linhas cor laranja.....	148
Figura 73 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Modelagem da temperatura superficial às 8h e 15h	149
Figura 74 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Modelagem da temperatura média radiante às 8h e 15h	149
Figura 75 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Uso do solo do recorte urbano para fins de seleção de cenários de transformação urbana	152
Figura 76 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Lotes selecionados para o cenário 2 com potencial de transformação do uso e ocupação do solo em curto prazo.....	153
Figura 77 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Lotes selecionados para o cenário 3 com potencial de transformação do uso e ocupação do solo em médio prazo.....	153
Figura 78 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Mapa ilustrativo da simulação da incidência da radiação solar no topo das edificações da área de estudo no Cenário 1, com a morfologia urbana existente em 2017.....	154
Figura 79 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Gráfico comparativo de C.A. e T.O. das melhores configurações morfológicas para ganhos de radiação solar incidente por m ² e por radiação solar incidente total, nos dezoito lotes analisados por meio de simulações da variação isolada dos parâmetros urbanísticos.....	155
Figura 80 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Gráfico comparativo de C.A. e T.O. das configurações morfológicas otimizadas para ganhos de radiação solar incidente na cobertura, nos dezoito lotes analisados, por meio de simulações simultâneas com o <i>Galapagos</i>	156
Figura 81 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Comparativo tridimensional entre a morfologia urbana de 2017 e o cenário evolutivo <i>Galapagos</i>	157
Figura 82 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Exemplo comparativo dos resultados da incidência de radiação solar nos lotes 2 e 3 e na vizinhança imediata, na morfologia urbana de 2017 e no cenário evolutivo <i>Galapagos</i>	157
Figura 83 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 1, para várias configurações morfológicas	158
Figura 84 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2	

– Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 2, para várias configurações morfológicas	158
Figura 85 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2	
– Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 3, para várias configurações morfológicas	159
Figura 86 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2	
– Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 16, para várias configurações morfológicas	159
Figura 87 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2	
– Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 18, para várias configurações morfológicas	159
Figura 88 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3	
– Gráfico comparativo de C.A. e T.O. das melhores configurações morfológicas para ganhos de radiação solar incidente por m ² e por radiação solar incidente total, nos onze lotes analisados por meio de simulações da variação isolada dos parâmetros urbanísticos	160
Figura 89 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3	
– Gráfico comparativo de C.A. e T.O. das configurações morfológicas otimizadas para ganhos de radiação solar incidente na cobertura, nos onze lotes analisados, por meio de simulações simultâneas com o <i>Galapagos</i>	161
Figura 90 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3	
– Comparativo tridimensional entre a morfologia urbana de 2017 e o cenário evolutivo <i>Galapagos</i>	162
Figura 91 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3	
– Comparação dos resultados da incidência de radiação solar nos lotes 1 a 11 e na vizinhança imediata, na morfologia urbana de 2017 e no cenário evolutivo <i>Galapagos</i>	162
Figura 92 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3	
– Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 1, para várias configurações morfológicas	163
Figura 93 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3	
– Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica nos Lote 2, 5 e 6, para várias configurações morfológicas	163
Figura 94 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3	
– Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica nos Lote 7 e 8, para várias configurações morfológicas	164

Figura 95 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Mapa com indicação dos pontos de contagem de veículos e pedestres	165
Figura 96 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Mapa da largura das calçadas, na área de influência da Estação Belém do Metrô	167
Figura 97 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Pontos de contagem e observação do comportamento de pedestres frente às condições morfológicas lindeiras e imagens da R. Monteiro Caminhoá (3A) e R. Padre Adelino (4)	168
Figura 98 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Exemplos de obstruções e condições de pavimentação dos passeios públicos	169
Figura 99 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Hierarquia das características físicas do ambiente construído, em relação à sua importância para a caminhada, conforme levantamento realizado com pedestres nas proximidades da estação Belém do metrô	171
Figura 100 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Imagens do acompanhamento da coleta de resíduos sólidos de origem domiciliar (Pontos A a F)	173
Figura 101 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Imagens do acompanhamento operacional da coleta de resíduos sólidos de origem domiciliar (Pontos G a L)	174
Figura 102 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Esquemas ilustrativos de abrigo para acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares em ambiente único (esquerda) e compartilhado (direita), em edificações multifamiliares	175
Figura 103 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Esquema ilustrativo de compatibilização do sistema viário com o acesso ao abrigo para acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares, em edificações multifamiliares	176
Figura 104 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Esquema ilustrativo de compatibilização do sistema viário junto a contêineres instalados em passeio público (2 contêineres)	177
Figura 105 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Área útil do abrigo para acondicionamento de resíduos, conforme número de moradores	178
Figura 106 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos	

de origem domiciliar. Identificação das edificações multifamiliares analisadas e dos respectivos abrigos de resíduos	179
Figura 107 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Proposta 1 para realocação dos abrigos de acondicionamento de resíduos.....	180
Figura 108 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Proposta 2 para realocação dos abrigos de acondicionamento de resíduos.....	181
Figura 109 - Estudo do distrito do Belém - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano. Recepção aos participantes das dinâmicas presenciais	183
Figura 110 - Estudo do distrito do Belém - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano. Realização da etapa inclusiva-propositiva.	183
Figura 111 - Estudo do distrito do Belém - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano. Realização da etapa de valoração-avaliação	184
Figura 112 - Estudo do distrito do Belém - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano. Resultados do Índice Estratégico Geral de Problemas	185
Figura 113 - Estudo do distrito do Belém - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano. Resultados do Índice Estratégico Geral de Alternativas.....	186
Figura 114 - Exemplo de projeto urbano elaborado para a disciplina de Desenvolvimento de Projetos Urbanos, em 2018.....	194
Figura 115 - Exemplos de projeto urbano elaborado para a disciplina de Desenvolvimento de Projetos Urbanos, em 2019.....	195
Figura 116 - Exemplos de projeto urbano elaborado para a disciplina de Desenvolvimento de Projetos Urbanos, em 2020.....	196
Figura 117 - Programação geral do II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana - SINGEURB 2019	199
Figura 118 - Imagens do II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana - SINGEURB 2019	200
Figura 119 - Repositório online dos anais do II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana - SINGEURB 2019	202

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados selecionados da aplicação da metodologia para planejamento energético urbano no caso da operação urbana Água Branca quanto à morfologia urbana e população	47
Tabela 2 - Resultados selecionados da aplicação da metodologia para planejamento energético urbano no caso da operação urbana Água Branca quanto à eficiência energética em edificações comerciais.....	49
Tabela 3 - Resultados selecionados da aplicação da metodologia para planejamento energético urbano no caso da operação urbana Água Branca quanto à mobilidade urbana e consumo de energia em transportes urbanos	50
Tabela 4 - Resultados selecionados da aplicação da metodologia para planejamento energético urbano no caso da operação urbana Água Branca quanto à capacidade instalada de geração de energia	52
Tabela 5 - Resultados selecionados da aplicação da metodologia para planejamento energético urbano no caso da operação urbana Água Branca quanto a emissões de poluentes relacionados à geração de energia e sistemas de transporte urbano para situações urbanas e cenários tecnológicos de transporte selecionados.....	54
Tabela 6 - Parâmetros e indicadores de uso e ocupação do solo em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca.....	68
Tabela 7 - Parâmetros e indicadores de mobilidade e acessibilidade urbanas em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca	70
Tabela 8 - Avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho - Características dos lotes transformados no Cenário 2.....	106
Tabela 9 - Avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho - Características dos lotes transformados no Cenário 3.....	107
Tabela 10 - Avaliação de interações entre morfologia e urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar, no bairro do Belenzinho - Denominação e localização dos empreendimentos analisados.....	113
Tabela 11 - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano no distrito do Belém. Programação do encontro com cidadãos interessados para aplicação da etapa inclusiva-propositiva	119
Tabela 12 - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano no distrito do Belém. Programação do encontro com cidadãos interessados para aplicação da etapa valoração-avaliação	120
Tabela 13 - Estudo de caso em recorte urbano localizado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis - Resultados gerais de morfologia e mobilidade de carga urbana	123
Tabela 14 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho- Número de unidades habitacionais e vagas de estacionamento, por uso do solo.....	130
Tabela 15 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Cenários microclimáticos derivados de verticalização e adensamento construído	150
Tabela 16 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho Recomendações para um projeto urbano sensível ao clima	151

Tabela 17 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Níveis de serviço do sistema viário selecionado, para veículos e pedestres	165
Tabela 18 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Repartição dos espaços abertos públicos, em função do modo de transporte	166
Tabela 19 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Contagem de pedestres em pontos de observação selecionados.....	169
Tabela 20 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Número de habitantes das doze edificações multifamiliares analisadas.....	179
Tabela 21 - Estudo do distrito do Belém - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano. Grupos de Trabalho das dinâmicas presenciais.	182

LISTA DE SIGLAS

AMLURB	Autoridade Municipal de Limpeza Urbana de São Paulo
ANTAC	Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
C. A.	Coeficiente de aproveitamento
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CHP	<i>Combined heat and power</i>
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
COV	Compostos orgânicos voláteis
EMURB	Empresa Municipal de Urbanização do município de São Paulo
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FDTE	Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia
FVC	Fator de visão do céu
GEE	Gases de efeito estufa
GT URBANO	Grupo de Trabalho em Engenharia Urbana e Política Habitacional
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LAD	Leaf area density - densidade de área foliar
LAI	Leaf area index - índice de área foliar
LCZ	Local Climate Zones
LPUOS	Lei de parcelamento, uso e ocupação do solo do município de São Paulo
MP	Material particulado
NO _x	Óxidos de nitrogênio
ODS	Objetivos do desenvolvimento sustentável
PCC3523	Politécnica Construção Civil 3523 - Desenvolvimento de Projetos Urbanos
PCC6001	Politécnica Construção Civil 6001- Sustentabilidade no Planejamento e Desenvolvimento Urbano
PDE	Plano diretor estratégico do município de São Paulo

PIBIC	Programa de Iniciação Científica e de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação
PIU	Projeto de Intervenção Urbana
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
PUB	Programa Unificado de Bolsas da Universidade de São Paulo
SIN	Sistema interligado nacional
SINGEURB	Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana
SO ₂	Dióxido de enxofre
T. O.	Taxa de ocupação
tep	Toneladas equivalentes de petróleo
VLT	Veículo leve sobre trilho
VUC	Veículo urbano de carga
WUDAPT	World Urban Database and Access Portal Tools
ZEIS	Zona especial de interesse social
ZEU	Zona eixo de estruturação urbana
ZEUP	Zona eixo de estruturação urbana previsto
ZMRC	Zona Máxima de Restrição de Circulação

SUMÁRIO

1. Introdução	23
2. Colocação do problema	25
3. Avaliação da microescala urbana como estratégia para a promoção da sustentabilidade no planejamento e desenvolvimento urbano.....	33
3.1. Planejamento energético urbano como estratégia para a sustentabilidade de áreas urbanas.....	33
3.1.1. Materiais e métodos	38
3.1.2. Resultados	40
3.1.2.1. Aplicação metodológica no caso da Operação Urbana Água Branca, no município de São Paulo	45
3.1.3. Contribuições do planejamento energético na microescala urbana para a sustentabilidade de cidades.....	57
3.2. Diagnóstico comparativo multicriterial de práticas para a sustentabilidade em bairros - Estudos de caso no Brasil e exterior	59
3.2.1. Materiais e métodos	60
3.2.2. Resultados	62
3.2.2.1. Governança para implantação dos bairros	64
3.2.2.2. Morfologia urbana	66
3.2.2.3. Mobilidade e acessibilidade urbanas.....	69
3.2.2.4. Uso de energia e fornecimento energético	71
3.2.2.5. Saneamento ambiental	75
3.2.2.6. Custos de urbanização sustentável.....	77
3.2.3. Análise integrada do conjunto de estratégias para sustentabilidade em bairros urbanos.....	78
3.3. Avaliação em microescala urbana para sustentabilidade de bairros, em áreas de desenvolvimento urbano orientado ao transporte, no município de São Paulo.....	82
3.3.1. Materiais e métodos	88
3.3.1.1. Materiais e métodos para avaliação do estudo de caso localizado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis, no município de São Paulo.....	91
3.3.1.2. Materiais e métodos para avaliação do estudo de caso no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo	93
3.3.1.2.1. <i>Materiais e métodos para caracterização morfológica e demográfica.....</i>	<i>93</i>
3.3.1.2.2. <i>Materiais e métodos para avaliação intersetorial e interescolar entre morfologia e microclima urbanos</i>	<i>94</i>
3.3.1.2.3. <i>Materiais e métodos para avaliação intersetorial entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica.....</i>	<i>103</i>
3.3.1.2.4. <i>Materiais e métodos para avaliação intersetorial entre morfologia e mobilidade urbanas</i>	<i>108</i>

3.3.1.2.5. <i>Materiais e métodos para avaliação intersetorial entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar</i>	111
3.3.1.2.6. <i>Materiais e métodos para avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano</i>	114
3.3.2. Resultados	122
3.3.2.1. Resultados da avaliação do bairro de Santa Cecília/ Higienópolis, no município de São Paulo	122
3.3.2.1.1. <i>Resultados de morfologia e mobilidade urbanas</i>	123
3.3.2.2. Resultados da avaliação do bairro do Belenzinho, no município de São Paulo.....	128
3.3.2.2.1. <i>Resultados da caracterização demográfica e morfológica</i>	129
3.3.2.2.2. <i>Resultados de morfologia e microclima urbano</i>	136
3.3.2.2.3. <i>Resultados de morfologia urbana e energia solar fotovoltaica</i>	151
3.3.2.2.4. <i>Resultados de morfologia e mobilidade urbanas</i>	164
3.3.2.2.5. <i>Resultados de morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar</i>	171
3.3.2.2.6. <i>Resultados da avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano</i>	181
3.3.3. Considerações sobre o conjunto de pesquisas para a avaliação em microescala para a sustentabilidade de bairros, com base nos casos do Belenzinho e Santa Cecília/ Higienópolis, em São Paulo	187
4. Aplicações da experiência de pesquisa em atividades didáticas e de extensão....	191
4.1. Aplicações da experiência de pesquisa em disciplinas de pós-graduação e graduação.....	191
4.2. Aplicações da experiência de pesquisa na coordenação do II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana, realizado em 2019.....	196
5. Conclusões, considerações finais e próximos trabalhos.....	203
6. Referências bibliográficas	206

1. Introdução

Este trabalho constitui um texto sistematizado de trabalhos científicos com vistas à avaliação em concurso de títulos e provas para obtenção do título de Livre Docente junto ao Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, na especialidade de Planejamento e Engenharia Urbanos (Edital EP/Concursos 036-2020).

O texto é ancorado no tema do desenvolvimento urbano sustentável, com foco no potencial de atuação sistêmica na microescala¹ urbana. Trata-se de um escopo transdisciplinar/ interdisciplinar² e inter-escalar³, uma vez que é voltado à análise simultânea e integrada de fatores interdependentes e selecionados do desenvolvimento de distritos, bairros e unidades de vizinhança, e que busca demonstrar as contribuições advindas dessa abordagem. Entende-se que as atuações setoriais, em macroescala urbana e também em escala predial, são fundamentais. Entretanto, considera-se que a abordagem intersetorial e na escala urbana intermediária traz novos insumos para desenvolvimento tanto da macroescala quanto dos empreendimentos individualizados, enquanto contribui para efetivar estratégias para sustentabilidade e resiliência das áreas urbanas. Como será percorrido ao longo do presente texto, essa abordagem prescinde da investigação e do estabelecimento de procedimentos e instrumentação adequados ao planejamento, projeto e gestão urbanos, segundo o enfoque sistêmico pretendido.

O objetivo deste trabalho é realizar uma sistematização crítica do conjunto de atividades de pesquisa realizadas pela docente, bem como as conduzidas e coordenadas com a participação de graduandos e pós-graduandos, e que culminam com métodos e resultados para avaliação da microescala urbana, como estratégia para a promoção da sustentabilidade no planejamento e desenvolvimento urbanos.

O texto é estruturado em cinco capítulos principais:

¹ Microescala urbana é definida como a escala de projetos urbanos, desde o distrito até a unidade de vizinhança. Portanto, é a escala intermediária entre o município (macroescala) e o edifício (escala predial/ local).

² Por interdisciplinar se entende o trato integrado de aspectos selecionados em várias disciplinas, com o intuito de expandir a capacidade de análise e atuação. Por transdisciplinar, entende-se a produção originada da integração de disciplinas e que passa a constituir, inclusive, novas áreas do conhecimento. Ambas auxiliam no desenvolvimento de soluções sinérgicas e que podem proporcionar novas formas de resolver problemas.

³ Por interescalar assume-se a escala intermediária, entre a escala do município (macroescala) e a do edifício (escala predial/ local). A abordagem interescalar urbana se refere à microescala urbana.

- Capítulo 1, dedicado à introdução e apresentação da estrutura do trabalho;
- Capítulo 2, abrange a colocação do problema e apresenta o embasamento teórico geral, os principais conceitos e condicionantes que justificam a abordagem empreendida, assim como os objetivos do trabalho;
- Capítulo 3, refere-se ao corpo principal do trabalho e é composto pelos itens 3.1, 3.2 e 3.3, que se referem aos principais trabalhos de pesquisa desenvolvidos, pois, ao se sucederem, propiciaram os meios e os resultados para a construção da avaliação sistêmica na microescala urbana. Os itens são dedicados aos subtemas: do planejamento energético urbano como estratégia para a sustentabilidade de áreas urbanas (3.1); do diagnóstico comparativo multicriterial de práticas para a sustentabilidade em bairros, com base em estudos de caso selecionados no Brasil e no exterior (3.2); e da avaliação em microescala urbana para sustentabilidade de bairros, em áreas de desenvolvimento urbano orientado ao transporte, no município de São Paulo (3.3). Em cada um dos itens, é realizada uma sistematização do embasamento teórico, apresentação dos materiais e métodos e dos resultados, referentes a cada subtema. O item 3.3, que constitui o conjunto de pesquisas mais robusto e recente, é finalizado com um subitem dedicado à consolidação e à avaliação transversal do conjunto de pesquisas tratadas no mesmo;
- Capítulo 4, apresenta as aplicações da experiência de pesquisa em atividades didáticas e de extensão. Este capítulo destaca a proposição e o oferecimento de duas disciplinas, uma em nível de graduação e outra de pós-graduação, bem como a coordenação da realização de um evento técnico-científico nacional, atividades que se relacionam ao tema de pesquisa da proponente;
- Capítulo 5, traz as conclusões do texto, considerações finais e indicação de próximos trabalhos já iniciados e possíveis temas para desenvolvimento futuro.

2. Colocação do problema

A população urbana mundial cresce rapidamente, gerando impactos cada vez mais significativos sobre a sustentabilidade do planeta. Segundo dados do *United Nations Department of Economic and Social Affairs* (2018), em 2018, 4,2 bilhões de pessoas moravam em cidades e, até 2050, esse montante deverá aumentar para quase 70% da população mundial, atingindo 6,68 bilhões de pessoas. No Brasil, cerca de 84% da população vivia em cidades em 2010 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011), abrangendo quase 161 milhões de habitantes. No município de São Paulo, havia cerca de 11,1 milhões de pessoas vivendo na área urbana em 2010 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011).

Em um contexto de urbanização crescente, desenvolvem-se as grandes cidades. De acordo com o *United Nations Department of Economic and Social Affairs* (2018), um em cada oito habitantes das cidades estão nas aglomerações urbanas denominadas megacidades, que abrigam mais de 10 milhões de habitantes. Por várias décadas, as megacidades se localizavam principalmente no hemisfério norte do planeta, mas atualmente a maior parte dessas grandes áreas urbanas está localizada e se desenvolvendo no hemisfério sul. Em 2018, vinte países continham trinta e três megacidades, sendo que seis delas se localizavam na China e cinco na Índia, enquanto Brasil, Japão, Paquistão e Estados Unidos tinham duas megacidades cada um. O restante estava presente na taxa de uma megacidade, em outros países.

Com o crescimento das cidades, e principalmente nas megacidades, as áreas urbanas tendem a se espalhar enquanto as densidades populacionais médias diminuem, o que pode ser verificado em diversas aglomerações urbanas do mundo. Estima-se que, no ritmo atual de decrescimento das densidades populacionais nos países em desenvolvimento, em 30 anos, para a população urbana dobrar, será necessária três vezes a área ocupada atual (ANGEL; PARENT; CIVCO, 2010). Dessa forma, enfrentar e reverter o espraiamento urbano se configura uma medida fundamental para o desenvolvimento sustentável⁴ e a resiliência⁵ das cidades no presente e também no futuro.

⁴ Classicamente, desenvolvimento sustentável é aquele que permite satisfazer as necessidades atuais sem comprometer a capacidade de satisfazer as necessidades das gerações futuras (BRUNDTLAND, 1987).

A relevância desse cenário de urbanização é atestada levando-se em consideração que, em termos mundiais, 80% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial é gerado por cidades (UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME, 2016) e 71% a 76% do Dióxido de Carbono (CO₂) é emitido nas cidades (IPCC - WORKING GROUP III, 2014). No Brasil, cerca de um terço das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) estão relacionadas ao uso da energia (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018). No Município de São Paulo, 81,9% das emissões de GEE se relaciona com o consumo de energia, sendo que aproximadamente 56% são relativas ao uso de combustíveis em transportes, excetuando-se aqueles relacionados à aviação (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2013).

Girardet (1992) e Rogers (2001) abordaram o conceito de metabolismo urbano e como as áreas urbanas podem ser tratadas como sistemas ecológicos quando do seu planejamento e do uso de recursos. O conceito de “sistema” enfatiza a ideia de um conjunto de componentes que são interconectados para alcançar um objetivo definido e que necessitam de constante avaliação. Tradicionalmente, a maioria das cidades tem se constituído como sistemas abertos, ou seja, a elas chega um conjunto de insumos, tais como água, energia, materiais e pessoas. Os insumos são utilizados para as atividades econômicas e sociais na produção e consumo de bens e serviços, e resultam em subprodutos, que, em última instância, são reenviados para fora do meio ambiente urbano. Segundo Rogers (2001, p.30):

os recursos consumidos por uma cidade podem ser medidos em termos de seus ‘rastros ecológicos’, - uma área espalhada por todo o mundo e muito maior do que suas fronteiras físicas, da qual a cidade depende. Estes rastros estão nas áreas que proporcionam os recursos da cidade e fornecem locais para o destino final do lixo e da poluição. As pegadas ecológicas das cidades existentes já cobrem virtualmente todo o globo.

Com o avanço da urbanização, esse processo ocasiona problemas ambientais e de saúde, redução da produtividade e ameaça a disponibilidade de recursos, principalmente de água e energia. O sistema urbano apresenta-se, portanto, desbalanceado e pouco eficiente. Os insumos primários necessitam ser, portanto, racionalizados e baseados em fonte renovável sempre que possível, buscando-se o

⁵Resiliência: capacidade do sistema em responder a mudança ou perturbação sem alterar seu estado básico (WALKER e SALT, 2006, tradução nossa).

máximo aproveitamento de recursos disponíveis na área, bem como a otimização de processos.

Assim sendo, percebe-se que, se por um lado as cidades têm um papel econômico fundamental, por outro os impactos do consumo de recursos no meio ambiente local e global são também enormes. Os efeitos sociais, ambientais e econômicos da urbanização condicionam, portanto, a sustentabilidade das comunidades urbanas e também do planeta como um todo.

Frente aos desafios impostos às aglomerações urbanas e compreendendo a responsabilidade que as mesmas têm na promoção da sustentabilidade, diversos avanços cognitivos e metodológicos têm sido buscados, no intuito de se atingir melhores condições de vida e também tornar os processos locais e globais mais eficientes e resilientes, assim como menos impactantes do ponto de vista social, ambiental, econômico e cultural.

Segundo Wheeler (2013), "desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a saúde humana e os sistemas ecológicos, em longo prazo". Para o autor, o planejamento para a sustentabilidade prescinde de visão holística, aceitação de limites, foco no lugar e envolvimento ativo na resolução de problemas, em uma perspectiva de longo prazo. A sustentabilidade constitui um objetivo, um processo e uma disciplina de interesse global e aplicação local, vinculando-se aos conceitos de equidade, complexidade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade (STOCK; BURTON, 2011; COOK; SWYNGEDOUW, 2012; AFFOLDERBACH; SCHULZ, 2016; HECK *et al.*, 2018; SOTTO *et al.*, 2019). Ainda, ensino e pesquisa voltados ao tema da sustentabilidade devem enfocar "relações de sinergia e transversalidade e a abordagem sistêmica de problemas e soluções, inclusive questões de equidade" (SOTTO *et al.*, 2019).

A promoção da resiliência urbana, por sua vez, depende de entender e manipular os sistemas naturais e culturais em uma condição variável, incerta e passível de mudanças inesperadas (AHERN, 2011). Para o autor, existem cinco estratégias relevantes, abrangendo multifuncionalidade, redes e conectividade em várias escalas, diversidade e adaptabilidade no planejamento e projeto, redundância e modularização, e concluindo que desenvolver a capacidade de resiliência depende de uma abordagem sistêmica e é um pré-requisito para se alcançar a sustentabilidade. Segundo Sotto *et al.*

(2019), o "planejamento pautado pela resiliência e orientado pela visão sistêmica e complexa da cidade é fundamental para a diminuição das vulnerabilidades".

Em 2015, a Organização das Nações Unidas publicou a Agenda 2030, na qual foram estabelecidos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), a serem buscados pelas nações signatárias em prol do desenvolvimento sustentável, dentre elas o Brasil (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015). Devido à concentração majoritária da humanidade em áreas urbanas de diversos portes e configurações, é possível afirmar que todos os objetivos da referida Agenda guardam relação com o ambiente das cidades, cujo planejamento e gestão passam a ser fatores de influência sobre estes objetivos. O objetivo número 11 é dedicado a “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” e destaca aspectos e condições relacionadas à habitação, transporte, espaços públicos, participação social, qualidade ambiental, serviços de saneamento, compromisso com o combate às mudanças climáticas, reforçando a relevância do estabelecimento de abordagens transdisciplinares de planejamento e avaliação urbana. Segundo Young⁶ (2018) apud Sotto *et al.* (2019), os 17 ODS constituem iniciativas “interdisciplinares, interdependentes e sistêmicas”, ressaltando que não basta a implementação do ODS 11, relativo às cidades, se ele não estiver integrado aos demais.

De acordo com Deakin *et al.*⁷ (2002 apud DANIELL *et al.*, 2005), o planejamento e a gestão de áreas urbanas de acordo com critérios de sustentabilidade prescindem de uma visão clara do sistema urbano e das interações de seus subsistemas. Para Walton *et al.* (2007), a abordagem integrada em planejamento urbano requer, primeiramente, a avaliação e o desenvolvimento de interconexões, mais do que adicionar “elementos verdes” ao ambiente construído. Segundo Batty (2008), as cidades, enquanto sistemas, passaram a ser consideradas conjuntos de elementos ou componentes ligados por conjuntos de interações. A estrutura arquetípica foi configurada em torno do uso do solo, reconhecendo as conexões econômicas e funcionais entre os diversos usos. Marins (2016) considera as áreas urbanas como “sistemas físicos, funcionais e também energéticos, nos quais seus componentes

⁶ YOUNG, R.. Do macro ao micro. **Página**, v.22, n.108, p.17, 2018.

⁷ DEAKIN, M.; CURWELL, S.; LOMBARDI, P. Sustainable urban development: the framework and directory of assessment methods. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, Imperial College Press, v. 4, n. 2, p. 171-197, June 2002.

apresentam interdependências que condicionam seu metabolismo, desempenho e eficiência”.

Na abordagem sistêmica de áreas urbanas, as análises multicriteriais têm sido valorizadas, uma vez que permitem adotar uma ação correspondente a cada critério elencado (BERARDI, 2012). As análises multicriteriais desenvolvem-se mediante consideração de vários critérios, de forma estruturada, envolvendo aspectos qualitativos e quantitativos, em uma perspectiva construtivista (KEENEY, 1992), sendo, portanto, aplicáveis a sistemas complexos, como o ambiente urbano. Romero (2003, 2007) destaca que projetos urbanos com uma abordagem sistêmica e multicriterial devem integrar as esferas econômica, social e cultural, os interesses coletivos, otimizando investimentos e promovendo a diversidade urbana.

A literatura destaca a importância dos municípios integrarem diferentes disciplinas urbanas com variáveis culturais, políticas e econômicas para se buscar patamares mais adequados de desenvolvimento urbano. Também ressalta que metodologias que buscam uma abordagem holística, proporcionando a identificação e a correlação de elementos integráveis com múltiplos setores, contribuem para a solução de problemas de planejamento e gestão urbanos (RAVETZ, 2000; SHANE; GRAEDEL, 2000; BUTTON, 2002; WIEK; BINDER, 2005).

Nesse âmbito, a instrumentação em governança urbana torna-se uma estratégia concorrente para a sustentabilidade. A governança urbana prescinde o compartilhamento de responsabilidades econômicas e sociais, com permeabilidade entre organizações públicas e privadas (Stoker⁸, 1995, 1996 apud KEARNS; PADDISON, 2000), assim como com a sociedade civil. Para a Organização das Nações Unidas⁹ (1996) apud Sanches e Falkoski (2015, p.996), a governança urbana é um "processo onde indivíduos e instituições, públicas e privadas, administram problemas comuns, acomodando interesses conflitantes ou diferentes e promovem ações cooperativas". Kearns e Paddison (2000) destacam ainda a atuação em múltiplos níveis de governo, do regional ao bairro e comunidades, bem como que os processos decisórios são tão

⁸ STOKER, G. Public-private partnerships and urban governance . **Paper** presented to the Housing Studies Association Conference, Edinburgh, July. Glasgow: Department of Government, University of Strathclyde, 1995.

STOKER, G. Governance as theory: five propositions. **Paper** presented to Enjeux des Debats sur la Governance, Université de Lausanne, November. Glasgow: Department of Government, University of Strathclyde, 1996.

⁹ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Nossa comunidade global**. Relatório da Comissão sobre Governança Global. Rio de Janeiro: Ed. da FGV, 1996. 340p.

importantes quanto as soluções implantadas. Para Floater *et al.* (2014), o crescimento urbano com deficiência em governança tende a gerar um conjunto de custos econômicos, ambientais e sociais, e ressalta o desafio de se capturar os benefícios da produtividade nas cidades com redução da pobreza, poluição e emissões de GEE nos ambientes urbanos, para o qual a qualidade das intervenções governamentais é determinante. Ainda para os autores, a coordenação em governança é uma estratégia fundamental para a sustentabilidade urbana, destacando a atuação em múltiplos níveis, a liderança em cidades, a transparência e a prestação de contas, a integração de políticas em nível local, bem como a formação de redes de cidades para transferência de boas práticas em inovação. Biswas *et al.* (2019) ressaltam a importância da estrutura de governança, da eficácia e das relações intergovernamentais.

Para Bourdic, Salat e Nowacki (2012), a sustentabilidade urbana está profundamente relacionada à morfologia urbana¹⁰, também referida como forma urbana, pois, além de relevante do ponto de vista socioeconômico e ambiental, ainda permite realizar uma abordagem integrada e sistêmica de seus elementos. Para os autores, a hierarquização de escalas morfológicas urbanas impacta na eficiência energética e na sustentabilidade urbana. Segundo Ng (2010), a forma urbana impacta nas funcionalidades, na qualidade e no desempenho do espaço urbano, condicionando as densidades construída e populacional, assim como a demanda por infraestrutura e serviços nas cidades. O planejamento e o projeto urbano prescindem, portanto, de reconhecer e incorporar as múltiplas interações dos elementos morfológicos urbanos.

Martirnad (1986), ao definir a Engenharia Urbana e os subsistemas técnicos urbanos, já ressaltava a importância de uma atuação abrangente, complexa e multifacetada, bem como da visão sistêmica na abordagem das questões e das soluções urbanas. Os subsistemas técnicos urbanos, constituídos pela infraestrutura e pelos serviços públicos urbanos, ou seja, por componentes físicos e operacionais, são responsáveis por propiciar transporte e circulação de pessoas e mercadorias, bem como fornecimento de água e energia, transmissão de dados, além de coleta e tratamento de esgotos e resíduos. Há profunda interdependência entre a densidade demográfica e a capacidade dos sistemas, assim como entre o uso e ocupação do solo e as características das redes de infraestrutura e de seus modelos operacionais. Portanto, a morfologia

¹⁰ De acordo com Marins e Roméro (2012), a morfologia urbana é resultado da combinação de diversos elementos que formam as áreas ocupadas, livres, com vegetação ou pavimentação, com volumetrias, materiais e cores diversas.

urbana está física e funcionalmente integrada aos subsistemas técnicos urbanos. As condições nas quais se dão essas inter-relações impactam na eficiência e na qualidade de cada um desses elementos e da área urbana como um todo, em termos econômicos, sociais e ambientais.

Para Torguet (2010), os sistemas de infraestrutura urbana não são apenas um conjunto de elementos técnicos, mas estão associados a pessoas, assim como a diversas organizações e autoridades responsáveis por seu planejamento, construção, operação e uso. Segundo o autor, a integração dos sistemas de infraestrutura urbana ainda demanda estudo aprofundado, pois as relações entre os elementos no ambiente construído são complexas e o planejamento e o projeto urbano devem ser baseados no reconhecimento integrado das inter-relações dos diversos componentes e suas funções, para produzir resultados sinérgicos, ou seja, maiores do que a soma das partes. O território coloca-se, dessa forma, como uma plataforma de integração de diferentes setores, funções e atores, sendo a autoridade local responsável por essa integração, sua forma de organização, assim como pela coesão territorial e também social (ENERGY CITIES; ADEME, 2008).

No âmbito da sustentabilidade urbana, diversas pesquisas redirecionaram o foco da escala da cidade para a escala do bairro, cujo planejamento pode incorporar estratégias para resolver, inclusive, problemas que se apresentam na escala da cidade (ENGEL-YAN *et al.*, 2005). Segundo Wheeler (2013), a escala do bairro cria as condições e os ambientes favoráveis para constituir uma das mais promissoras áreas para o desenvolvimento sustentável.

Distritos urbanos configuram, em geral, áreas administrativas municipais, compostas de diversos bairros e unidades de vizinhança. No município de São Paulo, por exemplo, distritos localizados nas regiões mais urbanizadas têm cerca de 600 a 800 hectares de área. Segundo Walton *et al.* (2007), uma unidade de vizinhança tem cerca de 50 hectares e deve estar organizada de forma integrada e dinâmica para proporcionar acesso a facilidades cotidianas, com variedade suficiente de meios de locomoção, sobretudo pela caminhada, bem como disponibilizar lugares e espaços para a realização das diversas atividades sociais, econômicas e culturais. Os bairros, por sua vez, são considerados nesse texto como regiões urbanas configuradas em escala territorial intermediária entre a unidade de vizinhança e o distrito urbano e que mantêm relações físicas, econômicas e culturais comumente identificadas nas mesmas. Segundo Souza

(2013, p.106), o bairro configura um dos recortes territoriais da escala microlocal e, como tal, é um espaço passível de ser "experenciado intensa e diretamente no cotidiano".

De acordo com Yan, Wong e Jusuf (2005), a incorporação de princípios de sustentabilidade no projeto de unidades de vizinhança é importante porque muitos dos problemas identificados na macroescala urbana se referem a efeitos acumulados do planejamento ineficiente na microescala. Segundo os autores, esse fato se torna evidente ao se considerar a tradicional dependência das áreas urbanas de sistemas centralizados de infraestrutura urbana. A análise em microescala, por sua vez, é importante para desenvolver soluções locais para os vários sistemas urbanos. Os sistemas distritais podem, ainda, ser mais viáveis em relação a sistemas individuais, sendo o planejamento e a gestão pública facilitados pela existência, em geral, de uma unidade administrativa nessa escala.

Entretanto, apesar dos diversos processos que ocorrem na microescala urbana, percebe-se a carência de abordagens sistematizadas e integradas para avaliação da sustentabilidade nessa escala e que possam suportar o aprimoramento de instrumentos e políticas urbanas, as quais são elaboradas, em geral, apenas com base em análises realizadas em macroescala urbana. Ademais, a abordagem em microescala, apesar de desagregada e pulverizada no território, traz a oportunidade de aferição da realidade e de aproximação com a população local, que constituem os usuários reais do espaço urbano (SOUZA, 2013).

Não ignorando a complexidade envolvida, este trabalho considera que a abordagem em microescala urbana é estratégica e necessária para se promover qualidade de vida, conservação do meio ambiente e inclusão social, bem como melhores condições de integração de usos, fluxos e sistemas técnicos da cidade, entre o meio ambiente natural e o construído e uso eficiente de recursos, inclusive do solo urbano. Entende-se que essa abordagem é fundamental para complementar iniciativas focadas em planejamento urbano e sustentabilidade na macroescala urbana e também na escala das edificações, assim como no detalhamento de aspectos do uso e ocupação do solo e dos subsistemas técnicos urbanos, aplicáveis em políticas de planejamento e gestão de cidades.

3. Avaliação da microescala urbana como estratégia para a promoção da sustentabilidade no planejamento e desenvolvimento urbano

Nesse capítulo serão abordados os principais componentes da trajetória e da pesquisa científica conduzida pela candidata na temática da sustentabilidade na microescala urbana, abrangendo: planejamento energético como estratégia para a sustentabilidade de áreas urbanas; diagnóstico comparativo multicriterial de práticas para a sustentabilidade em bairros, com base em estudos de caso selecionados no Brasil e no exterior; e avaliação em microescala urbana para sustentabilidade de bairros, em áreas de desenvolvimento urbano orientado ao transporte, no município de São Paulo.

3.1. Planejamento energético urbano como estratégia para a sustentabilidade de áreas urbanas

A energia é um insumo indispensável para a maior parte das atividades humanas, sobretudo as desempenhadas nos centros urbanos, condicionando a economia, a produção industrial, o transporte e a prestação de serviços, bem como as atividades cotidianas em geral. Por outro lado, a questão energética, no que tange ao consumo e fornecimento de energia, assim como aos impactos ambientais associados, constitui um aspecto central do desenvolvimento sustentável e do combate às mudanças climáticas.

Em 2019, no Brasil, foram consumidos cerca de 259,5 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) de energia primária, sendo 13,7% consumidos nos setores comerciais e residenciais e 30,4%, nos transportes rodoviários (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020). De acordo com a Associação Nacional de Transportes Públicos (2020), em 2017, 11,8 milhões de tep foram consumidos no transporte urbano de pessoas nas cidades brasileiras acima de 60.000 habitantes, dos quais 62% foram devidos ao uso de automóveis.

Em nível internacional, vários países têm desenvolvido sistemas energéticos locais, visando ampliar a capacidade de geração de energia. Em alguns casos, têm-se evoluído de sistemas de aquecimento distrital¹¹ (*district heating*) para sistemas

¹¹ Os sistemas de aquecimento e resfriamento distritais são compostos por redes de distribuição de energia térmica (calor e frio, respectivamente) em escala de bairros, distritos ou das cidades, que distribuem água aquecida em centrais, nas quais são aproveitadas inúmeras fontes de calor, principalmente biomassa, resíduos urbanos, gás natural, carvão, entre outros (MARINS, 2010).

energéticos mais complexos, prevendo-se a transformação do próprio mercado de energia para aproveitar recursos e benefícios da geração distribuída e das redes e sistemas inteligentes (NILSSON; MARTENSSON, 2003; DENNIS; PARKER, 2009; SPERLING, HVELPLUND; MATHIESEN, 2011).

No Brasil, instituições locais para planejamento ou gestão de energia ainda são poucas e têm sua atribuição limitada (MARINS, 2010, 2014; COLLAÇO, 2019). Sistemas de oferta de energia são planejados pelo governo federal, como demonstrado nos mais recentes Planos Nacionais de Energia do Brasil (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2015, 2018), sendo as ações em demanda mais restritas ao aprimoramento de equipamentos elétricos, visando ampliar seu rendimento. Por outro lado, embora altamente centralizado, o sistema de fornecimento de energia brasileiro está se tornando cada vez mais aberto à geração distribuída devido à desregulamentação do mercado da energia e às normas recentes estabelecidas para permitir a conexão de microgeração à rede elétrica nacional (BRASIL, 2012, 2015). Dessa forma, a geração elétrica em centros urbanos já tem crescido nos últimos anos e a tendência é que cresça muito mais, sobretudo por meio de investimentos realizados pelos setores residencial e comercial em sistemas de geração distribuída (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017)

Em escala mundial, edifícios são responsáveis por 30 a 40% das emissões globais de GEE, e os transportes, por 13%, sendo que aproximadamente 80% das emissões totais estão relacionadas a cidades (HEINONEN; JUNNILA, 2011). No Brasil, cerca de um terço das emissões no Brasil estão associadas ao consumo de energia, sendo quase metade devida à energia consumida com combustíveis fósseis no transporte, incluindo o transporte urbano (AZEVEDO, 2015).

Nessa perspectiva, o planejamento energético urbano depende de ações interestaduais e intersetoriais que envolvem o planejamento local, notadamente da estrutura urbana, de sistemas de transporte e do projeto de edificações. Essas características influenciam na forma e na intensidade com que a energia é consumida e no potencial de geração energética local.

A morfologia urbana determina a estrutura urbana e a densidade construída, e condiciona a densidade populacional, a demanda por mobilidade, o conforto ambiental e o consumo de energia, principalmente em edifícios e transportes. Na morfologia urbana,

a porção visível do céu é identificada em uma dada seção viária adicionada do recuo frontal das edificações lindeiras à via, na mesma seção. O cânion urbano e, sobretudo, o fator de visão do céu (FVC) determinam o espaço aéreo formado ao longo do sistema viário urbano, com base na altura dos edifícios e a largura da seção viária adicionada de recuos frontais das edificações e afeta dinamicamente, a temperatura das superfícies, o fluxo de ar e a incidência da radiação solar, na fachada das edificações e também nos espaços urbanos abertos. Assim, impacta diretamente no microclima urbano, nas condições térmicas e no consumo de energia em edifícios (SANTAMOURIS *et al.*, 2001). As áreas verdes distribuídas dentro das áreas urbanas, por sua vez, podem contribuir significativamente para reduzir as ilhas de calor, melhorando o conforto térmico e reduzindo a carga energética necessária ao resfriamento ambiental (GIVONI, 1998).

A densidade e a diversidade populacionais associada ao uso do solo, por sua vez, condicionam a dinâmica urbana em termos de concentração de estabelecimentos e movimentos comerciais e de serviços, que, por sua vez, afeta a disponibilidade de empregos nesses setores (WALTON *et al.*, 2007). Dessa forma, tanto aspectos socioeconômicos, quanto os físicos, inerentes ou influenciados pela morfologia urbana, são condicionantes do consumo de energia em uma dada área urbana.

Por outro lado, a morfologia urbana e a densidade urbana de uma região também influenciam nas condições de mobilidade urbana. O sistema de mobilidade urbana consiste em infraestrutura, tecnologia, veículos e processos operacionais necessários para transporte e tráfego nas cidades, incluindo desde sistemas não motorizados, como transporte a pé e ciclovário, até modos motorizados públicos coletivos, compostos por redes de ônibus, metrô e trens, além de modos individuais, como automóveis e motocicletas. Os sistemas têm diferentes características, tanto relativamente às condições de deslocamento, quanto ao consumo de energia e geração de poluentes e GEE.

A promoção de modos de transporte não motorizados e públicos coletivos representa uma importante estratégia de eficiência energética no lado da demanda e de redução de impactos ambientais, apontam Newman e Kenworthy (1999), Goldemberg e Villanueva (2000), Ohta *et al.* (2005) e Vasconcellos (2006). Entretanto, a viabilidade de implantação e a operação dos sistemas de transporte, bem como as condições de circulação urbana, dependem da demanda de passageiros transportados e do fluxo de

pessoas e veículos, o que, basicamente, é condicionado pelo uso e ocupação do solo urbano. Por outro lado, o próprio desenvolvimento morfológico também é condicionado pelos potenciais que uma região tem em termos da oferta de infraestrutura e serviços, sobretudo no que diz respeito às facilidades de acesso às regiões, o que depende, basicamente, da oferta em transporte. Ewing e Cervero (2010) enfatizam a importância da acessibilidade urbana, pois quase todo desenvolvimento em uma área central provavelmente gera menos viagens de automóvel que um desenvolvimento compacto e de uso misto bem projetado, mas localizado remotamente.

De acordo com Norman *et al.* (2006), o planejamento urbano orientado para o clima e a energia deve priorizar políticas que reduzam o transporte automotivo em ambientes suburbanos, por meio do uso misto do solo, por exemplo, bem como a energia operacional associada à verticalização com alta densidade, por meio de aquecimento e resfriamento distritais. Os autores ainda destacam a importância de aumentar o uso do transporte público e priorizar um desenvolvimento com maior densidade populacional mais próximo das principais áreas de emprego da cidade.

No que diz respeito à interface entre morfologia urbana, projeto de edifícios e consumo de energia, em várias cidades brasileiras com clima quente e úmido ou subtropical, as principais estratégias estão relacionadas, em geral, à orientação adequada dos edifícios para maximizar o conforto ambiental por meio de iluminação e ventilação naturais, tendo por base a identificação e o monitoramento do consumo desagregado de energia por usos finais (ROMÉRO; GONÇALVES; DILONARDO, 1999; ALMEIDA; SCHAEFFER; LA ROVERE, 2001; ELETROBRAS, 2007) e estudos de conforto térmico e lumínico para cada área. A envoltória dos edifícios, constituída por sua fachada, piso e teto, é considerada um filtro entre o interior e o exterior, e seu desempenho depende principalmente da localização, orientação, volumetria, massa e materiais dos edifícios. A maximização de áreas passivas do interior do edifício, que configuram recintos que não requerem energia para sua utilização e, ao mesmo tempo, proporcionam conforto ambiental, é uma estratégia importante para a eficiência energética e depende de características urbanas apropriadas, especialmente do FVC e da orientação geográfica dos edifícios. Parâmetros gerais para estimativa de níveis de eficiência energética em edificações são abordados por Santamouris *et al.* (2001, 2006) e Baker e Stemeers (2000).

Além disso, as áreas urbanas podem se utilizar de um conjunto de recursos energéticos locais para geração de energia elétrica e térmica, tais como energia solar, ventos e biocombustíveis. Subprodutos urbanos, por sua vez, também podem compor a oferta de recursos energéticos, como por exemplo, biogases, resíduos urbanos e calor de processos. A viabilidade de sistemas de geração de energia está relacionada, ainda, aos níveis de consumo energético. Portanto, os sistemas de oferta de energia necessitam ser integrados aos projetos urbanos, relativamente à definição da morfologia urbana e do sistema de mobilidade urbana, os quais, dependendo de suas configurações e condições de uso, geram diferentes níveis de consumo.

Contudo, em uma perspectiva nacional e mesmo internacional, vários autores relatam que a integração de sistemas de energia com outras questões urbanas exige procedimentos, modelos, métodos e ferramentas claras para apoiar o planejamento energético em escala local, o que motiva abordagens multidisciplinares, facilitando o envolvimento de partes interessadas e aprimorando os processos de tomada de decisão. Segundo Neves e Leal (2010, p. 2724), “existem poucas ferramentas de suporte técnico para fornecer orientações sobre como as autoridades locais devem desenvolver seus planos de energia”. De acordo com Lin *et al.* (2010), a falta de modelos e ferramentas para apoiar a abordagem no nível da comunidade é ainda maior. Para Pili (2103), o planejamento urbano requer ferramentas e metodologias capazes de definir, avaliar e representar cenários hipotéticos, incluindo sistemas de energia renovável e melhorias de eficiência energética em escala urbana, e essas ferramentas precisam ser rentáveis para evitar sobrecarregar os escassos recursos financeiros que os municípios já possuem.

Dessa forma, a preparação institucional, econômica e social é fundamental para viabilizar a formação de estruturas e processos que suportem atividades de integração setorial, visando amparar abordagens integradas e a implementação políticas de planejamento energético urbano. Nessa direção, um importante passo é estabelecer e implementar procedimentos metodológicos e ferramentas que facilitem e suportem processos de planejamento e tomada de decisão.

Nesse cenário, Marins (2010) propôs, como resultado de sua tese de doutorado, um método para integrar as variáveis de gestão da demanda de energia e de fornecimento energético, às variáveis de projeto de edificações, morfologia urbana e mobilidade urbana e mensurar o desempenho de cenários, com base em diferentes parametrizações e seleções projetuais, tecnológicas e de utilização de recursos

energéticos. Portanto, trata-se de uma metodologia para integrar as variáveis energéticas ao ambiente urbano, por meio da configuração morfológica, dos transportes e das edificações e, ainda, dos sistemas de geração de energia. O método foi aferido no estudo de caso da Operação Urbana Água Branca, área de desenvolvimento urbano no município de São Paulo demarcada por lei (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1995), ficando demonstrada a hipótese de que a abordagem que integre simultaneamente estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbanas, edificações, energia e meio ambiente, produz áreas urbanas energeticamente mais eficientes.

O método constitui uma abordagem sistêmica de condicionantes do planejamento urbano, planejamento ambiental, planejamento energético e planejamento da mobilidade urbana. Foi concebida para aplicação no planejamento de novas áreas de desenvolvimento urbano, na escala de distritos, bairros ou unidades de vizinhança, ainda desocupados, nos quais ainda haja possibilidade de parcelamento do solo, assim como em estudos para a avaliação do potencial de requalificação de áreas urbanas já ocupadas, nas quais seja possível ou não modificações estruturais em termos de quadras, sistema viário e lotes. O detalhamento metodológico e de resultados são realizados em Marins (2010, 2014) e Marins e Roméro (2012, 2013), sendo os principais pontos relativos ao tema do presente texto, tratados a seguir.

3.1.1. Materiais e métodos

A metodologia para planejamento energético urbano foi estabelecida a partir de uma abordagem quantitativa, do tipo *bottom-up*¹², multicriterial¹³ e intersetorial¹⁴, utilizando dados desagregados (variáveis e parâmetros), para constituir procedimentos de cálculo, aplicáveis à microescala urbana, qual seja, a de distritos, bairros e unidades de vizinhança, estimando resultados de desempenho.

O desenvolvimento metodológico demandou extensivos estudos e levantamentos conceituais, metodológicos e de dados, abrangendo abordagens relacionadas a planejamento energético, planejamento urbano, planejamento de

¹² "de baixo para cima", ou seja, integrando diversos elementos das menores escalas para obter resultados globais consolidados.

¹³ Consideração de critérios funcionais, ambientais, sociais e econômicos.

¹⁴ Consideração de condicionantes urbanísticos, ambientais, energéticos, do projeto e uso de edificações e de sistemas mobilidade urbana.

transportes urbanos e planejamento ambiental, na escala da cidade e do bairro. Também foi realizado importante estudo bibliográfico sobre o estado da arte em geração e consumo de energia no Brasil, incluindo demanda em edifícios residenciais e comerciais e em transportes urbanos de pessoas, bem como planejamento de sistemas de geração de energia. Também foi realizado aprofundamento teórico em questões relativas ao uso e geração de energia em áreas urbanas, climatologia, morfologia e mobilidade urbanas, além de emissões de poluentes e GEE.

Os condicionantes envolvidos são detalhados, em geral, em literaturas específicas e disciplinares, a partir das quais foi necessário enfocar fatores fundamentais para estruturação e dinâmica urbana, uso de energia e conservação ambiental, de forma a inter-relacionar parâmetros e produzir a abordagem sistêmica transversal e na microescala urbana pretendida. Para isso, foi realizada extensa pesquisa bibliográfica, para identificar parâmetros e procedimentos de análise, relativamente a clima urbano - tais como, ilha de calor, fator de visão do céu, propriedades térmicas dos materiais, áreas verdes; morfologia urbana - considerando, densidade populacional, parcelamento, uso e ocupação do solo, áreas verdes, construídas e livres; mobilidade urbana - tais como, sistemas de transporte urbano, sistema viário, consumo energético, integração com uso do solo; consumo desagregado por usos finais e estratégias para eficiência energética em edificações; sistemas de geração de energia elétrica e térmica e sistemas de distribuição de energia urbanos - considerando, capacidades, níveis de eficiência; emissão de poluentes e gases do efeito estufa - tais como, fatores de emissão de diferentes fontes energéticas.

Na sequência, estratégias, variáveis, parâmetros e indicadores foram correlacionados matematicamente em procedimentos de cálculo, compondo um extenso conjunto de equações, por sua vez sistematizadas em planilhas eletrônicas, utilizando a ferramenta computacional Microsoft Excel 2007.

Por fim, a proposta metodológica foi aferida no caso da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo, sendo modelados 216 cenários integrados para a área urbana em questão, além da situação de referência, para subsidiar análises e conclusões sobre os diversos resultados transdisciplinares envolvidos.

3.1.2. Resultados

A metodologia foi estruturada em dois módulos principais, representados no fluxograma da Figura 1 e abrangendo: Módulo 1 - Gerenciamento da Demanda de Energia, envolvendo aspectos relacionados à Morfologia Urbana, Mobilidade Urbana e Edificações; e Módulo 2 - Gerenciamento da Oferta de Energia, incluindo geração e distribuição de energia elétrica e térmica, em microescala urbana e escala predial.

Figura 1 - Fluxograma geral da metodologia proposta para planejamento energético urbano

Fonte: Marins e Romero (2012)

Inicialmente, define-se uma Situação de Referência, que representa a parametrização da situação urbana atual, ou do projeto de desenvolvimento urbano previsto para a área urbana a ser analisada. Em seguida, são configuradas as Situações Urbanas Alternativas, que se caracterizam por diferentes opções de integração e compatibilização de parâmetros e variáveis que o método proporciona, em termos de morfologia urbana, mobilidade urbana, edificações e sistemas energéticos.

As definições relativas ao uso e ocupação do solo são usadas para se realizar a divisão dos modos de transporte, impactando nos níveis de motorização e na participação de sistemas individuais e coletivos de transporte. Assume-se que o uso misto combinado com a oferta de infraestrutura adequada para mobilidade urbana, também contribui para a redução das distâncias de deslocamentos na realização de

atividades cotidianas, diminuindo-se, assim, a distância total percorrida. No caso do transporte motorizado, o tipo de veículo e o combustível ou fonte energética também são relevantes, pois influenciam no rendimento energético, além de determinarem os níveis de emissões de poluentes e GEE. Dessa forma, a divisão modal, a distância média percorrida por modo de transporte e a capacidade de transporte, além do índice de mobilidade¹⁵, tecnologia veicular e fonte energética utilizadas, são os principais fatores condicionantes do consumo de energia em transportes.

Em termos de eficiência energética em edifícios comerciais, são considerados basicamente três níveis, sendo o terceiro nível dividido em três subníveis, dependendo das estratégias consideradas. O Nível 1 reúne estratégias aplicáveis à larga escala, sem alteração substancial dos padrões construtivos, de projeto e de uso dos edifícios, e que demandem ainda baixos custos adicionais, adequação do albedo¹⁶ urbano das coberturas das edificações para o padrão de cores claras (refletância alta). O Nível 2 abrange estratégias básicas para maximização da iluminação natural e também da ventilação natural nos períodos quentes, associadas à adequação da orientação geográfica para minimizar ganhos de calor solar excessivo. Neste caso, o Nível 2 reúne iniciativas que influem na alteração de projetos e também demandam mudança de hábito dos usuários, para que estes façam uso dos sistemas passivos sempre que possível, e demanda baixos custos adicionais. O Nível 3 também prescinde de aprimoramentos em projeto mas requer investimentos adicionais, abrangendo dispositivos extras para melhoria do desempenho térmico e luminoso passivo das edificações, bem como a troca de equipamentos por outros mais eficientes energeticamente. O subnível 3-1 abrange o sombreamento de aberturas com proteções solares e o aumento da eficiência dos equipamentos elétricos. O subnível 3-2 abrange, além das estratégias do subnível 3-1, a otimização da iluminação natural mediante instalação de prateleiras de luz com alcance de 2,5 vezes a dimensão do pé direito dos recintos considerados, além do uso de sistemas de iluminação mais eficientes (40 para 60 lúmens por Watt) e equipamentos elétricos mais eficientes. O subnível 3-3 envolve, finalmente, as estratégias do subnível 3-1, além da otimização da iluminação natural mediante instalação de prateleiras de luz com alcance de 4 vezes a altura do pé direito dos recintos considerados, além do uso de

¹⁵"Número médio de viagens diárias, incluindo todos os modos de transporte, realizadas pelos habitantes de determinada área. O índice de mobilidade é calculado dividindo-se o total de viagens realizadas pelas pessoas residentes em determinada região pelo número total de pessoas domiciliadas nessa mesma área" (MARINS, 2010).

¹⁶"Razão entre a radiação solar refletida e incidente sobre determinada superfície" (MARINS, 2010).

sistemas de iluminação mais eficientes (40 para 90 lúmens por Watt) e equipamentos elétricos mais eficientes.

Para as edificações residenciais, foi adotado apenas um único nível de eficiência energética, relativo à substituição tecnológica de equipamentos elétricos, com redução do consumo de eletricidade em 50%, bem como troca do sistema de iluminação artificial por outro mais eficiente (20 para 40 lúmens por Watt).

O Módulo 1 - Gerenciamento da Demanda de Energia, conforme ilustrado na Figura 2, inicia-se com o macrozoneamento da área urbana de estudo, selecionando-se o recorte urbano para aplicação metodológica. Para a área selecionada, são definidas, então, as características de densidade populacional, volumetria das edificações, características dos lotes e quadras, que por sua vez formarão diferentes soluções em morfologia urbana. Segundo a presente abordagem, as soluções em morfologia urbana, compatibilizadas com as de mobilidade urbana e com as características das edificações, configuram o ponto de partida para a definição de estratégias em eficiência energética em áreas urbanas.

Figura 2 - Fluxograma detalhado do Módulo 1 – Gerenciamento da Demanda de Energia

Fonte: Marins (2010)

O Módulo 2 – Gerenciamento da Oferta de Energia - parte dos consumos energéticos previstos no Módulo 1 para dimensionar a capacidade instalada de geração de energia, de acordo com uma ou mais matrizes de fornecimento a serem selecionadas, conforme fluxograma da Figura 3. No Módulo 2 são considerados os sistemas para geração de energia descentralizada ou distribuída em escala predial e distrital, conectados à rede, incluindo eletricidade, aquecimento e resfriamento, sendo a rede regional (Sistema Interligado Nacional - SIN, no caso brasileiro) um sistema complementar ou, no mínimo, *backup*.

Figura 3 - Fluxograma detalhado do Módulo 2 – Gerenciamento da Oferta de Energia

Fonte: Marins (2010)

Aplicando-se os procedimentos previstos nos Módulos 1 e 2 são gerados os seguintes resultados e indicadores principais:

- População residente, empregada, flutuante¹⁷ e de passagem¹⁸, e respectivas densidades populacionais;

¹⁷ "pessoas que não habitam, não trabalham e não estudam na área em questão, mas que a ela se dirigem diariamente sobretudo para consumo de mercadorias, bens e serviços" (MARINS, 2010).

¹⁸ "pessoas com origem e destino em regiões distintas da área de estudo, mas que necessitam passar pela área em questão pela configuração do sistema de transporte e circulação urbana" (MARINS, 2010).

- Áreas ocupada, livre, viária, verde e construída; número de edificações, lotes e quadras, por tipo e uso. Participação da área passiva sobre a área total das edificações;
- Seção e composição viária – passeio público, ciclovia, faixas exclusivas, entre outros, e taxa de motorização¹⁹;
- Consumo total de energia em edificações e transporte urbano de passageiros; consumo energético específico por habitante, por área e por passageiro transportado;
- Capacidade instalada de geração de energia, para atendimento às demandas de eletricidade, aquecimento e resfriamento, para as diversas escalas e tecnologias de sistemas de geração e distribuição energética, considerando os níveis de eficiência energética em edifícios e sistemas de transporte adotados;
- Emissões de poluentes locais (SO₂: dióxido de enxofre; NO_x: óxidos de nitrogênio, COV: compostos orgânicos voláteis; CO: monóxido de carbono; MP: material particulado) e gases de Efeito Estufa - GEE, resultantes das emissões em geração de energia e operação de sistemas de transporte.

São ainda gerados alguns índices que visam aglutinar alguns indicadores selecionados, relacionados, sobretudo, aos níveis de eficiência energética e emissão de poluentes e GEE, resultantes da integração de diferentes estratégias. Dentre eles, destaca-se o Índice Geral de Eficiência Energética em Áreas Urbanas (IGEE), calculado conforme a Equação 1:

$$IGEE = 1 - \left(\frac{CE_{total}}{CE-T} * \left(1 - \frac{CEFT}{CT_{ref}} \right) + \frac{CT-R}{CE-T} * \left(1 - \frac{CEFR}{CR_{ref}} \right) + \frac{CT-C}{CE-T} * \left(1 - \frac{CEFC}{CC_{ref}} \right) \right) * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

IGEE	Índice geral de eficiência energética em áreas urbanas
CE _{total}	Consumo total de energia em transportes
CE-T	Consumo total de energia (edificações e transportes)
CEFT	Consumo total de energia com estratégia(s) de eficiência energética em transportes
CT _{ref}	Consumo total de energia em transportes – Referência
CT-R	Consumo total de energia em edificações residenciais

¹⁹A taxa de motorização é o número de automóveis dividido pela população residente.

CEFR	Consumo total de energia com estratégia(s) de eficiência energética em edificações residenciais
CR _{ref}	Consumo total de energia em edificações residenciais – Referência
CEFC	Consumo total de energia com estratégia(s) de eficiência energética em edificações comerciais
CC _{ref}	Consumo total de energia em edificações comerciais – Referência

3.1.2.1. Aplicação metodológica no caso da Operação Urbana Água Branca, no município de São Paulo

A operação urbana Água Branca configura uma área de 5,40km², ainda em desenvolvimento urbano no município de São Paulo. Conforme indicado no mapa da Figura 4, é localizada na região central do município e, conforme o plano urbanístico vigente em 2010, ano do estudo, previa o adensamento, residencial e de empregos, associado ao parcelamento de grandes terrenos ainda desocupados.

Figura 4 - Localização da operação urbana Água Branca no município de São Paulo e vista aérea em 2009

Fonte: Mapa adaptado de Prefeitura do Município de São Paulo (2002) e vista aérea baseada © 2011 Google

Primeiramente, uma Situação de Referência foi definida com base no plano urbanístico da Operação Urbana Água Branca, desenvolvido de acordo com a Empresa Municipal de Urbanização (2009), e considerou os parâmetros prescritos pela legislação (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1995, 2004), as condições de mobilidade urbana (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2008) e ocupação predial (FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS, 2007), bem como leis de construção e desenvolvimento urbano (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1992; 2004), vigentes em 2010, ano de conclusão do estudo. Da área inicial da operação urbana, 2,64 km² foram selecionados para a

aplicação do método, pois abrangiam as áreas efetivamente disponíveis para desenvolvimento urbano.

Conforme procedimentos detalhados em Marins (2010), foram configuradas três tipologias de edificações (com alta, média e baixa densidade populacional e densidade construída), utilizadas para compor nove tipos de quadras urbanas. As quadras variam em geometria e orientação (Quadras *Layout* 1, 2 e 3) e densidade (Quadras Tipo 1, 2 e 3), e são combinadas de forma variada para constituir quatro opções de tecido urbano (A, B, C e D), com diferentes níveis de densidade demográfica, densidade construída, dimensões de fachada, gabarito de altura, bem como posição relativa das edificações nas quadras e dimensões do sistema viário lindeiro. Com relação aos sistemas de mobilidade urbana, foram previstas modificações modais, com redução de modos não motorizados usados para viagens longas a pé (mais de um 1 km) e ampliação do uso do transporte público estruturado, com redução do transporte individual, as quais foram associadas às opções de tecido urbano A, B, C e D, compondo, respectivamente, quatro Situações Urbanas Alternativas.

Com relação à tecnologia de transporte, foram constituídos três cenários, quais sejam: o Cenário 1, que abrange o uso de tecnologias correntes, com veículos automotores a gasolina e etanol e transporte público por ônibus a diesel; o Cenário 2, que modifica a tecnologia do transporte público para sistemas de ônibus a etanol; e o Cenário 3, que se utiliza de ônibus elétrico para os sistemas de ônibus de média capacidade (corredores de ônibus).

Em relação aos sistemas de suprimento de energia, foram configuradas três escalas de suprimento energético, passíveis de integração, sendo: Escala Regional, composta pelo sistema elétrico brasileiro (SIN) de 2009, associado a coletores solares combinados a aquecedores a gás natural, para aquecimento da água. As perdas de distribuição, considerada a disponibilidade de uma rede elétrica ininterrupta, foram assumidas como 16% (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2007); Escala Distrital, composta por sistemas de cogeração de eletricidade e calor de média capacidade (*Combined heat and power*, CHP) a biogás, mais 10% da energia fornecida pela rede regional (*backup*). O biogás seria obtido a partir de aterros ou gaseificação de biomassa. O calor residual do processo de cogeração é usado na rede de aquecimento urbano para abastecimento de água quente e, associado a *chillers* de absorção localizados dentro dos edifícios, para fornecer resfriamento ambiental. As perdas em uma rede elétrica

ininterrupta foram consideradas em 5%. No caso da rede de aquecimento distrital, as perdas foram assumidas em 3% (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 1996); Escala Predial, baseada em sistemas de cogeração de eletricidade e calor em edificações, utilizando biogás, mais 10% da energia fornecida pela rede regional (*backup*). As perdas de distribuição são consideradas nulas, já que as plantas geradoras são instaladas nos pontos de consumo.

A Tabela 1 reúne as características morfológicas dos Tecidos Urbanos A, B, C e D e da Situação de Referência. A Figura 5 mostra as configurações de quadras adotadas.

Tabela 1 - Resultados selecionados da aplicação da metodologia para planejamento energético urbano no caso da operação urbana Água Branca quanto à morfologia urbana e população

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS DE MORFOLOGIA URBANA E POPULAÇÃO	Unidade	Situação de Referência	Opções de Tecido Urbano			
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
Morfologia urbana						
Quadra Tipo 1 – Layout 1	%	-	11,1	33,3	-	-
Quadra Tipo 1 – Layout 2	%	-	11,1	33,3	-	-
Quadra Tipo 1 – Layout 3	%	-	11,1	33,3	-	-
Quadra Tipo 2 – Layout 1	%	-	11,1	-	33,3	-
Quadra Tipo 2 – Layout 2	%	-	11,1	-	33,3	-
Quadra Tipo 2 – Layout 3	%	-	11,1	-	33,3	-
Quadra Tipo 3 – Layout 1	%	-	11,1	-	-	33,3
Quadra Tipo 3 – Layout 2	%	-	11,1	-	-	33,3
Quadra Tipo 3 – Layout 3	%	-	11,1	-	-	33,3
Número de Quadras	(-)	-	143	140	143	137
Número de Edificações - Densidade Alta	(-)	-	276	275	277	262
Número de Edificações - Densidade Média	(-)	-	286	280	286	275
Número de Edificações - Densidade Baixa	(-)	-	1.225	1.185	1.224	1.188
Número total de edificações	(-)	-	1.788	1.741	1.788	1.725
Número total de unidades habitacionais	(-)	23.910	21.119	20.881	21.140	20.106
Densidade construída	%	82	70	70	71	68
Densidade ocupada	%	30	5	5	5	5
Densidade livre dos lotes	%	30	21	21	22	21
Densidade viária	%	10	38	37	37	38
Densidade institucional	%	7	7	7	7	7
Densidade verde pública	%	14	20	20	20	20
Outras áreas reservadas	%	9	9	9	9	9
Total	%	100	100	100	100	100
Densidade livre total	%	54	79	79	79	79
Área verde por habitante (residente)	m²/ hab	8	14	14	14	15
População						
Densidade populacional (total)	hab/km²	41.921	30.272	30.501	30.681	29.118
Densidade populacional (residencial)	hab/km²	18.571	14.109	14.178	14.297	13.603
Densidade populacional (empregos)	hab/km²	23.350	18.984	19.159	19.243	18.236

Fonte: Marins (2010)

Figura 5 - Exemplos de diferentes configurações de Quadra quanto à densidade (*Layout* 01, 02 e 03, nas colunas 1, 2 e 3, respectivamente) e quanto à geometria (Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3 (nas linhas 1, 2 e 3, respectivamente), utilizadas na aplicação da metodologia para planejamento energético urbano

Fonte: Marins (2010)

Alguns dos resultados das soluções e estratégias morfológicas com relação à eficiência energética em edificações são apresentados na Tabela 2. O Tecido Urbano - Opção B foi identificado como o mais eficiente quanto ao consumo de energia em edificações comerciais, com consumo até 6% inferior às demais opções, pois as soluções de quadra adotadas propiciaram a implantação de maior número de edifícios com plantas “curtas” (largura voltada para a via), permitindo ampliar a área interna

atendida por iluminação e ventilação naturais, as chamadas “áreas passivas” (na Opção B, 18% da área interna seria atendida por sistemas passivos, enquanto que nas demais opções esse percentual foi da ordem de 15 a 17%). Ainda, segundo a Tabela 2, o aproveitamento da iluminação e ventilação naturais agrega 17% de eficiência energética somente com estratégias de orientação e projeto da volumetria das edificações comerciais (Nível 2 de eficiência energética), sendo que se proteções solares forem usadas para sombreamento das aberturas e prateleiras de luz empregadas para otimização iluminação natural, a redução no consumo de energia em edificações comerciais é estimada em 45 a 47,5% (Níveis 2 e 3 de eficiência energética). Esses resultados, porém, são efetivamente alcançados somente se os condicionantes de morfologia urbana, relativamente ao cânion urbano e à orientação adequada quanto a sol e ventos, forem considerados na configuração da morfologia urbana.

Tabela 2 - Resultados selecionados da aplicação da metodologia para planejamento energético urbano no caso da operação urbana Água Branca quanto à eficiência energética em edificações comerciais

CONSUMO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS COMERCIAIS	Unid.	Situação de Referência	Opções de Tecido Urbano			
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
Percentual da área total das edificações comerciais com área passiva	%	-	17	18	15	16
Nível 1 de eficiência energética – Adequação do albedo - coberturas claras		-	99,77	99,77	99,77	99,77
Nível 2 de eficiência energética – Adequação da orientação e volumetria das edificações	kWh/m ² ano	100,000	82,01	81,78	83,65	83,50
Nível 3-1 de eficiência energética – Proteções solares das aberturas			48,45	47,07	49,50	49,30
Nível 3-2 de eficiência energética – Proteções solares das aberturas e uso de prateleiras de luz com alcance de 2,5H	kWh/m ² ano	100,000	47,57	46,25	48,76	48,61
Nível 3-3 de eficiência energética - Proteções solares das aberturas e uso de prateleiras de luz com alcance de 4,0H	kWh/m ² ano	100,000	45,60	44,25	46,96	46,75

Fonte: Marins (2010)

No que tange aos resultados de mobilidade urbana, a densidade populacional atingida nas Opções de Tecido Urbano (Tabela 1), mesmo inferior ao valor verificado na Situação de Referência, gera demanda suficiente para viabilizar o modo de transporte coletivo de média capacidade, tanto nos casos dos Tecidos Opção B e C, que têm maior participação de transporte público dentre os casos estudados, quanto nos Tecidos Opção A e D, que têm 5% a mais das viagens por modos individuais, comparados às outras duas opções de tecido urbano.

Conforme indicado na Tabela 3, em termos de divisão dos modos de transporte, primeiramente reduziu-se em 58% a participação dos sistemas não

motorizados da Situação de Referência com relação às Situações Urbanas Alternativas, pois, mesmo esses sendo modos de transporte energeticamente mais eficientes e menos impactantes do ponto de vista ambiental, a análise dos dados da Situação de Referência mostrou que parte desses usuários os utilizavam por restrições econômicas aos modos motorizados, percorrendo, distâncias muito superiores a 1 km sobretudo a pé²⁰. Dessa forma, para composição das Situações Urbanas Alternativas, considerou-se que viagens a pé com percurso médio superior a 1 km sejam realizadas por modos motorizados coletivos, por motivo de conforto. A participação do sistema de baixa capacidade (linhas de ônibus circulando em tráfego compartilhado, ônibus comum) foi reduzida em 63%, sendo parte da demanda transferida para sistemas de média capacidade (corredores e faixas exclusivas de ônibus, e veículos maiores) que, nas Situações Urbanas Alternativas passaram a atender de 37 a 41% das viagens. Em virtude do aumento da participação do transporte público coletivo, a taxa de motorização média foi reduzida em 51%.

Tabela 3 - Resultados selecionados da aplicação da metodologia para planejamento energético urbano no caso da operação urbana Água Branca quanto à mobilidade urbana e consumo de energia em transportes urbanos

PRINCIPAIS RESULTADOS DE MOBILIDADE URBANA	Unidade	Situação de Referência	SITUAÇÕES URBANAS ALTERNATIVAS			
			1	2	3	4
			Opções de Tecido Urbano			
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
Mobilidade urbana						
Demanda por transporte	Passag./dia	766.412	894.646	894.646	846.073	846.073
Transporte não motorizado	%	36,06	15,00	15,00	15	15
Transporte baixa capacidade	%	26,56	9,31	10,31	10,31	9,31
Transporte público média capacidade BRT/VLT	%	0,00	37,24	41,24	41,24	37,24
Transporte público alta capacidade	%	8,44	8,44	8,44	8,44	8,44
Transporte particular automóvel	%	28,94	30,00	25,00	25,00	30,00
Total	%	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Índice de Mobilidade	viagens/hab dia	1,96	2,88	2,88	2,88	2,88
Taxa de motorização	veículos/hab	0,49	0,26	0,22	0,22	0,26
Consumo de energia em transportes urbanos						
Cenário 1 - Consumo de energia com transporte individual	kWh/hab dia	4,74	4,87	4,24	4,24	4,87
Cenário 2 - Consumo de energia com transporte individual	kWh/hab dia	4,74	5,39	4,82	4,82	5,39
Cenário 3 - Consumo de energia com transporte individual	kWh/hab dia	4,74	5,32	4,73	4,73	5,32

Fonte: adaptado de Marins (2010)

²⁰Segundo a Companhia do Metropolitano de São Paulo (2008), as viagens por bicicleta eram muito pouco representativas no conjunto de viagens não motorizadas, sendo basicamente relacionadas ao transporte a pé.

Ao compatibilizar densidade populacional, densidade de ocupação do solo e densidade construída para estruturar a área urbana em questão, respeitando limites de cânion urbano para iluminação e ventilação naturais e, ao mesmo tempo, prover demanda suficiente para o transporte público coletivo e área viária adequada à circulação urbana, nas Situações Urbanas Alternativas, constatou-se que as densidades relativas à Situação de Referência, por excederem esses referenciais, talvez possam trazer limitações quanto ao dimensionamento adequado do cânion urbano e às áreas livres para circulação e transporte.

Com relação ao consumo de energia em transportes urbanos de pessoas, verifica-se que as Situações Urbanas Alternativas 2 e 3 são cerca de 16% mais eficientes do que a Situação de Referência e as Situações Urbanas Alternativas 1 e 4, devido à maior participação do transporte público coletivo sobre o transporte individual, conforme a Tabela 3 mostra. Como o consumo energético no transporte é muito superior ao consumo de energia em edificações, devido aos elevados número de passageiros e distância, os resultados mostraram que a principal ação de eficiência energética na área urbana em questão é a priorização do transporte público com relação ao transporte individual.

A Tabela 4 mostra alguns dos principais resultados referentes aos sistemas de suprimento de energia, exemplificados para as Situações Urbanas Alternativas 1 e 2. São considerados os consumos de energia derivados da aplicação dos Níveis 1 e 3-3 de eficiência energética em edificações comerciais, associados ao Nível 1 de eficiência energética em edificações residenciais. Os resultados mostram que a capacidade instalada é muito inferior a 52.097 kW, que é a capacidade total estimada para a Situação de Referência. No caso da escala regional, a capacidade instalada é 52 a 74% menor que a capacidade da linha de base devido às medidas de eficiência energética em edifícios e à previsão de aquecimento solar de água. Na escala distrital, a capacidade de fornecimento de energia é 42 a 53% menor, e na escala predial é 27 a 51% menor em relação à Situação de Referência, devido à eficiência energética nos edifícios e à possibilidade de uso de calor residual da cogeração de energia, em ambas as escalas. Comparando-se as três escalas entre si, é possível verificar que as capacidades instaladas no sistema distrital e no sistema predial são maiores do que no sistema regional, devido às menores eficiências de conversão e ao uso de energia solar, mesmo considerando as maiores perdas de distribuição na escala regional. Por outro lado, as

medidas de eficiência energética nos edifícios diminuem a capacidade instalada necessária e o volume de combustíveis utilizados em todos os sistemas, contribuindo para o uso de recursos energéticos locais e sistemas de geração de menor capacidade, em configurações de geração distribuída.

Tabela 4 - Resultados selecionados da aplicação da metodologia para planejamento energético urbano no caso da operação urbana Água Branca quanto à capacidade instalada de geração de energia

Resultados de geração de energia	Unidade	Escala Regional	Escala Distrital	Escala Predial
Situação Urbana Alternativa 1 - Capacidade instalada				
Nível 1 de eficiência energética em edifícios	kW	25.409	30.629	33.264
Nível 2 de eficiência energética em edifícios	kW	17.463	29.365	31.678
Nível 3-3 de eficiência energética em edifícios	kW	13.447	24.069	25.028
Situação Urbana Alternativa 1 - Calor residual disponível para aquecimento e resfriamento				
Nível 1 de eficiência energética em edifícios	kWh/ ano	-	77.168.372	98.052.762
Nível 2 de eficiência energética em edifícios	kWh/ ano	-	73.985.185	93.377.359
Nível 3-3 de eficiência energética em edifícios	kWh/ ano	-	60.642.547	73.781.848
Situação Urbana Alternativa 2 - Capacidade instalada				
Nível 1 de eficiência energética em edifícios	kW	25.030	30.161	32.797
Nível 2 de eficiência energética em edifícios	kW	17.181	28.892	31.200
Nível 3-3 de eficiência energética em edifícios	kW	13.078	23.463	24.369
Situação Urbana Alternativa 2 - Calor residual disponível para aquecimento e resfriamento				
Nível 1 de eficiência energética em edifícios	kWh/ ano	-	75.989.922	96.675.002
Nível 2 de eficiência energética em edifícios	kWh/ ano	-	72.791.770	91.968.233
Nível 3-3 de eficiência energética em edifícios	kWh/ ano	-	59.115.691	71.841.225

Fonte: baseado em Marins (2010)

Os principais indicadores relacionados ao consumo e à geração de energia no caso da operação Urbana Água Branca são reunidos na Figura 6, para as Situações Urbanas Alternativas 1 e 2 (tecidos urbanos Opção A - esquerda - e B - direita), considerando sistemas de transporte público baseados em veículos diesel (Cenário 1) e veículos elétricos (Cenário 3). A linha tracejada indica a Situação de Referência e as demais áreas dos gráficos correspondem aos três principais níveis de eficiência energética em edificações comerciais (Níveis 1 e 2 e média dos valores dos Níveis 3-1, 3-2 e 3-3), integrados ao Nível 1 de eficiência energética em edificações residenciais. Comparando-se as Situações Urbanas 1 e 2 com a Situação de Referência, é possível visualizar a redução no consumo de energia, resultante das estratégias previstas. Na Situação 2, o consumo de energia em transporte urbano é ainda mais reduzido que na Situação 1, devido ao incremento do transporte público em detrimento do individual.

Figura 6 - Principais indicadores relacionados ao consumo e geração de energia no caso da operação Água Branca, para situações urbanas alternativas, escalas de suprimento energético e cenários tecnológicos de transporte selecionados

Fonte: Marins (2010)

Em relação às emissões de poluentes e GEE, a Tabela 5 traz os resultados referentes às emissões da geração de energia e transporte urbano para as Situações Urbanas Alternativas 1 e 2, sendo os indicadores mostrados na Figura 7. A linha tracejada indica a Situação de Referência e as demais áreas dos gráficos correspondem aos três principais níveis de eficiência energética em edificações comerciais (Níveis 1 e 2 e média dos valores dos Níveis 3-1, 3-2 e 3-3), integrados ao Nível 1 de eficiência energética em edificações residenciais. Nos gráficos dessa figura, a menor área do gráfico também significa melhor desempenho ambiental, sendo que o sufixo “T” significa emissões geradas pelos sistemas de transporte, enquanto o sufixo “G” refere-se às emissões da geração de energia, mostrando a maior contribuição dos sistemas de transporte.

Tabela 5 - Resultados selecionados da aplicação da metodologia para planejamento energético urbano no caso da operação urbana Água Branca quanto a emissões de poluentes relacionados à geração de energia e sistemas de transporte urbano para situações urbanas e cenários tecnológicos de transporte selecionados

Situações urbanas	Emissões de poluentes e gases de efeito estufa (g/ ano)					
	SO ₂	NO _x	COVs	CO	PM	GEE
Situação Urbana Alternativa 1 – Emissões de geração de energia						
Escala Regional						
Nível 1 de eficiência energética em edifícios	56	18.014	371	2.786	37	10.625.632
Nível 3 de eficiência energética em edifícios	38	12.193	251	1.886	25	7.192.235
Escala distrital						
Nível 1 de eficiência energética em edifícios	10.223	12.679	1.661	14.906	1.229	727.630
Nível 3 de eficiência energética em edifícios	8.034	9.964	1.305	11.714	966	571.806
Situação Urbana Alternativa 1 - Emissões do transporte urbano						
Cenário 1 - Transporte público com diesel	21.864	513.544	406.976	3.543.812	34.843	92.681.659
Cenário 2 - Transporte público com etanol	18.111	271.059	347.509	3.148.331	20.727	85.638.043
Situação Urbana Alternativa 2 – Emissões de geração de energia						
Escala Regional						
Nível 1 de eficiência energética em edifícios	55	17.776	367	2.749	37	10.485.043
Nível 3 de eficiência energética em edifícios	37	11.869	245	1.835	24	7.000.732
Escala distrital						
Nível 1 de eficiência energética em edifícios	10.067	12.485	1.635	14.679	1.210	716.518
Nível 3 de eficiência energética em edifícios	7.831	9.713	1.272	11.419	941	557.409
Situação Urbana Alternativa 2 -Emissões do transporte urbano						
Cenário 1 - Transporte público com diesel	19.247	507.028	355.812	3.061.322	32.910	79.158.844
Cenário 2 - Transporte público com etanol	15.091	238.522	289.964	2.623.401	17.279	71.359.368

Fonte: baseado em Marins (2010)

Analisando-se os resultados e os indicadores, verifica-se que a magnitude das emissões totais de poluentes locais na área urbana como um todo é definida principalmente pelo sistema de transporte urbano. Em transportes, os principais fatores incidentes são o tipo de combustível e a divisão modal. A mudança do uso de combustível fóssil para combustível renovável no transporte público, na Situação Urbana Alternativa 2 em relação à Situação Urbana Alternativa 1, permitiu uma redução de SO₂ em até 22%, COVs em 19%, NO_x em 53%, PM em 47%, CO em 14%, bem como emissões de GEE em 10%. Além disso, na Situação Urbana Alternativa 2, na qual a participação do transporte público é aumentada, pode-se verificar uma diminuição média de 5% nas emissões locais de poluentes e 2%, em GEE. Com relação às emissões correspondentes ao suprimento de energia (sufixo G), observa-se que as Situações Urbanas associadas a sistemas em Escala Distrital que utilizam tecnologias térmicas geram maiores emissões de CO, MP, SO₂ e COVs, mas quantidades menores de NO_x e GEE, quando comparadas ao sistema em Escala Regional, sendo, portanto, necessários investimentos adicionais para limpeza e tratamento de gases efluentes se prevista sua instalação em área urbana. Devido aos maiores níveis de emissões, as ações em termos de eficiência energética nos edifícios são muito mais significativas para a redução de emissões de poluentes na escala distrital do que na escala regional.

Figura 7 - Principais indicadores relacionados à emissão de poluentes e GEE no caso da operação Água Branca, para situações urbanas alternativas, escalas de suprimento energético e cenários tecnológicos de transporte selecionados

Fonte: Marins (2010)

Finalmente, o índice global de eficiência energética (IGEE) sintetiza o potencial geral de eficiência energética da área urbana analisada, ou seja, a redução no consumo de energia, mediante integração de seus fatores de contribuição. A Figura 8 mostra os resultados do IGEE para a área da operação urbana Água Branca, tomando por base a configuração morfológica do Tecido Urbano Opção B, que se mostrou o mais eficiente do ponto de vista energético.

Figura 8 - Índice geral de eficiência energética resultante da aplicação da proposta metodológica para planejamento energético urbano no caso da operação Água Branca

Fonte: Marins (2010)

Na Figura 8, as linhas coloridas se referem aos níveis de eficiência energética segundo as estratégias implantadas nas edificações comerciais (Níveis 1, 2 e 3-1, 3-2 e 3-3). O Nível 1 praticamente se sobrepõe à Situação de Referência, não demonstrando, no caso estudado, o impacto da estratégia de alteração do albedo da cobertura das edificações comerciais sobre o consumo de energia total da área analisada. Assim, nesse caso, a adoção de coberturas mais claras em substituição às coberturas existentes, não afetaria significativamente o consumo energético total.

Os resultados indicados na Figura 8 também mostram que as melhorias em eficiência energética em edifícios comerciais proporcionadas pelos níveis 1 a 3, na primeira coluna, associadas ao uso de energia solar para aquecimento de água, na segunda coluna, ou ao calor residual da cogeração tanto para água quente quanto para refrigeração, na terceira coluna, são responsáveis por diminuir o consumo total²¹ de energia na área urbana em até 5,5%. Ganhos maiores são obtidos quando 5% da demanda de transporte é transferida de carros para transporte público de média capacidade. Nesse caso, observa-se uma redução de 10 a 12% no consumo de energia total com apenas essa medida, o que demonstra claramente o impacto do modo de transporte urbano coletivo estruturado no planejamento energético de uma área urbana. Adicionando essa medida às estratégias já apresentadas na segunda e terceira colunas, a

²¹ Considerando-se o escopo de consumo de energia adotado na metodologia e estudo de caso, quais sejam o consumo de eletricidade e energia para condicionamento ambiental em unidades habitacionais e comerciais, e energia no transporte urbano de passageiros.

redução máxima no consumo de energia é de 17%. Em termos quantitativos, para este caso em particular, significa uma economia média de 240 gigawatts-hora por ano (MARINS, 2010).

3.1.3. Contribuições do planejamento energético na microescala urbana para a sustentabilidade de cidades

A aplicação da proposta metodológica no caso da Operação Água Branca permitiu aferir, quantificar e demonstrar contribuições da abordagem sistêmica entre planejamento urbano, energético e ambiental para a sustentabilidade urbana, por meio da melhoria de qualidade, desempenho e eficiência em microescala urbana.

Foram abarcados condicionantes fundamentais do planejamento energético de áreas urbanas, focando no potencial de integração de estratégias para produzir opções de tecidos urbanos com melhores níveis de desempenho energético e, ao mesmo tempo, áreas urbanas coesas, estruturadas e qualificadas urbanística e ambientalmente.

A metodologia permitiu a construção de diferentes cenários para comparar *trade-offs* entre densidade populacional, densidade construída, transporte, edifícios, consumo e geração de energia, fornecendo resultados e indicadores para avaliar o desempenho de diferentes estratégias consideradas no planejamento integrado. Utilizado para modelar cenários para o planejamento energético urbano, o método permite identificar não apenas um alto potencial quantitativo, mas também selecionar os principais fatores contribuintes que influenciam o desempenho energético de dada área urbana, um dos elementos determinantes do ponto de vista da sustentabilidade. Ao focar em um método de integração dos principais grupos de condicionantes para planejamento energético aplicado ao desenvolvimento de áreas urbanas, definiu-se uma lógica de integração setorial que, ainda que aplicável aos estágios preliminares de planejamento, permite identificar condicionantes principais para o planejamento energético e urbano, e estimar resultados de desempenho correlacionados.

Além disso, o método traz o planejamento energético para a escala urbana e para a pauta municipal, ao lidar diretamente com elementos do planejamento e desenvolvimento urbano, tais como morfologia, mobilidade e edifícios. Dessa forma, o método poderia ser usado pelos municípios para definir simultaneamente parâmetros de

uso e ocupação do solo e infraestrutura urbana para desenvolvimento ou reabilitação de áreas urbanas, com base em metas ambientais e de energia definidas. Poderia ser aplicado ao planejamento e à previsão de cenários utilizando informações de diferentes setores e agentes, que seriam compatibilizadas para a produção de sistemas urbanos e energéticos coerentes, facilitando assim a condução de soluções integradas pelos desenvolvedores dos projetos.

Entende-se que várias cidades no Brasil e no exterior poderiam se beneficiar dessa abordagem como uma ferramenta de avaliação para desenvolvimento de Projetos de Intervenção Urbana (PIU's), Operações Urbanas Consorciadas, Concessões Urbanísticas e Planos de Bairro. O método também seria útil para apoiar os municípios no desenvolvimento de planos de energia integrados aos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano e auxiliar na institucionalização de serviços de energia em nível municipal, o que também constituiria uma ação muito inovadora no contexto brasileiro.

Dessa experiência em pesquisa, concluiu-se, ainda, ser relevante avançar no conhecimento de fatores e experiências, em nível brasileiro e internacional, voltados ao desenvolvimento da sustentabilidade na microescala urbana, por meio de projetos de desenvolvimento urbano, como meio para se aprimorar a instrumentação, os procedimentos e a própria estrutura de planejamento e gestão urbanos. Com essa visão, foi então desenvolvido o projeto de pesquisa subsequente, conforme será exposto no item 3.2.

3.2. Diagnóstico comparativo multicriterial de práticas para a sustentabilidade em bairros - Estudos de caso no Brasil e exterior

Do ponto de vista conceitual, as cidades passaram a ser tratadas formalmente como sistemas quando a Teoria Geral dos Sistemas e a Cibernética passaram a ser aplicadas às ciências sociais, nos anos de 1950. De acordo com Batty (2008), os autores Norbert Wiener²², na engenharia, e Ludwig Von Bertalanffy²³, na biologia, deram grande impulso para este campo interdisciplinar emergente, trazendo a ideia de que os fenômenos de interesse em várias disciplinas poderiam ser articulados em termos genéricos como “sistemas”. O conceito de “sistema” enfatiza a ideia de um conjunto de componentes que são interconectados para alcançar um objetivo definido, além da necessidade de constante avaliação de desempenho ou eficiência.

Entretanto, os sistemas urbanos não são considerados, em geral, como “instalações integradas”, mas projetados e gerenciados de forma independente por especialistas de setores específicos, no que tange ao uso e ocupação do solo e os diferentes subsistemas técnicos urbanos (ENGEL -YAN et al., 2005). Para os autores, é importante identificar as condições e potenciais do desenvolvimento dos bairros para se alcançar melhores níveis de eficiência e qualidade no uso do solo, edificações e infraestrutura local.

Além disso, desde as primeiras aplicações da Teoria Geral dos Sistemas houve uma mudança de paradigma: os sistemas antes vistos como organizados de modo centralizado, de cima para baixo (*top-down*) com predominância de hierarquia, passaram a ser considerados estruturados também de baixo para cima (*bottom-up*). (BATTY, 2008). Essa abordagem é especialmente relevante na governança urbana, na qual a participação da sociedade civil organizada e mesmo da população, no Brasil e no exterior, tem ganhado mais força, na legislação e na prática, exigindo-se transparência às propostas e consideração dos múltiplos pontos de vista e interesses dos grupos envolvidos, desde o diagnóstico dos problemas urbanos até a formulação das estratégias e soluções.

A abordagem sistêmica e a integração de estratégias para sustentabilidade são reconhecidas como objetivos importantes do planejamento de áreas urbanas na

²²WIENER, N. *Cybernetics: or the Control and Communication in the Animal and the Machine*. 2nd. edition, Cambridge, MA: The MIT Press, 1965.

²³BERTALANFFY, L. von. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller, Revised Edition 1976.

atualidade, no que tange à melhoria da qualidade ambiental e de vida, assim como a efficientização dos processos urbanos, como já introduzido neste trabalho. No entanto, sua operacionalização ainda se constitui um desafio, pois é preciso compreender e aprimorar as inter-relações setoriais, em termos técnicos, econômicos e institucionais, bem como compatibilizar as posições dos múltiplos atores envolvidos. Nessa linha, a avaliação de parâmetros, processos, soluções e recomendações para orientar a definição de critérios, diretrizes, instrumentação e procedimentos aplicáveis ao desenvolvimento urbano sustentável configura-se uma iniciativa necessária.

Nesse contexto, foi elaborado um diagnóstico comparativo multicriterial de estratégias para sustentabilidade no desenvolvimento de áreas urbanas, baseado no estudo de casos práticos de quatro bairros implantados, sendo um no Brasil e três no exterior. Os métodos adotados e os resultados do referido diagnóstico para o avanço no estudo do tema da sustentabilidade na microescala urbana serão tratados nos itens seguintes. Parte dos resultados está publicada em Marins (2016, 2017), sendo a pesquisa resultante de um projeto de auxílio regular à pesquisa junto à FAPESP, desenvolvido de 2012 a 2014 (Processo nº 2011/ 21315-4).

3.2.1. Materiais e métodos

Primeiramente, foi realizado um levantamento preliminar de iniciativas envolvendo a implantação de projetos de bairros urbanos alinhados com abordagens sistêmicas e critérios de sustentabilidade, os quais vêm adquirindo representatividade nos últimos anos, no mundo e no Brasil. Iniciativas recentes foram encontradas em diversos países no mundo, dentre as quais:

- 22 Barcelona, em Barcelona;
- Bonne, Grenoble, França;
- Elephant and Castle e Gallions Park, em Londres, Inglaterra;
- Hammarby Sjöstad e Stockholm Royal Seaport, em Estocolmo, Suécia;
- Hart van Zuid, Rotterdam, Holanda;
- Cidade Pedra Branca, em Palhoça, Grande Florianópolis, Brasil;
- Rieselfeld e Vauban, em Freiburg, e Kronsberg, em Hannover, Alemanha;

- Southeast False Creek, Vancouver, Canadá;
- South Waterfront, em Portland, Estados Unidos;
- Tianjin, em Cingapura.

Dentre essas áreas, quatro casos foram selecionados para serem estudados: Kronsberg, em Hannover, Alemanha; Vauban, em Freiburg, na Alemanha; Hammarby Sjöstad, em Estocolmo, Suécia; e Cidade Pedra Branca, em Palhoça, Grande Florianópolis. Tais espaços configuram bairros em implantação ou implantados nos últimos 20 anos no Brasil e no exterior, projetados com o intuito de atingir níveis mais elevados de qualidade, desempenho, eficiência, assim como, de redução de impactos associados aos processos de urbanização, e que têm sido reconhecidos, local e internacionalmente, como referências em desenvolvimento urbano alinhado com critérios de sustentabilidade.

Com base na associação entre aprofundamento teórico e estudo de experiências/resultados práticos urbanos, procedeu-se a identificação, mensuração e comparação de indicadores representativos de soluções potenciais para a promoção de sustentabilidade no planejamento e construção de bairros urbanos. Para isso, foram realizadas revisão bibliográfica, visitas em campo e consultas a alguns agentes envolvidos nos respectivos processos de desenvolvimento urbano.

O aprofundamento teórico abrangeu a investigação das relações sistêmicas dos bairros em questão, identificando-se os principais fluxos de recursos (água – potável, reuso, esgoto, pluvial; energia – elétrica e calor; resíduos – recicláveis e rejeitos) e os principais condicionantes de sustentabilidade, analisando-se fatores tecnológicos, econômicos, sociais e institucionais. Esses insumos foram utilizados como base para identificar parâmetros e indicadores de apoio à análise multicriterial comparativa pretendida, organizados conforme os seguintes temas: governança, morfologia urbana, mobilidade e acessibilidade urbanas, eficiência e suprimento energético, saneamento ambiental e custos. Inicialmente, buscou-se identificar e caracterizar as principais soluções e desafios de cada um dos bairros estudados. Os parâmetros selecionados, relevantes para o estudo da sustentabilidade em microescala urbana, foram identificados em cada estudo de caso, procedendo-se, em seguida a uma análise comparativa das áreas urbanas estudadas.

As reuniões e visitas técnicas realizadas nos respectivos bairros tiveram duração de meio período a um dia (4 a 6 horas, aproximadamente). Foram coletadas informações via entrevista com os acompanhantes técnicos indicados pelos órgãos responsáveis e realizados registros fotográficos. As datas das visitas e os acompanhantes técnicos abrangeram:

- Kronsberg (Hannover): Visita ao bairro acompanhada por Karin Elgelke, técnica indicada pela responsável pelo projeto do bairro na Prefeitura de Hannover (*Landeshauptstadt Hannover*). Visita realizada em 19 de maio de 2012;
- Vauban (Freiburg): Visita ao bairro acompanhada por Andrea Philipp, da *Agency for Sustainability*, técnica indicada pela Prefeitura de Freiburg (*Stadt Freiburg/ City of Freiburg Umweltschutzamt/ Environment Protection Authority*) e realizada em 23 de maio de 2012;
- Hammarby Sjöstad (Estocolmo): Reunião com Joakim Rindsäter, técnico e funcionário do centro de informações sobre Hammarby Sjöstad (*GlashusEtt*) e visita técnica no bairro, realizadas em 26 de maio de 2012;
- Cidade Pedra Branca (Palhoça): Reunião realizada na empresa projetista, construtora e incorporadora do bairro (Pedra Branca Empreendimentos Imobiliários), com Dilnei Bittencourt, engenheiro responsável pelo empreendimento e Ramiro Nilson, engenheiro responsável pelos sistemas de infraestrutura. Visita ao bairro e ao *stand* de informações sobre o projeto, acompanhada pelos profissionais mencionados. Atividades realizadas em 26 de fevereiro de 2014.

3.2.2. Resultados

A pesquisa se dedicou ao estudo de quatro bairros urbanos, sendo um localizado no Brasil - **Cidade Pedra Branca**, Palhoça/SC, outros dois localizados na Alemanha - **Kronsberg**, Hannover e **Vauban**, Freiburg - e o último situado na Suécia - **Hammarby Sjöstad**, Estocolmo.

O bairro de Kronsberg foi desenvolvido em uma área de 160 hectares (RUMMING, 2004a) e, em 2012, contava com 7.500 habitantes e 3.300 apartamentos construídos (ENGELKE, 2012). A implantação de Vauban foi concluída em 2008 e o bairro conta com 38 hectares (FRAKER, 2013) e cerca de 5.100 habitantes (FREY, 2011). Hammarby Sjöstad tem 204 hectares, sendo 171 hectares de solo e o restante abrangendo o lago Hammarby; foi projetada para abrigar 26.000 residentes, em 11.500 apartamentos, e dispor de 10.000 empregos (STOCKHOLMS STAD *et al.*, 2011; RINDSÄTER, 2012). Cidade Pedra Branca, por sua vez, ocupa uma área de 59 hectares, está em construção e deve ser concluída em 2025, quando estima abrigar 30.000 habitantes e ofertar 30.000 postos de trabalho (PEDRA BRANCA, 2014). As Figuras 9 a 12 mostram algumas imagens das quatro áreas urbanas estudadas.

Figura 9 - Imagens do bairro Cidade Pedra Branca, em Palhoça, Região Metropolitana de Florianópolis

Fonte: A autora (2014)

Figura 10 - Imagens do bairro de Kronsberg, em Hannover, Alemanha

Fonte: A autora (2012).

Figura 11 - Imagens do bairro de Vauban, em Freiburg, Alemanha

Fonte: A autora (2012).

Figura 12 - Imagens do bairro de Hammarby Sjöstad, em Estocolmo, Suécia

Fonte: A autora (2012).

Serão abordados resultados selecionados do diagnóstico comparativo realizado, que ressaltam as estratégias e soluções utilizadas no desenvolvimento dos bairros em questão e que impactam na sustentabilidade urbana, abrangendo os tópicos: governança para implantação dos bairros, morfologia urbana; mobilidade e acessibilidade urbanas, uso de energia e fornecimento energético; saneamento ambiental; e custos de urbanização sustentável.

3.2.2.1. Governança para implantação dos bairros

Com relação à governança para implantação dos bairros, destaca-se a influência da propriedade da terra frente ao padrão de desenvolvimento urbano. Em Kronsberg, 93% dos empreendimentos são de propriedade da Prefeitura de Hannover, que realizou a implantação do bairro e é responsável pela administração direta da maior parte dos imóveis, por meio de locação (RUMMING, 2004a). A coordenação centralizada no órgão público permitiu alcançar níveis mais altos de desempenho

predial e energético, devido ao maior controle em especificação, construção, aprovação e monitoramento do desempenho dos empreendimentos. Por outro lado, para executar essa forte coordenação, foi necessário aumentar significativamente o tempo dedicado ao planejamento do bairro, como mostra a Figura 13. A propriedade e a administração públicas permitiram, ainda, atingir a maior parcela de unidades para habitação social, dentre os casos estudados.

No caso de Vauban, a Prefeitura também era detentora da maior parcela do solo a ser desenvolvido e vendeu grande parte da área para “grupos de proprietários”, responsáveis pela construção dos edifícios para sua própria moradia (FREY, 2011). Essa solução aumentou consideravelmente o tempo dedicado ao planejamento e, principalmente, à construção do bairro (ver Figura 13), já que integrou intensa participação dos futuros moradores, demandando discussões e o desenvolvimento de soluções mais diversas, portanto, com menor grau de padronização. Por outro lado, a qualidade e o desempenho das edificações puderam ser aprimorados.

Figura 13 - Período de planejamento e implantação de Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca

Fonte: Adaptado de Marins (2017), com base em Ruming (2004a), Frey (2011), Fraker (2013), Stockholm Stadt *et al.* (2011), Pedra Branca (2014).

O plano diretor geral de Hammarby Sjöstad foi elaborado pelo município de Estocolmo, mas detalhado e implementado com a participação significativa do setor privado. Com isso, o tempo de planejamento foi reduzido e o controle de especificação e desempenho das construções foi também menos exigente. Também não foram identificadas unidades habitacionais de interesse social no bairro. Em Hammarby Sjöstad, destaca-se a iniciativa de articulação dos múltiplos sistemas técnicos urbanos (água, energia, resíduos sólidos, transporte, dentre outros) pela unidade coordenadora do projeto da Prefeitura Municipal de Estocolmo, auxiliando no planejamento e na

operacionalização de subsistemas técnicos urbanos combinados, tornando o metabolismo do bairro mais cíclico e eficiente.

Cidade Pedra Branca apresenta características habitacionais semelhantes a Hammarby Sjöstad, assim como período de planejamento e construção (Figura 13). Por outro lado, Cidade Pedra Branca foi planejada e desenvolvida inteiramente pelo setor privado, e as interações com os subsistemas técnicos urbanos não foram tratadas em um plano de desenvolvimento integrado (PEDRA BRANCA, 2014).

Outro resultado de destaque se refere à constatação da importância de institucionalização de um órgão interlocutor com a população. Nesse âmbito, a instalação de um conselho consultivo ou comitê de assessoramento público em Kronsberg, Vauban e Hammarby Sjöstad mostrou-se relevante para interação entre atores envolvidos e/ou atingidos pela implantação do empreendimento, estabelecendo um canal permanente para interlocução, sobretudo com a população. Em Kronsberg e Vauban, pelas características de implantação do empreendimento pelo poder público e pelos proprietários, respectivamente, esses comitês de assessoramento tiveram importância decisiva nos processos de planejamento, enquanto que em Hammarby Sjöstad o comitê adquiriu um papel mais informativo.

3.2.2.2. Morfologia urbana

A densidade urbana e o uso do solo foram avaliados como parte da morfologia urbana. Observando a densidade populacional na Figura 14, é possível verificar uma enorme diferença entre as áreas estudadas, identificando-se valores desde 93 habitantes por hectare, em Kronsberg (FRAKER, 2013) a 508 habitantes por hectare, em Cidade Pedra Branca (PEDRA BRANCA, 2014). Todos os bairros se mostraram mais densos que os valores médios dos respectivos municípios onde estão inseridos. Por outro lado, em uma comparação internacional, Kronsberg detinha valores semelhantes à densidade de bairros centrais em São Paulo (103 habitantes por hectare); a densidade de Vauban era semelhante à densidade da área central da Cidade do México ou Nova York (128 e 153 habitantes por hectare, respectivamente); Hammarby Sjöstad, por sua vez, supera distritos mais densos de São Paulo (248 habitantes por hectare, República); e Cidade Pedra Branca se equiparava, em densidade populacional, às áreas mais densas da Cidade do México ou à área central de Mumbai (LSE CITIES, 2011; Instituto Brasileiro

de Geografia e Estatística²⁴, 2010 apud PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2020).

Figura 14 - Densidades populacional e de empregos em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca

Fonte: Adaptado de Marins (2017), com base em Fraker (2013), Urbistat (2011a), Frey (2011), Urbistat (2011b), Cederquist (2009), Vestbro (2005), Pedra Branca (2014), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011).

No que diz respeito à distribuição do uso e ocupação do solo apresentada na Tabela 6, Vauban é a área com maior participação de empreendimentos residenciais, apresentando apenas 0,12 empregos por habitante. Hammarby Sjöstad e Kronsberg estão em uma posição intermediária (0,21 e 0,46, respectivamente) e Cidade Pedra Branca tem a proposta de criar um emprego por habitante. As maiores densidades populacionais observadas na Figura 14 são produto de maior densidade construída, maior número de pessoas por unidade habitacional e maior quantidade de unidades residenciais por hectare, em Cidade Pedra Branca e em Hammarby Sjöstad, conforme valores apresentados na Tabela 6.

²⁴ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

Tabela 6 - Parâmetros e indicadores de uso e ocupação do solo em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca

Parâmetros e indicadores	Unidade	Kronsberg	Vauban	H. Sjöstad	C.P. Branca
Uso residencial	%	90 ¹	82 ¹	84 ¹	65 ²
Uso comercial	%	10 ¹	18 ¹	16 ¹	35 ²
Taxa de ocupação ²⁵	%	60 ³	50 ⁴	50 ¹	80 ²
Coefficiente de aproveitamento ²⁶	-	1,2 ⁵	1,4 ⁴	2,6 to 3 ⁶	4,7 ²
Número de pavimentos médio	andares	5 ⁸	4 ⁷	5 ⁶	12 ²
Densidade habitacional	Unid/ ha	41 ¹	53 ⁷	115 ⁶	169 ²
Habitantes por unid. habitacional	hab./ unid.	2,25 ¹	2,55 ⁹	2,27 ¹	3,37 ²

Fonte: A autora (2014), com base em: ¹Fraker (2013) e Rumming (2004b); ²Pedra Branca (2014); ³Rawe (2006); ⁴Bube (2010); ⁵Rumming (2004b); ⁶Cederquist (2009); ⁷Frey (2011).

Outro ponto diz respeito à distribuição de áreas construídas e áreas livres e verdes, conforme representado nas Figuras 15 e 16.

Fonte: A autora (2020), com base em: Fraker (2013), Pedra Branca (2014) e Google Earth, Image © 2014 Digital Globe (2014).

Fonte: A autora (2020), com base em: Fraker (2013), Pedra Branca (2014) e Google Earth, Image © 2014 Digital Globe (2014).

²⁵ Percentual de área ocupada por edificações sobre a área total do lote ou terreno.

²⁶ Relação entre a área construída total e a área do lote ou terreno.

Verificou-se que Vauban e Kronsberg maximizaram a participação de áreas livres e verdes para viabilizar espaços públicos de convívio, lazer, transporte não motorizado e adequação microclimática, o que foi realizado de forma intermediária em Hammarby Sjöstad. Nesses casos, sobretudo nos dois primeiros, verifica-se a busca por um equilíbrio entre as especificações para adensamento construído e ocupação do solo, valorizando-se mutuamente espaço construído e espaço livre, este integrado ao sistema de áreas verdes. Conclui-se que essa estratégia de desenvolvimento urbano é, em grande parte, resultante do modelo de governança adotado, associado à coordenação do processo pelo poder público ou pelos grupos de proprietários, provavelmente mais interessados em aspectos qualitativos e na utilização do bairro em longo prazo. No caso da Cidade Pedra Branca, o objetivo de atingir elevado adensamento populacional e de empregos, demandou a elevação da densidade construída. Nesse caso, as áreas públicas e livres, embora qualificadas e projetadas no conjunto do bairro e inclusive para o pedestre, são reduzidas aos limites da legislação brasileira de parcelamento do solo, sendo inferiores, em termos quantitativos, às respectivas áreas nos demais bairros estudados.

3.2.2.3. Mobilidade e acessibilidade urbanas

No estudo realizado, mobilidade urbana se refere às condições de conectividade e oferta de transporte urbanos nos bairros estudados. Acessibilidade urbana, por sua vez, relaciona-se à distância dos bairros com relação ao centro urbano dos municípios e regiões onde estão localizados.

Os resultados apresentados na Tabela 7 permitem comparar fatores determinantes incidentes sobre a divisão de modos de transporte, nos casos estudados, quais sejam a distância do bairro ao centro da cidade, o tempo de viagem via transporte público, a taxa de motorização, a disponibilidade de vagas de estacionamento e a tarifa do transporte público.

Tabela 7 - Parâmetros e indicadores de mobilidade e acessibilidade urbanas em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca

Parâmetros e indicadores	Unidade	Kronsberg	Vauban	H. Sjöstad	C.P. Branca
Distância ao centro urbano	km	8,5 ¹	3 ¹	6 ¹	18 ¹
Tempo de viagem ao centro urbano por transporte público.	minutos	17 ²	15 ¹	22 ¹	43,2 ¹
Distância média das unidades habitacionais aos pontos de acesso ao transporte público	m	600 ³	400 ⁷	400 ⁷	500 ⁵
Viagens a pé	%	27 ⁴	64 ⁸	18 ¹³	40 ¹⁹
Viagens por bicicleta	%	13 ⁴		9 ¹³	3 ¹⁹
Viagens por automóvel	%	41 ⁴	16 ⁸	21 ¹³	34 ¹⁹
Viagens por transporte público	%	17 ⁴	19 ⁸	52 ¹³	22 ¹⁹
Taxa de motorização	veíc./1.000 hab.	411 ⁴	150 ⁹	620 ⁷	667 ¹⁵
Vagas de estacionamento por unidade habitacional	vagas/ unid. hab.	0,8 ³	0,5 ¹⁰	0,5 ¹⁴	1,5 ¹⁶
Velocidade máxima em vias principais do bairro	km/h	30 ³	30 ¹¹	NI	40 ¹⁶
Tarifa do transporte público	euros	3 ⁶	2,2 ¹²	2,9 ¹⁷	1,4 ¹⁸

Fonte: Adaptado de Marins (2017), com base em: ¹Googlemaps (2014); ²Rumming (2004a); ³Rumming (2007); ⁴Rawe (2008) ⁵Googlemaps (2014); ⁶City of Hannover (2014); ⁷Fraker (2013); ⁸Scheurer; Newman (2009); ⁹Fórum Vauban²⁷ (2009) apud Buehler; Pucher (2011); ¹⁰Gorges (2011), ¹¹City of Freiburg im Breisgau, (2008); ¹²Freiburger Verkehrs AG (2014); ¹³Brick (2008); ¹⁴Stockholms Stad (2011); ¹⁵Calculado considerando 1,5 vagas/ unid. habitacional, de acordo com Pedra Branca (2014). ¹⁶Pedra Branca (2014); ¹⁷SL (2014); ¹⁸SETUF (2014); ¹⁹Assumido com base na divisão média de modos de transporte para municípios brasileiros com 500.000 a 1.000.000 de habitantes, de acordo com Associação Nacional de Transportes Públicos (2012). NI: Não identificado.

Como é possível visualizar na Tabela 7, Vauban é o bairro mais próximo do centro da cidade, o que poderia justificar, juntamente com a infraestrutura disponível para caminhada e uso da bicicleta, a maior parcela de viagens não motorizadas. Por outro lado, o uso do transporte público também se mostrava bastante atrativo, devido à menor tarifa de transporte em comparação com outros casos europeus. Além disso, a posse de veículos particulares é dificultada pelo reduzido número de vagas de estacionamento e pelos altos custos para se parar veículos no bairro. Kronsberg, por sua vez, pode ser classificado como um subúrbio de Hannover, devido à maior distância em que está do centro da cidade. No entanto, apresenta localmente maior diversidade de uso do solo e atividades econômicas, uma vez que as viagens a pé representam quase 30% de todas as viagens. No entanto, a presença de automóveis na área é muito expressiva, como mostra a taxa de motorização, devido à inexistência de medidas tão restritivas como ocorria em Vauban, bem como à tarifa mais alta de transporte público.

Hammarby Sjöstad está localizado a uma distância intermediária do centro de Estocolmo (6 km), conforme indicado na Tabela 7. É a área com a maior participação

²⁷ FORUM VAUBAN. **Planning a sustainable community**. Freiburg: Forum Vauban, 2009

de transporte público, mesmo considerando a tarifa mais elevada, em comparação com Vauban. A taxa de motorização é mais alta, mas a posse mais elevada não impacta na divisão modal, que tinha participação majoritária do transporte público, motivada pela extensão da rede estruturada de transporte público a Hammarby Sjöstad no início do desenvolvimento do bairro (BRICK, 2008).

Cidade Pedra Branca está localizada na região metropolitana de Florianópolis, no município de Palhoça, e corresponderá a uma pequena cidade brasileira com cerca de 30.000 habitantes quando totalmente construída. O bairro está planejado para oferecer um número de empregos igual ao número de moradores, favorecendo o uso do transporte não motorizado para acesso local. Entretanto, a oferta de empregos no próprio bairro não garante que a população local preencha essas vagas. Dessa forma, em necessitando se realizar trajetos para fora do bairro, ressalta-se que o sistema rodoviário regional se demonstrava congestionado à época do estudo e não havia previsão de ligação do bairro à capital Florianópolis, por meios de transporte público de maior capacidade.

3.2.2.4. Uso de energia e fornecimento energético

Os principais parâmetros analisados abrangeram o consumo de energia no transporte urbano e em edificações, bem como a participação das energias renováveis na geração de energia elétrica e calor.

O consumo de energia por passageiro transportado por ano não pôde ser identificado diretamente na literatura. Para estimá-lo, adotou-se o método apresentado por Marins (2010), considerando: a) consumo de energia por tecnologia veicular e combustível, em MJ/passageiro-km: 0,48 para ônibus (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 1998); 0,79 para transporte leve sobre trilhos - VLT (NEWMAN; KENWORTHY, 1999); 3,21 para automóveis a gasolina (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 1998); 4,49 para automóveis a etanol (valor assumido, de acordo com a eficiência no consumo do combustível, em relação a veículos à gasolina); e 1,80 para carros a diesel (NYLUND, 2013); b) índice de mobilidade: 3,50 viagens/pessoa por dia, em Kronsberg, Vauban e Hammarby Sjöstad, baseado em *Transport for London* (2009), *United States Department of Transportation* (2011) e *Technical University of Denmark* (2014) e 1,67 viagens / pessoa por dia em Cidade Pedra Branca, com base na média das cidades com

500 a 1.000 mil habitantes no Brasil, segundo a Associação Nacional de Transportes Públicos (2009); c) ocupação média veicular, em pessoas por veículo: 38 para ônibus (EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS DE SÃO PAULO, 2008); 123 para veículo leve sobre trilho - VLT (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, 2004); e 1,5 para automóveis (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS, 2009); d) período de operação dos sistemas de transporte (assumido): 20 horas por dia e 300 dias por ano; e) distância média por viagem (assumida): 1 km, para caminhada; 3 km, para transporte cicloviário; distância de cada bairro ao centro da respectiva cidade (Tabela 7), para transporte público e carros; f) combustíveis utilizados (assumidos): automóveis: 50% de diesel e 50% gasolina, em Kronsberg, Vauban e Hammarby Sjöstad; 50% de etanol e 50% de gasolina, na Cidade Pedra Branca; 100% diesel em ônibus e 100% eletricidade em VLT, para todos os casos.

Figura 17 - Indicadores de consumo e geração de energia em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca

Fonte: Adaptado de Marins (2017), com base em: consumo de energia em edifícios - ¹Rumming (2004a); ²Fraker (2013); ³Fannon²⁸ (2009) apud Fraker (2013); Participação de energias renováveis: ¹com base na geração de energia elétrica a partir fontes renováveis e aquecimento solar com armazenamento sazonal de água quente, responsável por 40% da energia de aquecimento em Kronsberg de acordo com Rumming (2004a, 2004b); ² Fraker (2013); ³Fraker (2013), Brogren e Green (2003).

Observando o consumo médio de energia por passageiro transportado por ano, apresentado na Figura 17, é possível observar que quanto mais dependente o bairro for em relação ao automóvel, mais energia será gasta nos serviços de transporte. Vauban apresenta o melhor desempenho em relação ao uso de energia no transporte, principalmente devido à restrição de circulação e estacionamento de automóveis, combinada aos enormes incentivos ao transporte não motorizado e público. Hammarby Sjöstad surge em uma segunda posição; nesse caso, o transporte público bem conectado e acessível foi o principal fator para diminuir o consumo de energia. Kronsberg, por sua

²⁸ FANNON, D. **Hammarby Sjöstad: Report for Arch 209**. Berkeley: University of California, 2009.

vez, é uma área suburbana e possui uma alta participação de carros, o que a leva a um desempenho intermediário em relação ao consumo de energia no transporte urbano. Cidade Pedra Branca, por fim, ao ser concluída, demandaria altos níveis em consumo energético ao consumir 3,6 vezes mais energia que Kronsberg, 5,5 vezes a energia usada em Hammarby Sjöstad e 20 vezes mais energia que Vauban, por passageiro transportado, considerando-se os deslocamentos até o centro urbano de Florianópolis.

No que diz respeito à eficiência energética nos edifícios, os planos de desenvolvimento urbano de Kronsberg, Vauban e Hammarby Sjöstad estabeleceram metas de redução do consumo energético, em comparação com os níveis médios praticados nos respectivos municípios onde estão implantados.

Kronsberg e Vauban diminuíram em cerca de 55% (RUMMING, 2004a) e 64% (FRAKER, 2013), respectivamente, seu uso de energia em comparação com edifícios tradicionais (LAPILLONNE *et al.*, 2012; LEVINE *et al.*, 2007; Harvey²⁹, 2013 apud LUCON *et al.*, 2013). Em Hammarby Sjöstad, os edifícios têm melhor desempenho energético do que os edifícios tradicionais suecos, consumindo quase 30% menos energia (Fannon³⁰, 2009 apud FRAKER, 2013). No entanto, os apartamentos em Hammarby Sjöstad consomem praticamente o dobro da energia usada nos apartamentos em Vauban, por exemplo. Em Kronsberg, como o desenvolvimento urbano foi conduzido quase que inteiramente pelo poder público, a obtenção dos alvarás de aprovação das construções ficou subordinada ao alcance das metas de consumo energético pré-estabelecidas, o que foi verificado mediante processos de auditoria.

Em Vauban, houve controle direto por parte dos proprietários das unidades residenciais, responsáveis pela contratação direta de todos os serviços técnicos necessários e acompanhamento da execução frente às metas estabelecidas. Na Cidade Pedra Branca, nenhuma alteração dos padrões correntes de construção, que pudesse reduzir o consumo de energia em edificações foi identificada no relatório de construção (PEDRA BRANCA, 2010), e nenhum programa local de medição de consumo de energia já havia sido implementado à época do estudo. É importante observar que o custo da energia na Alemanha é superior ao custo na Suécia e no Brasil, o que também

²⁹ HARVEY, L. Recent advances in sustainable buildings: review of the energy and cost performance of the state of the art best practices from around the world. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 38, p.281–309, 2013.

³⁰ FANNON, D. **Hammarby Sjöstad: Report for Arch 209**. Berkeley: University of California, 2009.

pode contribuir para o estabelecimento e a prática eficiente de políticas de eficiência energética nos bairros alemães.

A redução no consumo energético contribui para tornar viável a participação de energia renovável na matriz energética local, em acordo com o que também foi verificado por Marins (2010). Vauban e Kronsberg adotaram sistemas fotovoltaicos, eólicos, aquecimento solar de água e sistemas de cogeração de eletricidade e calor a biomassa, e Hammarby Sjöstad utilizou calor residual de processos de saneamento para aquecimento distrital e geração de biogás, este usado em fogões e ônibus (FRÄNNE, 2007).

Figura 18 - Participação da geração local de energia e da geração de energia renovável em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca

Fonte: A autora (2020), com base em: Kronsberg - Rumming, 2004a; Rumming (2007); Engelke (2012); Vauban - Frey (2011); Philipp (2012); Hammarby Sjöstad - Ministry of the Environment³¹, (2000) apud Pandis *et al.* (2010); Brogren; Green³² (2003) apud Pandis *et al.* (2010); Brogren³³ *et al.* (2004) apud Pandis *et al.* (2010); Bylund³⁴ (2006) apud Pandis *et al.* (2010); Green³⁵, (2006) apud Pandis *et al.* (2010); Engberg; Svane (2007); Fränne (2007); Pandis; Brandt³⁶ (2009) apud Pandis *et al.* (2010); Fortum³⁷, (2010) apud Pandis *et al.* (2010); Pandis *et al.* (2010).

Dessa forma, como indicado na Figura 18, 93% do consumo de energia de Vauban pôde ser suprido por sistemas locais, 53% por fontes renováveis; em

³¹ MINISTRY OF THE ENVIRONMENT. **Local investment programmes** – a Swedish initiative for sustainable development. Stockholm: 2000.

³² BROGREN, M., GREEN, A. Hammarby Sjöstad-an interdisciplinary case study of the integration of photovoltaics in a new ecologically sustainable residential area in Stockholm. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, 2003. 75(3-4): p. 761-765.

³³ BROGREN, M. *et al.* Optical properties, durability, and system aspects of a new aluminium-polymerlaminated steel reflector for solar concentrators. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, 2004. 82: p.387-412.

³⁴ BYLUND, J. R. **Planning, projects, practice** - a human geography of the Stockholm local investment programmes in Hammarby Sjöstad. Stockholm: Stockholm University, Department of Human Geography, 2006.

³⁵ GREEN, A. **Hållbar energianvändning i svensk stadsplanering - från visioner till uppföljning av hammarby sjöstad och västra hamnen**. Linköping: Linköping University, Linköping Studies in Arts and Science, 2006.

³⁶ PANDIS, S., BRANDT, N. **Evaluation of Hammarby Sjöstad's eco-profiling** (In Swedish). Stockholm: Royal Institute of Technology (KTH), 2009.

³⁷ FORTUM. **Fortum 2010**. Disponível em www.fortum.se, acessado em 23.07.2010.

Kronsberg, 49% da geração energética foi atendida localmente e mais de 70%, por fontes renováveis (somando-se sistemas locais e regionais); e, em Hammarby Sjöstad, 17% da energia foi gerada localmente, e 20% do total era atendido por fontes renováveis. Em Cidade Pedra Branca, os sistemas de aquecimento solar foram planejados para serem instalados no topo dos edifícios, para aquecimento de água, complementados por sistemas de aquecimento a gás. Entretanto, a demanda a ser atendida por sistemas solares não pôde ser identificada.

3.2.2.5. Saneamento ambiental

Foram analisadas soluções para abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, manejo de águas pluviais e resíduos sólidos; houve, no entanto, bastante dificuldade na identificação de parâmetros comparativos, sendo encontrado pouco material publicado a respeito. A análise, dessa forma, foi realizada de forma qualitativa.

Com relação ao manejo de águas pluviais, em Hammarby Sjöstad e Cidade Pedra Branca não foram identificados sistemas urbanos além dos convencionais. Em Kronsberg e Vauban foi reservada maior parcela de área permeável (ver Figura 15). Em Kronsberg, em particular, destaca-se uma solução baseada em gerenciamento de águas pluviais para infiltração, retenção e seu aproveitamento, baseada em um sistema de trincheiras com 11 km de extensão, instaladas ao longo de grande parte do sistema viário e integradas a pequenas lagoas de retenção, estas inseridas em áreas públicas de lazer, denominada "Mulden-Rigolen-System". O sistema reduziria a participação do escoamento superficial de 29% para 3% e aumentaria a taxa de infiltração do solo urbano de 25% para 50% (RUMMING, 2004a). Para viabilizar a execução do sistema de gestão de águas pluviais de acordo com o conceito apresentado, foi elaborado um manual com descrições detalhadas, para apoio ao desenvolvimento dos projetos, construção e monitoramento da qualidade da implantação, disponibilizado para as construtoras e demais atores envolvidos desde o processo licitatório, o qual auxiliou, inclusive, na elaboração dos contratos.

Após o parcelamento do solo e venda dos terrenos, os empreendedores tiveram de submeter, ao Serviço de Tratamento de Água de Hannover, projetos detalhados que comprovassem que o sistema de gerenciamento de águas pluviais descrito funcionaria com o êxito esperado, para obter os alvarás de construção. De acordo com Rumming (2004a), a articulação entre as diversas divisões do governo

municipal, escritórios de assessoria em planejamento e construtoras, tendo o manual como instrumento central, foi considerada um pré-requisito para que a solução fosse adequadamente implementada. O sistema de gestão de águas pluviais implantado custou para a Prefeitura de Hannover 8% a menos do que um sistema tradicional (RUMMING, 2004a). Para os empreendedores privados, o sistema de drenagem descentralizado resultou no incremento de 25% sobre o custo do sistema de drenagem convencional (Wasserkonzept Kronsberg³⁸, 2000 apud RUMMING, 2004a). No entanto, houve redução de 70% nas taxas pagas para disposição e manejo de águas pluviais (Menze³⁹, 2000 apud RUMMING, 2004a), compensando os investimentos no sistema alternativo.

Relativamente ao abastecimento de água e à coleta e tratamento de esgotos domésticos, os dois bairros na Alemanha e o da Suécia apresentam soluções convencionais de conexão às respectivas redes urbanas, pois não adotaram nem sistemas locais, nem tecnologias alternativas de menor impacto ambiental. No caso de Cidade Pedra Branca, foi implementado um sistema próprio de captação e distribuição de água potável e também de coleta e tratamento de esgotos, com serviços tarifados abaixo do referencial da região atendida pela concessionária (PEDRA BRANCA, 2014).

Com relação aos resíduos sólidos urbanos, verificou-se, em todos os bairros, soluções para separação de resíduos nos pontos de acondicionamento, para posterior coleta seletiva. Em Kronsberg, Vauban e Cidade Pedra Branca, há recipientes e *containers* localizados em áreas públicas próximas às edificações, para acondicionamento dos resíduos pelos moradores e frequentadores do bairro. Os resíduos são então coletados por caminhões do serviço de coleta urbana. Em Hammarby Sjöstad, por sua vez, as lixeiras públicas e também alguns depósitos localizados no subsolo de edifícios, são conectados a um sistema de coleta infraestruturado por redes de sucção a vácuo, que removem os resíduos de acordo com diferentes frações, armazenando-o em centrais distritais, sistema patenteado pela empresa Envac. Em alguns pontos específicos, há uma acumulação parcial, sendo os resíduos removidos por caminhões. O sistema infraestruturado torna a coleta mais rápida e eficiente, enquanto inibe os efeitos do tráfego de caminhões coletores de resíduos (FRÄNNE, 2007).

³⁸WASSERKONZEPT KRONSBURG, Teil des EXPO-Projektes Ökologische Optimierung Kronsberg, dtsh./engl., LHH Stadtentwässerung, Broschüre, 2000.

³⁹MENZE, H. Die Kosten für das Mulden-Rigolen-System am Kronsberg in Hannover; ATV-DVWK-Tagung zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung am 02./03.05.2000 in Hannover, 2000.

3.2.2.6. Custos de urbanização sustentável

Foram analisados os custos marginais para implantação das soluções de sustentabilidade nos bairros estudados, conforme mostra a Figura 19. Com relação ao aprimoramento das edificações, os casos internacionais requereram incremento de até 10% com relação aos custos com edificações tradicionais; em Cidade Pedra Branca, esses custos foram bastante superiores, da ordem de 28%. Os custos adicionais dos projetos urbanos como um todo foram obtidos apenas para Vauban (4%) e Cidade Pedra Branca (28%), mostrando a amplitude existente entre os dois casos para se aprimorar os projetos, nos dois bairros em questão.

Figura 19 - Incremento sobre custos de projetos tradicionais em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca

Fonte: Adaptado de Marins (2017), com base em: Kronsberg - Czorny (2013); custos de projetos urbanos não identificados; Vauban: Moura (2010); Energy cities; Ademe (2008); Hammarby Sjöstad - Rindsäter (2012); custos dos projetos urbanos não identificados; Pedra Branca - Pedra Branca (2014).

Também foram analisados os valores absolutos dos custos de infraestrutura e os custos totais por área construída (Figura 20). Verifica-se que Cidade Pedra Branca realizou investimentos proporcionalmente mais baixos, embora o percentual de investimento adicional em relação ao padrão local tenha sido o mais alto (28%), como mostrado na Figura 19. Isso demonstra que o padrão brasileiro de desenvolvimento urbano, de acordo com os aspectos considerados neste estudo, ainda é baixo, demandando representativo investimento adicional. Além disso, os padrões de construção e infraestrutura adotados na Cidade Pedra Branca, embora mais altos do que em outras áreas de Palhoça, Grande Florianópolis e até no Brasil, poderiam ser melhorados quando comparados aos estudos de caso internacionais.

Figura 20 - Investimentos por área construída em Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca

Fonte: Adaptado de Marins (2017), com base em: Kronsberg - Rumming (2004a); Vauban - Moura (2010); Energy cities; Ademe (2008); Hammarby Sjöstad - Rode *et al.* (2012); Cidade Pedra Branca - Pedra Branca (2014)

Os resultados ainda mostram que Hammarby Sjöstad exigiu os maiores investimentos totais. Trata-se da maior área dentre as estudadas e seu desenvolvimento depende da coordenação de muitas partes interessadas, o que aumenta o desafio de minimizar custos. Kronsberg teve os custos mais baixos, possivelmente devido à coordenação do governo de todo o processo de planejamento, construção e ocupação da área. Vauban se coloca em uma posição intermediária, pois é menor que Hammarby Sjöstad, mas seu desenvolvimento urbano foi coordenado por grupos de proprietários, o que também contribuiu para tornar a gestão mais complexa do que em Kronsberg.

3.2.3. Análise integrada do conjunto de estratégias para sustentabilidade em bairros urbanos

O diagnóstico comparativo dos casos estudados permitiu identificar estratégias na microescala promissoras para sustentabilidade urbana, assim como desafios que necessitam ser superados, para desenvolvimento dos bairros. O gráfico apresentado na Figura 21 mostra o conjunto de desafios para as áreas estudadas. Quanto menor a área do gráfico, melhores são as condições de sustentabilidade urbana, conforme escopo considerado no presente estudo. Para cada bairro e grupo de estratégias foi atribuído um peso, de acordo com os seguintes critérios: estratégias padrão (linha de base): 10 pontos; estratégias com nível superior de desempenho: 6 pontos; e estratégias com nível de desempenho mais elevado: 2 pontos.

Figura 21 - Desafios para aprimoramento de Kronsberg, Vauban, H. Sjöstad e C. Pedra Branca relativamente à sustentabilidade urbana

Fonte: Adaptado de Marins (2017)

Dessa forma, conforme indicado na Figura 21, Vauban é o bairro que apresentou o melhor desempenho global, embora aspectos de acessibilidade urbana tenham sido facilitados não apenas pelo projeto de desenvolvimento, mas pela própria localização relativamente ao município de Freiburg, estando bem mais próximo do centro urbano consolidado. Resta para este bairro o desafio de desenvolver soluções de mais alto desempenho relativamente ao saneamento ambiental, no que tange a água, esgoto e resíduos, otimizando seu uso e promovendo seu processamento e aproveitamento local. Em seguida, coloca-se Kronsberg com desempenho elevado quanto à governança, saneamento ambiental e energia, este bairro tem o desafio de melhorar sua divisão modal de transporte para reduzir o uso do automóvel, possivelmente incorporando soluções em uso misto do solo, controle e desincentivo ao transporte individual (redução de vagas de estacionamento, cobrança) e incentivo ao transporte público (otimização dos sistemas, política tarifária atrativa). Em Hammarby Sjöstad, permanecem ainda os desafios de promover melhores níveis de eficiência energética em edificações e uso de fontes renováveis, o que também prescindiria de aprimoramentos na morfologia urbana, o que é muito difícil para os setores já implantados. Aspectos de governança, sobretudo relativamente à educação e à participação social também são relevantes, inclusive para promover maiores níveis de comprometimento da população residente para consumo eficiente de recursos.

Finalmente, a Cidade Pedra Branca superou o padrão brasileiro de desenvolvimento de novas áreas urbanas pelo empreendedor privado, no que diz respeito a estratégias de governança, morfologia urbana e saneamento ambiental. No entanto, comparada aos casos internacionais, ainda enfrenta os maiores desafios no que diz respeito à acessibilidade e mobilidade urbanas, bem como à eficiência energética em edifícios e ao uso de fontes de energia renováveis, fatores que contribuíram para reduzir seu desempenho global frente aos demais casos examinados.

Analisando os resultados dessa pesquisa, reconhecem-se limitações metodológicas quanto à realização de estudos de caso a distância, pois não é possível ter contato permanente e direto com os locais, bem como realizar observações, medições de médio prazo ou levantamentos sistemáticos de dados primários. Além disso, como a maior parte dos casos estudados se localiza na Alemanha e na Suécia, há certa dificuldade de obtenção de dados, uma vez que a maior parte das fontes encontra-se em base de dados disponíveis em idiomas nativos, obtidas por meio de sistemas de informações específicos. Também, analisar simultaneamente casos com realidades nacionais e urbanas diferentes implica em conhecer e considerar as referências locais de cada um deles, e não apenas sua posição relativa internacional. Esse fato, associado à abordagem sistêmica, multidisciplinar e intersetorial do trabalho, demanda a manipulação simultânea de grande número de variáveis e parâmetros, que precisam ser considerados de forma integrada. Apesar dessas dificuldades, acredita-se que foi possível realizar um estudo simultâneo de realidades urbanas diferenciadas com um nível de aprofundamento adequado, e produzir um diagnóstico sistematizado e comparativo das principais soluções empregadas nessas áreas visando à incorporação de requisitos de sustentabilidade em projetos de desenvolvimento urbano, assim como indicar os principais desafios envolvidos.

À parte as limitações apresentadas, conclui-se que a análise do conjunto dos processos de desenvolvimento dos bairros mostrou, de forma equalizada, a importância de estabelecer mecanismos de planejamento e gestão transparentes, objetivos e com o nível de aprofundamento pertinente para se diagnosticar as diferentes demandas e desenvolver as soluções necessárias, de forma adequada. O estudo dos processos de desenvolvimento mostrou, ainda, que é necessário integrar e gerir a participação efetiva de diferentes atores, assim como suportar a verificação e o monitoramento do desempenho e da qualidade das soluções adotadas, ao longo do ciclo de vida do bairro.

Dessa forma, coloca-se o desafio de estruturação e operação de um sistema de governança mais abrangente e permanente, compatível com cada realidade urbana.

Identificaram-se, também, diversos benefícios associados à adoção de estratégias e soluções sistêmicas e intersetoriais, envolvendo uso e ocupação do solo e subsistemas técnicos urbanos, compatíveis com a escala de bairro e com as características das suas demandas. Embora estratégias para a sustentabilidade urbana demandem investimento adicional e adequação a modelos de governança mais complexos, podem viabilizar processos e serviços mais eficientes e geradores de menores impactos ambientais.

Ademais, percebe-se que o planejamento urbano na escala do bairro pode colaborar decisivamente para melhorar as condições de vida das comunidades urbanas e auxiliar na resolução dos problemas, tais como: oferta de habitação, oportunidades de emprego, bem como acesso e uso de recursos, como água e energia. Para tanto, a investigação científica e a execução de casos práticos em projeto urbano são de suma importância para aprimorar políticas de desenvolvimento urbano e sistemas de governança e participação.

3.3. Avaliação em microescala urbana para sustentabilidade de bairros, em áreas de desenvolvimento urbano orientado ao transporte, no município de São Paulo

No estudo transdisciplinar de centralidades urbanas, destaca-se a teoria do desenvolvimento orientado pelo transporte (DOT), que visa catalisar o desenvolvimento de áreas urbanas acessíveis a pé de uma estação de alta ou média capacidade de transporte coletivo. Segundo a teoria do DOT, as áreas localizadas a uma distância caminhável de estações de transporte de massa, são, em essência, lugares em que o acesso e a mobilidade de pessoas deveria se dar, fundamentalmente, a pé, uma vez que o transporte de mais longa distância pode ser ofertado por sistema de transporte coletivo de alta capacidade (CERVERO; KOCKELMAN, 1997; SUZUKI; CERVERO; IUCHI, 2013). Por outro lado, pontos conectivos e de entrada no sistema de transporte também configuram áreas de oferta de comércio e serviços, ou seja, centros urbanos distribuídos no território da cidade. Ademais, trata-se de áreas atrativas para o incentivo à moradia e ao adensamento urbano, justamente para motivarem o desenvolvimento urbano junto ao sistema de transporte estruturado, o senso de pertencimento e comunidade locais, enquanto diminuem a dependência e o interesse pelo uso extensivo dos automóveis (FRANCIS *et al.*, 2012).

Cervero e Kockelman (1997), Bento *et al.* (2005); Handy, Cao e Mokhtarian (2006), Ewing e Cervero (2010) e Ou *et al.* (2013) buscaram diagnosticar a influência da densidade e do uso misto do solo sobre a escolha dos modos de transporte. A densidade, a diversidade e a acessibilidade são fatores de otimização e controle simultâneos, no intuito de propiciar uso eficiente do território e a capacidade do território em suportar as atividades também deve ser observada, para promover níveis adequados de qualidade de vida em uma dada área urbana (JACOBS, 1961; BURDETT *et al.*, 2004; JABAREEN, 2006; SUZUKI, CERVERO; IUCHI, 2013; RODE *et al.*, 2014). As características físicas do ambiente impactam, inclusive, nas condições de caminhabilidade (CERVERO; KOCKELMAN, 1997; LI *et al.*, 2005; HANDY; CAO; MOKHTARIAN, 2006; SAELENS; HANDY, 2008; WEINSTEIN *et al.*, 2008; EWING; HANDY, 2009; EWING; CERVERO, 2010; MEHTA, 2014; MATEO-BABIANO, 2016). Alguns autores ressaltam a importância da diversidade de usos do solo no incentivo à utilização de modos não motorizados, devido à redução de distâncias em certos motivos de viagens, e ao incremento da vitalidade urbana local

(BURDETT *et al.*, 2004; LITMAN, 2015; EWING; CERVERO, 2010; WEISTEIN, 2008; JACOBS, 1961).

Ainda, Hidalgo (2015) e Young (2015) destacam que as estratégias de planejamento orientado ao transporte favorecem o desenvolvimento da comunidade, a melhoria econômica e a revitalização do bairro. Também, experiências em várias cidades mostraram que a implementação do DOT trouxe benefícios significativos para indivíduos, comunidades e regiões inteiras, com melhorias sensíveis para a qualidade de vida (CARLTON, 2009).

Nas centralidades urbanas em processos de adensamento populacional, a avaliação e o planejamento morfológico urbanos são fundamentais para efficientizar o uso e ocupação do solo, no que tange ao adensamento construído, verticalização, diversidade, acessibilidade e conforto, bem como adequação em relação aos sistemas de infraestrutura e serviços urbanos, mediante envolvimento e participação social.

Formas de integração física e funcional dos diferentes tipos de espaços urbanos, tais como os construídos, os abertos públicos, os abertos privados, os espaços verdes, e suas condições de conforto e qualidade espacial são tratadas por diversos autores, no contexto de qualificação do desenvolvimento urbano, voltado ao adensamento, verticalização e diversificação urbana.

Jacobs (1993), Ewing e Handy (2009) e Gehl (2015) ressaltam a importância do nível térreo do ambiente construído, valorizando a presença de comércio e a transparência nas transições espaciais. Os espaços viários constituem os espaços urbanos abertos mais representativos em termos de área e funcionalidade urbana coletiva, constituindo de 20 a 25% do espaço, em uma dada área urbana (MASCARÓ, 2005). Aspectos de segurança viária, conforto, ergonomia, assim como, escala e vida social são seus atributos fundamentais (GEHL, 2015; JACOBS, 1961; MARCUS; FRANCIS, 1998; MATEO-BABIANO, 2016; SUZUKI; CERVERO; IUCHI, 2013), influenciando na qualidade e atratividade não só dos espaços viários, mas dos empreendimentos construídos a eles integrados. Nesse contexto, diversos autores chamam à atenção para a necessidade de limitação do número de vagas de estacionamento para automóveis em áreas acessíveis pelo transporte público, tanto nos espaços viários, quanto nos estacionamentos privados, inclusive em edificações residenciais, recomendando o estabelecimento de uma taxa máxima de vagas por

unidade habitacional (BELZER; AUTLER, 2002; RENNE, 2005; ESTUPIÑAN; RODRÍGUEZ, 2008; INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO, 2013; SUZUKI; CERVERO; IUCHI, 2013).

Outros autores também destacam a importância da operação eficiente de subsistemas técnicos urbanos e da incorporação de tecnologias e processos com menores impactos sociais e ambientais. O adensamento populacional (residencial e de empregos), assim como a diversidade social e de usos do solo, impactam na demanda pelos serviços ofertados e funções desempenhadas pelos sistemas de infraestrutura (FILION, 2008). De acordo com Yigitcanlar e Dur (2010), os sistemas de infraestrutura urbana constituem um dos principais domínios que afetam a sustentabilidade urbana. Segundo Derrible (2017), "no contexto global para tornar as cidades mais sustentáveis e resilientes, uma melhor integração dos sistemas de infraestrutura pode ter muito potencial".

Condicionantes e impactos do adensamento construído e da verticalização são também tratados por diversos autores. Golany (1995) ressalta que a heterogeneidade do tecido urbano gera diversos nichos microclimáticos e, para Oke (2006), diferenças nas temperaturas ao redor das edificações são observadas. Essas temperaturas são influenciadas pela densidade construída, densidade de áreas verdes e, principalmente, pelo gabarito de altura (WONG *et al.*, 2011). Segundo Scalco, Pereira e Rigatti (2010), a densidade construída é o principal condicionante da forma urbana quanto ao acesso das edificações à radiação solar, sendo o estudo morfológico um instrumento de planejamento urbano (CHATZIPOULKA; COMPAGNON; NIKOLOPOULOU, 2016). Stewart e Oke (2012) estabeleceram 17 classes climáticas locais, caracterizadas por formas urbanas, materiais e funções homogêneas, cuja aplicação, entretanto, tem-se mostrado mais adequada em tecidos urbanos com baixos gabaritos de altura. No caso de São Paulo, por exemplo, que apresenta grande heterogeneidade morfológica, há agregação de zonas, aumentando a imprecisão da classificação (FERREIRA *et al.*, 2017; WANG *et al.*, 2017). Ainda assim, é uma referência mundial extremamente valiosa, por proporcionar uma base comum para classificação de tecidos morfológicos urbanos, de acordo com parâmetros microclimáticos. Em climas tropicais, o sombreamento mútuo entre edificações, proporcionado por cânions urbanos profundos, com elevado H/W (H: *Height* - gabarito de altura da edificação; W: *Width* - seção viária, mais recuos) e baixo Fator de Visão do Céu (FVC), auxilia na redução da temperatura

externa, melhorando o conforto nos períodos quentes (JOHANSSON; EMMANUEL; 2006; EMMANUEL *et al.*, 2007); em contrapartida, essa configuração morfológica reduz a qualidade e a disponibilidade de luz natural no interior das edificações, em ambientes com aberturas em fachadas adjacentes ao cânion (KNOWLES, 1980; 2003). Givoni (1998) destaca a importância da distribuição de áreas verdes nas áreas urbanas, e valoriza áreas verdes públicas junto ao sistema viário, tais como canteiros, praças e pequenos parques, que aumentam as superfícies de evapotranspiração e de infiltração da água das chuvas, além de condicionar o efeito “ilha de calor”. Ratti *et al.* (2003) ressalta a necessidade de estudar os processos de desenvolvimento urbano sob diferentes escalas. Emmanuel (2018) recomenda que mais esforços devem ser feitos na escala de vizinhança, com vistas à melhoria do conforto térmico no interior das edificações, por meio de avaliações integradas entre parâmetros morfológicos.

Assim, evidencia-se a importância de se tratar, de forma abrangente e integrada, os múltiplos fatores condicionantes da estrutura morfológica urbana (MARINS *et al.*, 2017), em especial na áreas sujeitas ao adensamento populacional e construído, visando aos adequados aproveitamento e qualificação dos locais ainda disponíveis ou aqueles que serão redeseñvolvidos.

Entretanto, há carência de estudos e procedimentos de avaliação transdisciplinares e intersetoriais, que deem suporte ao desenvolvimento de interfaces e à avaliação dos sistemas de forma integrada, identificando-se oportunidades de melhoria em eficiência e qualidade. Faltam modelos, ferramentas e metodologias multicriteriais aplicáveis à microescala urbana, que suportem a identificação e compatibilização de parâmetros urbanísticos, de infraestrutura e serviços urbanos mais relevantes. Tal abordagem se faz útil no monitoramento e na avaliação de áreas urbanas, como forma de suportar a elaboração de projetos e retroalimentar políticas de desenvolvimento urbano.

No âmbito do município de São Paulo, em julho de 2014, foram aprovadas as revisões do plano diretor de desenvolvimento urbano (PDE), (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014a), e, em março de 2016, da lei de parcelamento, uso e ocupação do solo (LPUOS) do município, (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016a), que incorporam, em seus princípios e instrumentos, diversas estratégias do desenvolvimento orientado pelo transporte. Essas políticas urbanas pretendem, em linhas gerais, redirecionar o desenvolvimento urbano para áreas

próximas às redes de transporte coletivo de média e alta capacidades, denominadas Eixos de Estruturação da Transformação Urbana - EETU. É incentivado o adensamento populacional e construído, assim como revalorizados espaços públicos, conectividade, acessibilidade e uso misto nas áreas de influência desses eixos de transporte, localizadas em um raio de 600 metros de uma estação de transporte coletivo de massa (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014a; 2016a). Para tanto, alguns instrumentos foram definidos para incentivar o adensamento urbano (cota parte máxima do terreno por unidade habitacional⁴⁰, assim como maiores valores de coeficiente de aproveitamento máximo e taxa de ocupação máxima dos terrenos) e o uso misto do solo, além de estratégias de fruição pública⁴¹ e “fachada ativa”⁴², entre outros. A LPUOS definiu, ainda, os limites das zonas sujeitas à obrigatoriedade de aplicação dos instrumentos descritos, chamadas de zonas eixo de estruturação urbana (ZEU), marcadas em cor marrom avermelhado no mapa da Figura 22. Em 2018, o Macrozoneamento Metropolitano da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), que é parte do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI), seguiu linha semelhante ao Plano Diretor da Capital, e também considerou como zona de diversificação e adensamento, em escala metropolitana, as áreas constantes igualmente em um raio de 600 metros a partir de estações de trem ou metrô (CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO; EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO, 2018).

Em face ao contexto apresentado, e tendo por base a realidade urbana de São Paulo, e a condição legislativa vigente, procedeu-se à execução da pesquisa visando avaliar, de forma abrangente, aprofundada e intersetorial, inter-relações relevantes para a sustentabilidade de bairros localizados em áreas de desenvolvimento orientado ao transporte.

⁴⁰Quantidade de unidades habitacionais por unidade de área do terreno. "Define a densidade habitacional a partir da relação entre o número de unidades habitacionais a serem idealmente produzidas e a área total do terreno" (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2020b).

⁴¹"Área no térreo aberta à circulação de pedestres para o desenvolvimento de atividades sociais, culturais e econômicas" (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2020b).

⁴²"Área no térreo aberta à circulação de pedestres para o desenvolvimento de atividades sociais, culturais e econômicas" (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2020b).

Figura 22 - Mapa geral do zoneamento do município de São Paulo

Fonte: Adaptado de Prefeitura do Município de São Paulo (2016a)

3.3.1. Materiais e métodos

Para a investigação do tema da avaliação da sustentabilidade em microescala urbana, segundo a visão sistêmica e intersetorial pretendidas, no contexto do município de São Paulo, foram primeiramente identificados aspectos relevantes para desenvolvimento científico do tema e que abrangeram: adensamento urbano, morfologia urbana, mobilidade urbana não motorizada, transporte urbano de carga, microclima urbano, gestão de resíduos sólidos urbanos, geração de energia renovável, bem como governança local e participação.

A partir de então, estruturou-se um conjunto de catorze projetos de pesquisa, cada qual enfocando determinados aspectos e investigando potenciais de integração intersetorial, interescalar e suas interdependências com relação à morfologia urbana, do ponto de vista conceitual, metodológico e por meio da aferição de resultados em um caso prático. Os projetos foram desenvolvidos quase que simultaneamente, de 2014 a 2019, por pesquisadores em nível de doutorado, mestrado e iniciação científica, coordenados pela docente, e os temas também vêm sendo tratados em trabalhos de disciplinas de graduação e pós-graduação, ministradas pela docente.

Foram avaliadas duas áreas urbanas, ambas localizadas no município de São Paulo. A primeira área foi avaliada de 2014 a 2016 e é localizada no bairro de Santa Cecília/Higienópolis, com um escopo preliminar mais restrito. A segunda área é localizada nas proximidades da estação Belém do Metrô, e foi avaliada de 2014 a 2019, com o escopo completo considerado na pesquisa.

A área urbana avaliada na região de Santa Cecília/Higienópolis tem aproximadamente 1 km², conforme indicado na Figura 23. Trata-se de uma área com urbanização consolidada, com uso misto e alta densidade demográfica, como ilustra a Figura 24. Por essas razões, a área permite avaliar diversas dinâmicas já estabelecidas. Enfocou-se, nessa pesquisa, as inter-relações entre uso e ocupação do solo e transporte urbano de carga, na microescala urbana.

Figura 23 - Localização da área urbana avaliada na região de Higienópolis e Santa Cecília, no município de São Paulo e vista aérea, em 2016

Fonte: Mapa adaptado de Prefeitura do Município de São Paulo (2002) e vista aérea baseada © 2016 Google

Figura 24 - Foto aérea da região de Higienópolis e Santa Cecília, no município de São Paulo

Fonte: Sampa Online, 2014.

A área urbana avaliada e situada na zona de influência da estação Belém do Metrô abrangeu uma área aproximada de 0,9 km², incluindo a faixa de servidão do transporte metroviário, com certa de 0,1 km² (Figura 25a). O recorte urbano é parte da Zona Leste do município de São Paulo e localizado proximamente à região central do município (Figura 25b). Esta área foi selecionada devido ao intenso processo de adensamento e verticalização recente e ainda em curso, com incremento populacional mais recente, realizado a partir da reocupação de antigos lotes e instalações industriais obsoletas, que passam a circundar "ilhas" formadas por tecidos urbanos tradicionais horizontais, basicamente compostos por habitações unifamiliares (Figura 26, área

destacada em vermelho). Por essas características, identificou-se a oportunidade de monitorar e avaliar este processo, que é representativo para as transformações de uso e ocupação do solo correntes em diversas regiões do município de São Paulo, da RMSP e também em outras cidades brasileiras. Conforme o aspecto apresentado, a área e o perímetro do estudo de caso tiveram alguns ajustes para alcançar consistência nos vários métodos aplicados.

Figura 25 - Localização da área urbana avaliada no entorno da Estação Belém do Metrô, no município de São Paulo

Fonte: Lamour, Morelli e Marins (2019), baseado em Mapa Digital da Cidade de São Paulo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016b)

Figura 26 - Vista aérea da área urbana avaliada no entorno da Estação Belém do Metrô, no município de São Paulo

Fonte: A autora (2020), adaptado de © 2020 Google Earth Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO Landsat/ Copernicus

Para desenvolvimento de cada aspecto constante da avaliação global pretendida, desenvolveu-se extenso estudo bibliográfico, análise normativa e da legislação federal, estadual e municipal pertinente, assim como levantamentos e análises baseados em métodos e ferramentas específicos, conforme sintetizado nos subitens 3.3.1.1 e 3.3.1.2.

3.3.1.1. Materiais e métodos para avaliação do estudo de caso localizado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis, no município de São Paulo

No estudo do transporte urbano de carga e suas interdependências com relação à morfologia urbana, foi avaliado um recorte urbano selecionado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis, no município de São Paulo. De 2014 a 2016, utilizou-se uma combinação de levantamentos de campo com modelagem computacional para desenvolver o tema e avaliar o estudo de caso, conforme detalhado em Montmorency Silva (2016) e Montmorency Silva e Marins (2019).

Inicialmente, procedeu-se a um levantamento de campo para identificar e caracterizar os estabelecimentos comerciais da região de estudo, relacionados ao setor alimentício, realizado de outubro/ 2014 a janeiro/ 2015. Foram identificados, mediante entrevistas, a área e o número de funcionários de cada estabelecimento, assim como o número de entregas recebidas por semana. Dados relativos à população foram obtidos junto às bases da Prefeitura de São Paulo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014b). Os parâmetros urbanísticos utilizados na construção de cenários foram extraídos do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, de 2014 (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014a)

Em seguida, utilizando-se os dados coletados e sistematizados, a área urbana foi modelada no modelo *Freturb* combinado ao *Dalsim - Delivery Areas and Logistics SIMulation* - (DELAÎTRE; ROUTHIER, 2010; ROUTHIER e TOILIER, 2013; AMBROSINI *et al.*, 2013), que são utilizados em cidades francesas para estabelecer relações entre os dados do comportamento econômico-espacial dos estabelecimentos (porte, perfil econômico e localização) e as operações de transportes da carga (quantidades e características dos movimentos, horários e escolha dos tipos de veículos). A modelagem visou obter parâmetros de avaliação integrada entre uso do solo e transporte de carga para a realidade urbana estudada, assim como elaborar

cenários dessa interação, a partir de perspectivas de adensamento urbano. Para tanto, dividiu-se o território urbano analisado em 109 zonas, reunindo os estabelecimentos alimentícios que dão frente a cada trecho de via (Figura 27).

Figura 27 - Zoneamento em "colmeia" da microescala urbana do estudo de caso em Santa Cecília/Higienópolis

Fonte: Montmorency Silva, 2016, com base em © 2015 Google

Os resultados da modelagem no *Freturb* foram comparados com resultados de situações urbanas com densidades e dimensões territoriais semelhantes ao recorte urbano de Santa Cecília/Higienópolis, já avaliadas no modelo *Freturb*, no caso o centro de Lyon e o quarto *arrondissement* de Paris, ambos os recortes urbanos localizados em cidades na França.

Os resultados da modelagem foram ainda confrontados com algumas verificações em campo realizadas em 05 de dezembro de 2018 (quarta-feira) no recorte urbano de Santa Cecília/Higienópolis, no horário das 6h40 às 11h40, nas zonas da “colmeia” com as maiores densidades de movimentações de carga, por meio de

observações, registros e entrevistas com parcela dos estabelecimentos alimentícios inseridos na modelagem.

A avaliação intersetorial entre morfologia e mobilidade urbanas no recorte urbano dos bairros de Santa Cecília e Higienópolis foi realizada no âmbito de uma dissertação de mestrado (MONTMORENCY SILVA, 2016), com colaboração da iniciação científica de Vitor (2015), e bolsas de estudo concedidas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Programa PIBIC do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

3.3.1.2. Materiais e métodos para avaliação do estudo de caso no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo

A avaliação do estudo de caso no bairro do Belenzinho incluiu, primeiramente, uma avaliação preliminar do uso e ocupação do solo e demografia. Em seguida, foram realizadas avaliações envolvendo as seguintes interações: morfologia urbana e microclima; morfologia urbana e geração de energia solar fotovoltaica; morfologia urbana e mobilidade urbana; morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar; e governança participativa e desenvolvimento urbano.

3.3.1.2.1. Materiais e métodos para caracterização morfológica e demográfica

Para o estudo das populações residente e empregada, foram consultados primeiramente os dados disponíveis na plataforma Geosampa (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016b). Contudo, a base não permite identificar populações residente, empregada, estudante, etc. apresentando densidade demográfica global, sem desagregação. Além disso, a densidade demográfica era apresentada em faixas de valores muito abrangentes, impossibilitando a estimativa da população local. As estimativas populacionais foram baseadas, portanto, na Pesquisa Origem e Destino de 2007 do Metrô (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2008), disponível no ano de 2016, na qual se analisou zonas de origem e destino, para extrair os parâmetros populacionais.

O mapeamento do uso e ocupação do solo foi elaborado no software Quantum GIS, versão 2.14.0 para MAC OS X (QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM, 2016), utilizando as bases disponibilizadas no Geosampa, da Prefeitura do

Município de São Paulo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016b), combinadas com levantamentos em campo. A classificação dos lotes segundo o uso do solo foi realizada mediante visitas de campo e seguiu as classes estabelecidas pela Secretaria Municipal de Finanças (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016b), complementada por três classes adicionais, devido à diversidade de combinações identificadas nas conferências em campo.

A divisão de quadras foi considerada tal como o arquivo disponibilizado no Mapa Digital da Cidade de São Paulo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016b). A base dos lotes também foi aquela disponibilizada no Geosampa (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016b), porém, estes sofreram manipulações para que o recorte urbano de estudo pudesse ser definido com precisão e a divisão dos lotes se aproximasse o máximo possível dos arquivos oficiais de Setor Quadra-Lote, presentes no Geosampa, propiciando a extração de resultados via georreferenciamento. Para os levantamentos dimensionais de geometria urbana, foram utilizados os dados constantes na plataforma Geosampa, relativamente a áreas, gabaritos de altura, complementados por medições locais de sistema viário, bem como inserção de atualizações relativas a empreendimentos que ainda não se encontravam atualizados na base da Prefeitura. Para as medições em campo, utilizou-se de trena eletrônica de alto alcance marca Leica, modelo DISTO D810 touch, disponibilizada pelo Laboratório de Topografia e Geodésia do Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Dos levantamentos de uso e ocupação do solo participaram todos os pesquisadores envolvidos no estudo de caso do Belenzinho, quer seja em levantamentos individuais ou atividades colaborativas para obtenção de dados de interesse comum, ou para atualizar ou aperfeiçoar levantamentos anteriores (CATTO, 2016; GODOY, 2017; MAUAD, 2017; MORELLI, 2017; TIERNO, 2017; KALLEDER, 2018; FULCO, 2018; MACEDO, 2018; LAMOUR, 2018; GIROTTI, 2019; PACIFICI, 2019; CRUZ, 2019).

3.3.1.2.2. Materiais e métodos para avaliação intersetorial e interescolar entre morfologia e microclima urbanos

A avaliação morfológica e microclimática foi realizada em um recorte territorial do bairro do Belenzinho (em linha tracejada vermelha, Figura 28), no município de São Paulo, constante da área da ZEU Belenzinho, na qual já havia a

presença de contrastes morfológicos entre tecidos urbanos adjacentes, qual seja, conjunto de torres residenciais de grande altura localizadas junto a quadras ocupadas por conjuntos de edificações de baixo gabarito, sobretudo habitações unifamiliares de pequenos comércios (Figura 29). Trata-se de um processo de transformação morfológica bastante comum em diversas regiões do município de São Paulo, RMSP e outras cidades brasileiras e, portanto, pertinente à realização de um estudo aprofundado. Ademais, o perímetro de avaliação foi restringido à situação morfológica específica, para que o uso dos materiais e métodos selecionados (medições *in loco* e modelagens matemáticas computacionais) fossem viáveis.

Figura 28 - Recorte urbano para avaliação de interações entre morfologia e microclima urbanos, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo

Fonte: adaptado de Lamour (2018)

Figura 29 - Vistas do bairro do Belenzinho, em São Paulo, com contrastes morfológicos entre tecidos urbanos horizontalizados e verticalizados

Fonte: Pacifici (2019), mapa adaptado de Google Earth.

Para a avaliação microclimática do recorte urbano no bairro do Belenzinho, foi desenvolvida uma metodologia de avaliação das interações entre formas urbanas e características climáticas nos espaços abertos urbanos, com foco em fluxos térmicos e disponibilidade solar afetada por edifícios, superfícies e vegetação, conforme detalhado por Pacifici (2019); Pacifici, Rama e Marins (2019) e Pacifici *et al.* (2017). Na avaliação, diferentes padrões e cenários de adensamento construído foram testados e comparados. A metodologia incluiu coleta de dados de campo, análise de dados e modelagem numérica. A coleta de dados foi realizada em períodos selecionados entre maio de 2016 e dezembro de 2018, ao ar livre, em espaços abertos públicos e privados do bairro. Nos espaços abertos públicos, foram aplicadas estratégias de transecto⁴³, a fim de preservar a segurança das estações climáticas. Nos espaços abertos privados e semi públicos, com autorização das administrações condominiais dos empreendimentos, foram realizadas medições de longo prazo e, por esta razão, propiciaram análises mais detalhadas envolvendo a relação entre morfologia e microclima urbano.

Conforme detalhado por Pacifici *et al.* (2017), executou-se inicialmente um levantamento em transecto em trinta e seis pontos localizados ao longo do sistema viário (Figura 30), selecionados conforme variações na morfologia urbana, para explorar os ambientes de microclima que compõem o recorte urbano em questão, sob condições meteorológicas de outono e inverno (maio e julho de 2016), no que tange a variáveis térmicas e lumínicas. Os pontos de coleta foram colocados nas mesmas condições de relevo, na calçada. Dessa forma, o equipamento é protegido contra o movimento dos veículos e é acessível pelos operadores. Os equipamentos utilizados incluíram: registrador de dados Hobo, U23-001; escudo solar Hobo, RS-1 (medidores de temperatura e umidade do ar); anemômetro de fio quente Testo 425 (medidor de vento); luxímetro digital Homis 630 (medidor de iluminância); câmera termográfica Fluke, Ti105 (medidor de temperatura superficial), câmera fotográfica Nikon, Coolpix 4500; lente olho de peixe Nikon, FC-E8 0,21x (medidor de visão do céu). Também foi realizada uma análise solar para observar o potencial de sombreamento na área de estudo, utilizando ferramentas de modelagem *Rhinoceros*[®] e *Grasshopper*[®], aplicando-se o "Sunlight Hour Analysis". Os dados coletados foram organizados e processados para observar variações microclimáticas entre os pontos coletados, sendo avaliada a correlação entre as temperaturas da superfície e a iluminância, utilizando o coeficiente

⁴³ A medição em transecto é realizada por meio da coleta sequencial de dados em pontos pré-determinados e com uma metodologia pré-estabelecida.

de *Spearman* e o fator de visão do céu (FVC). Por fim, correlacionou-se as horas de incidência direta da luz solar no solo, o FVC, as temperaturas do ar e superficial nos pontos climáticos, a fim de verificar o papel do sombreamento na geração de diferenças de temperatura.

Figura 30 - Recorte urbano no bairro do Belenzinho, com localização dos pontos de medição climática em transecto no sistema viário (à esquerda), exemplo de posicionamento de estação de medição (à direita e acima) e contrastes morfológicos dos tecidos urbanos alto e baixo (à direita e abaixo),

Fonte: Pacifici *et al.* (2017)

No estudo dos espaços abertos privados, que incluiu basicamente o estudo de áreas intersticiais entre edificações destinadas à permanência, convivência e circulação de pessoas, foi realizada a análise detalhada em mesoescala (urbana), escala local (bairro), e microescala (entorno das edificações), conforme conceituação morfoclimática de Oke (2006).

Para análise na escala urbana, definiu-se um raio de análise de 10 km ao redor da área urbana estudada, no qual foram analisados dados morfológicos urbanos conforme classificação prévia de Zonas Climáticas Locais (*Local Climate Zones - LCZ's*) realizada para São Paulo por Ferreira *et al.* (2017), segundo o método WUDAPT (*World Urban Database and Access Portal Tools*) e ilustrados na Figura 31. Os dados morfológicos foram confrontados com dados de seis estações meteorológicas localizadas no município de São Paulo e administradas pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e CGE (Centro de Gerenciamento de Emergência). Para tanto, considerou-se as tipologias morfológicas encontradas em um raio de 500 metros ao redor de cada estação.

Figura 31 - Esboço da microescala, escala local e mesoescala morfoclimáticas (a), mesoescala em São Paulo e distribuição de LCZs (b), áreas percentuais de LCZs dentro da circunferência de 10 km em torno do recorte urbano do estudo de caso do Belenzinho(c).

Fonte: Pacifici, Rama e Marins (2019), com base em mapeamento de Ferreira *et al.* (2017)

Para a análise na escala do bairro, partiu-se das zonas LCZs identificadas na análise em escala urbana, para compor duas zonas morfológicas bastante contrastantes entre si, sendo uma configurada por tecido urbano alto (verticalizado) e outra por tecido urbano baixo (edificações de baixo gabarito de altura). Para avaliar o impacto dessas duas morfologias urbanas diferentes nas variações térmicas dos espaços abertos, três estações meteorológicas foram instaladas na área: estação 1 e estação 2, ambas equipadas com um datalogger Camp800 Scientific Inc. CR800, um Campbell Scientific Inc Sensor HMP45C com proteção solar Vaisala 41003-5 (medição da temperatura do ar), Campbell Scientific Inc. 108 (Temperatura da superfície do solo e temperatura do globo Tg), um anemômetro ultrassônico Gill Instruments LTD WindSonic1 (Velocidade do vento); e estação 3, equipada com um datalogger Hobo Pro v2 U23-001 com um escudo solar Hobo RS-1 (Temperatura do ar), um datalogger Hobo U12-013 com cabo sensor TMCx – HD (Temperatura superficial do solo), um datalogger Hobo U23-004 com globo cinza, com emissividade $\epsilon = 0,41$ e diâmetro $D = 0,17$ m (Temperatura de globo). As estações foram sincronizadas ao horário local e monitoraram as variáveis climáticas de 13 de novembro de 2017 a 14 de dezembro de 2017, registrando uma amostragem a cada 30 minutos. Os dados foram utilizados para cálculo e análise da Temperatura Média Radiante nos pontos medidos, ao longo de 24 horas, conforme detalhado por Pacifici, Rama e Marins (2019). A Figura 32 ilustra o posicionamento das estações de medição no recorte urbano analisado.

Figura 32 - Recorte urbano analisado no estudo de caso do Belenzinho, com o posicionamento das estações de medição (a); fator de visão do céu nas estações de medição 1, 2 e 3(b); distribuição de LCZs na microescala (c), Estação 1 e 4 em um teste comparativo (d).

Fonte: Pacifici, Rama e Marins (2019), LCZs obtidas de Ferreira *et al.* (2017)

Na análise em microescala, foram avaliados os efeitos da geometria das edificações dentro da zona climática local. As medições de campo foram realizadas em transecto (Figura 33), para avaliar a influência de elementos urbanos "isolados" nas flutuações das variáveis climáticas, ao ocasionarem diferentes formas de obstrução solar. Duas estações móveis (estações 4 e 5), com a mesma especificação da estação 3, foram localizadas ao redor de um edifício verticalizado localizado no tecido urbano alto e em um conjunto de habitações unifamiliares, localizado no tecido urbano baixo, ambos constantes da área de estudo, para investigar o efeito do sombreamento causado pela morfologia construída na variação da temperatura do ar e da temperatura superficial. As estações 4 e 5 foram colocadas em nível semelhante mas em posições diametralmente opostas Norte-Sul (N-S) ou Leste-Oeste (L-O) em cada um dos pontos de análise, sendo rotacionadas a cada uma hora e meia, com um intervalo de 20 minutos para a estabilização dos equipamentos. As estações foram sincronizadas no mesmo horário local. As medidas ocorreram nos dias 14 e 24 de novembro de 2017 e 4 e 12 de dezembro de 2017. Análises de tendências foram realizadas em diagramas de dispersão (PACIFICI; RAMA; MARINS, 2019). Complementariamente, as medições também incluíram coletas termográficas simultâneas realizadas no pavimento térreo e na fachada

em frente à estação climática, nos tecidos urbanos baixo e o alto, em 14 e 24 de novembro de 2017, utilizando câmera termográfica modelo FLIR i40 (resolução 120 x 120 pixels, precisão $\pm 2^\circ\text{C}$, temperatura do objeto de -20° a 350° , sensibilidade térmica $<0,1 - 25^\circ$, distância mínima de foco 0,1 m), sendo este trabalho desenvolvido por Guilherme Kalleder (iniciação científica) e Martina Pacifici (doutorado). O posicionamento da câmera termográfica é esquematizado na Figura 34.

Figura 33 - Posicionamentos para medição microclimática em transecto nos tecidos urbanos alto (a) e baixo (b), no estudo de caso do Belenzinho

Fonte: Pacifici, Rama e Marins (2019)

Figura 34 - Posicionamentos da câmera termográfica para medição de temperaturas superficiais nos tecidos urbanos alto (a) e baixo (b), no estudo de caso do Belenzinho

Fonte: Pacifici (2019)

Um levantamento comparativo adicional foi realizado por Antonio Fulco (iniciação científica) e Martina Pacifici (doutorado) para se verificar a ação da cobertura das árvores na temperatura local, bem como o efeito combinado do sombreamento de edifícios e árvores na microescala. Para tanto, na data de 15 de novembro de 2017, foram realizadas medições em sistema de transecto, ao longo de 5 pontos selecionados, medindo-se simultaneamente, por meio de duas estações meteorológicas (Hobo, U23-001; Solar shield: Hobo, RS-1), a temperatura em dois pontos distantes 10 metros entre si, sendo um exposto a pleno sol e outro sombreado pela copa de árvore. Para fins de modelagem microclimática, mapearam-se todas as árvores da área de estudo, combinando-se os dados da base de arborização provida pela Prefeitura Municipal (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2018) com levantamentos *in loco*. Também se realizou a classificação das árvores segundo a espécie, com apoio da engenheira florestal Natalia Carvalho, para se obter atributos específicos de vegetação em bases bibliográficas. Também se mediu a densidade foliar por meio de fotos hemisféricas tiradas abaixo das copas, no sentido do solo para o céu, utilizando uma câmera Nikon, Coolpix 4500 com lente olho de peixe Nikon, FC-E8 0.21x, a qual foi usada para se calcular o Índice de Área Foliar (*Leaf Area Index*, LAI, em inglês), que varia conforme a espécie da planta. O LAI foi processado posteriormente no software *Can-Eye* (WEISS, 2017) para se obter a densidade de área foliar (*Leaf Area Density*, LAD, em inglês), um parâmetro utilizado na análise térmica realizada no modelo ENVI-met. A Figura 35 mostra a localização de instalação das estações meteorológicas, para fins de avaliação dos efeitos da vegetação.

Figura 35 - Mapeamento de árvores e posicionamento das estações de medição de variáveis microclimáticas, no estudo de caso do Belenzinho

Fonte: Pacifici (2019)

Tendo em vista reproduzir as interações entre morfologia e microclima urbanos, verificadas *in loco*, bem como instrumentalizar a análise do recorte urbano como um todo e a previsão de possíveis cenários evolutivos urbanos, foi realizada a modelagem morfoclimática na ferramenta ENVI-met. Partiu-se da definição de um modelo conceitual, configurado com base na complexidade dos processos envolvidos nas trocas diárias, resultantes das interações entre formas urbanas e variáveis climáticas, destacando-se a altura dos edifícios, os efeitos da compacidade do tecido urbano, as interferências da vegetação, a forte influência dos materiais e a exposição das fachadas. A ferramenta teria de reproduzir geometrias complexas em escala local, bem como propiciar a análise de efeitos de microclima, incluindo a simulação de interações entre superfícies de edifícios, fluxos de ar e vegetação. O ENVI-met é um código numérico tridimensional baseado em diferenças finitas (FDM) para resolver equações diferenciais parciais que representam os processos físicos do modelo conceitual. A escolha do ENVI-met demandou uma simplificação das geometrias urbanas para permitir o uso de diferenças finitas (PACIFICI, 2019). A demarcação do perímetro modelado, com as dimensões horizontais e verticais, assim como a apropriação geométrica do caso pelo modelo são representadas na Figura 36. Os dados morfológicos e climáticos coletados nas etapas anteriores foram utilizados com parte dos dados de entrada, e após calibragem e testes de sensibilidade, o modelo permitiu configurar cenários de desenvolvimento do adensamento construído e verificar as alterações que os mesmos proporcionariam no microclima da área.

Figura 36 - Avaliação morfológica e climática do recorte urbano no bairro do Belenzinho - Rotação do modelo (a); Identificação do domínio de modelagem e definição dos tecidos baixos e altos (b); implantação da área de estudo, no modelo Envi-met (c); definições em vista, no modelo Envi-met (d)

Fonte: Pacifici (2019)

Os equipamentos de medição climática foram cedidos pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da Universidade de São Paulo (USP). A avaliação microclimática foi realizada por meio do desenvolvimento de uma tese de doutorado (PACIFICI, 2019) e de três projetos de iniciação científica (CATTO, 2016; KALLEDER, 2018; FULCO, 2018), com bolsas de estudo concedidas pelo *Erasmus Mundus Programme*, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela FAPESP (Processo nº 2015/10759), pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE) e pelo Programa Unificado de Bolsas da Universidade de São Paulo - PUB.

3.3.1.2.3. *Materiais e métodos para avaliação intersetorial entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica*

Para avaliação dos efeitos simultâneos da forma urbana e do aproveitamento solar para fins de geração de energia elétrica na cobertura dos edifícios, foi selecionado um recorte urbano no estudo de caso do Belenzinho, no município de São Paulo, localizado na porção norte do bairro (Figura 37). Trata-se de área com presença de galpões, alguns terrenos vagos e grande quantidade de lotes com edificações de pequeno porte, mas que constitui perímetro de incentivo ao adensamento urbano, conforme já pontuado, e já em processo avançado de verticalização.

Figura 37 - Recorte urbano para avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo

Fonte: adaptado de Lamour (2018)

A avaliação energética solar fotovoltaica na escala do bairro foi baseada na estruturação de um modelo computacional e sua aplicação na área de estudo para verificar as condições de geração de energia solar fotovoltaica na cobertura das edificações, conforme padrão de uso e ocupação do solo atual, assim como em cenários de adensamento e verticalização. Portanto, analisou-se a interferência da forma urbana no potencial de geração de energia solar e se identificou configurações morfológicas urbanas que geram melhores níveis de desempenho quanto ao aproveitamento solar, na escala do bairro.

Para abordagem do tema, a área urbana foi modelada a partir da combinação da ferramenta computacional *Rhinoceros*[®] integrada aos plug-ins *Grasshopper*[®], *Diva*[®] e *Galapagos*, conforme detalhado em Girotti (2019) e Girotti e Marins (2019). Em linhas gerais, desenvolveu-se um modelo computacional tridimensional da área de estudo no aplicativo *Rhinoceros*[®], utilizando dados morfológicos extraídos das plataformas *Google Earth*[®] (GOOGLE, 2017) e Geosampa (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2017a), em uma área demarcada com um raio de 600 metros a partir do centro da área de estudo.

Figura 38 - Zoneamento no recorte urbano para avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo

Fonte: Girotti (2019), com base em Prefeitura do Município de São Paulo (2014a)

Para composição dos cenários de modelagem, foram adotados os parâmetros urbanísticos definidos no Plano Diretor (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014a) e na Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016a), abrangendo: cota-parte máxima de terreno

por unidade habitacional igual a 20 m², na Zona de Estruturação Urbana (ZEU), 40 m², na Zona de Estruturação Urbana Planejada (ZEUP, valor assumido) e 20 m² na Zona Especial de Interesse Social (ZEIS, assumido); coeficiente de aproveitamento mínimo igual a 0,5 (ZEU, ZEUP e ZEIS), coeficiente de aproveitamento básico igual a 1,0 (ZEU, ZEUP e ZEIS) e coeficiente de aproveitamento máximo igual a 4,0 (ZEU e ZEIS) e igual a 2,0 (ZEUP); taxa de ocupação igual a 0,85, para lotes até 500m², e igual a 0,70, para lotes iguais ou maiores que 500m², na ZEU, ZEUP e ZEIS.

Ao modelo tridimensional construído no *Rhinoceros*[®] foram associados os plug-ins *Grasshopper*[®] e *Diva*[®], respectivamente utilizados para estruturar um modelo paramétrico da área em estudo e para reproduzir a trajetória solar no modelo tridimensional. Assim, foi possível simular diferentes composições morfológicas diante de uma determinada posição do sol, e por fim, calcular a energia gerada na superfície exposta à radiação solar. Além da modelagem da situação atual (Cenário 1), foram configurados dois cenários evolutivos com possíveis implantações de novos empreendimentos, sendo um cenário dedicado à avaliação de novas construções em lotes ocupados por galpões na situação atual (Cenário 2, Figura 39 e Tabela 8) e outro cenário dedicado à substituição de construções horizontais por edifícios verticalizados de maior porte, em três quadras selecionadas (Cenário 3, Figura 40 e Tabela 9). Os cenários visam avaliar o efeito de diferentes configurações volumétricas de novas edificações quanto ao aproveitamento da radiação solar nas coberturas das mesmas para geração de energia solar fotovoltaica, e identificar as melhores configurações para aproveitamento máximo pela própria edificação.

Por fim, adicionou-se o algoritmo genético *Galapagos*, para identificar, nos cenários de desenvolvimento urbano avaliados, a melhor combinação dos valores dos parâmetros urbanísticos para máxima incidência de radiação solar na cobertura das edificações como um todo. Nesse caso, os efeitos mútuos das edificações são balanceados pelo modelo mediante ajuste dos parâmetros urbanísticos, para que o aproveitamento solar da área urbana completa seja otimizado. Para cálculo de demanda de eletricidade dos empreendimentos, foi considerado o uso misto em uma mesma edificação, reservando-se o térreo e o primeiro andar para usos comerciais e de serviços, e os demais para uso residencial, conforme orientações do Plano Diretor vigente no município de São Paulo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014a). Exceção ocorre no empreendimento do Lote 1 do Cenário 2, onde já está prevista a

construção de um edifício residencial de habitação de interesse social, sendo mantido esse uso exclusivo apenas nesse lote.

Figura 39 - Avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho
- Lotes transformados no Cenário 2

Fonte: Girotti (2019), com base em © 2017 Google

Tabela 8 - Avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho
- Características dos lotes transformados no Cenário 2

Lotes	Área (m ²)	Uso do solo
1	3.926	Uso residencial
2	1.230	
3	290	
4	781	
5	1.675	
6	840	Uso comercial para empreendimentos compostos por térreo e primeiro andar.
7	4.100	Uso misto, em empreendimentos com mais de dois pavimentos, sendo térreo e 1º andar sempre comerciais.
8	9.485	
9	1.370	
10	592	
11	820	
12	1.480	
13	164	
14	1.757	
15	565	
16	3.131	
17	1.176	
18	443	

Fonte: adaptado de Girotti (2019)

Figura 40 - Avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho
- Lotes transformados no Cenário 3

Fonte: Girotti (2019), com base em © 2017 Google

Tabela 9 - Avaliação de interações entre morfologia e energia solar fotovoltaica, no bairro do Belenzinho
- Características dos lotes transformados no Cenário 3

Lotes	Área (m ²)	Uso do solo
1	2.484	Uso comercial para empreendimentos compostos por térreo e primeiro andar.
2	2.208	
3	1.689	
4	2.732	
5	2.204	Uso misto, em empreendimentos com mais de dois pavimentos, sendo térreo e 1º andar sempre comerciais.
6	1.602	
7	2.533	
8	2.026	
9	2.654	
10	1.883	
11	802	

Fonte: adaptado de Girotti (2019)

Foi definida a data do solstício de inverno (20 de junho), que é o dia do ano com acesso mais reduzido ao sol, no hemisfério sul. O horário adotado nas modelagens foi 15h00, no qual ocorre o pico de uso de energia elétrica (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017). Para cálculo da energia fotovoltaica gerada, foi assumida a eficiência de conversão dos painéis fotovoltaicos em 16% (DIAS *et al.*, 2017). Foi assumido 90% de área de cobertura livre destinada à instalação dos painéis fotovoltaicos.

A avaliação energética solar foi realizada no âmbito de uma dissertação de mestrado desenvolvida por Girotti (2019) e contribuições complementares de Godoy (2017), com bolsas concedidas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de

Nível Superior (CAPES) e Programa Unificado de Bolsas da Universidade de São Paulo - PUB.

3.3.1.2.4. Materiais e métodos para avaliação intersetorial entre morfologia e mobilidade urbanas

A avaliação da mobilidade urbana em microescala enfocou aspectos relativos à distribuição de áreas viárias, condições gerais de circulação de veículos na área estudada, mobilidade de pedestres e as interdependências desses temas com a morfologia urbana.

Inicialmente, a circulação viária foi verificada em um recorte urbano localizado na porção norte da área de estudo de caso no Belenzinho, onde processos de verticalização e adensamento urbano já estão avançados. Também, trata-se de uma zona de tráfego de passagem nos acessos da Zona Leste ao Centro do município de São Paulo, e vice-versa (Figura 41, área marcada em tracejado vermelho). Foi realizada contagem *in loco* em agosto de 2016, sendo avaliado cada ponto viário no pico da manhã (7 às 8 horas) e da tarde (18 às 19 horas), em um dia da semana (terças-feiras, quartas-feiras ou quintas-feiras), por um pesquisador. Em alguns dias, mais de um pesquisador trabalhou nos levantamentos, obtendo-se dados simultâneos de fluxos, em vias diferentes. Foram quantificados os fluxos de automóveis, ônibus, caminhões, motos, bicicletas e pedestres e, utilizando-se da metodologia do *Highway Capacity Manual* (HCM, 2010), foram avaliados os níveis de serviço dos vários segmentos viários (MARINS *et al.*, 2017; CATTO, 2016).

Figura 41 - Recorte urbano para avaliação preliminar de interações entre morfologia e mobilidade urbanas, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo

Fonte: adaptado de Lamour (2018)

No estudo da área completa (Figura 42, área marcada em tracejado vermelho), incluindo as porções norte e sul do Belenzinho, as larguras dos componentes da seção viária foram estabelecidas mediante dados obtidos em levantamento em campo, utilizando trena eletrônica de alto alcance marca Leica, modelo DISTO D810 touch, disponibilizada pelo Laboratório de Topografia e Geodésia do Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

A largura do passeio público foi medida em um ponto por face de quadra, sendo assumida como constante. As demais dimensões foram extraídas dos levantamentos morfológicos anteriormente descritos. Os segmentos de ruas com vagas de estacionamento foram identificados *in loco* e inseridos no QGis 2.18.2 (QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM, 2016). No mapeamento, cinco metros foram subtraídos em cada esquina, bem como 3,5 metros para cada entrada da garagem, 35 metros para pontos de ônibus e 12 metros para estações de aluguel de bicicletas, em acordo com as regulamentações do Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997). Consideraram-se, ainda, os dados da Companhia de Engenharia do Tráfego de São Paulo (YAMAGUISHI, s.d.) relativamente às medidas-padrão de 2,3 metros por 5,7 metros para vagas de estacionamento na rua, considerando um veículo de passageiros de porte médio. Essas referências foram utilizadas para calcular o número e a área de vagas de estacionamento de automóveis no recorte urbano de estudo. Em vias com faixas

exclusivas de ônibus, foi calculada a área de estacionamento não permanente, para períodos do dia em que o estacionamento de veículos é permitido (LAMOUR, MORELLI e MARINS, 2019; LAMOUR, 2018).

Figura 42 - Recorte urbano para avaliação de interações entre morfologia e mobilidade urbanas quanto à estrutura viária e mobilidade de pedestres, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo

Fonte: adaptado de Lamour (2018)

Tendo em vista ampliar o estudo da circulação de pedestres no bairro, identificando-se fatores condicionantes, foram selecionados cinco locais na área de estudo completa, sendo realizadas contagens de fluxo de pedestres e observação do comportamento dos pedestres em diferentes condições morfológicas urbanas. Em cada local, o tráfego de pedestres foi avaliado em ambos os passeios adjacentes ao leito carroçável, a fim de analisar, inclusive, possíveis influências das condições físicas na escolha do passeio. Assim, o mapeamento do uso do solo foi importante para a seleção dos pontos de observação, pois, de acordo com a literatura, a diversidade e as fachadas comerciais do térreo - ou muros altos e cercas - são características relevantes do ambiente construído que influenciam a caminhada. As observações e contagens aconteceram das 7h00 às 9h00, 11h30 às 13h30 e 17h00 às 19h00, para cada ponto, entre os meses de abril e junho de 2017.

Em dois pontos nos quais se contabilizou maior fluxo de pessoas a pé, um situado na porção norte e outro na porção sul da área estudada, foram também realizadas entrevistas mediante interceptação de pedestres, nos mesmos horários em que

foram realizadas as contagens e observações anteriores, um dia para cada ponto, nas datas de 12 e 13 de junho de 2017. Os entrevistados foram perguntados sobre determinadas informações pessoais (idade, sexo, posse de automóvel e se possuíam carteira de habilitação), o motivo e a duração da viagem que estava sendo realizada e solicitados a classificar certas características do ambiente urbano, selecionadas na literatura, como “importantes”, “moderadamente importantes” e “não importantes” para a caminhabilidade (LAMOUR, MORELLI e MARINS, 2019; MORELLI, 2017).

A avaliação intersetorial entre morfologia e mobilidade urbanas no âmbito do estudo de caso do Belenzinho foi realizada em uma dissertação de mestrado desenvolvida por Lamour (2018) e das iniciações científicas de Catto (2016) e Morelli (2017), com bolsas concedidas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo *Lincoln Institute of Land Policy*, pela FAPESP (Processo nº 2015/ 10759) e pelo Programa Unificado de Bolsas da Universidade de São Paulo - PUB.

3.3.1.2.5. *Materiais e métodos para avaliação intersetorial entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar*

A avaliação abrangeu as condições de acondicionamento de resíduos sólidos urbanos em doze empreendimentos residenciais de grande porte (torres verticalizadas) e as condições de coleta desses resíduos pelo serviço público municipal. O recorte urbano avaliado se concentrou no tecido urbano alto, a área mais verticalizada do bairro, situada na porção norte do bairro do Belenzinho (Figura 43, tracejado em vermelho), conforme detalhado por Tierno (2017). O perímetro foi levemente expandido no limite norte do recorte urbano, conforme indica a Figura 43, para incluir faces das quadras superiores e à esquerda, pelo fato de estas contarem com dois condomínios adicionais de grande porte.

O conjunto de empreendimentos verticais está indicado na Figura 44 e seus endereços e nomes, na Tabela 10. Para realizar o diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos no interior dos condomínios multifamiliares, sobretudo quanto às condições de acondicionamento, foi elaborado um *check-list*. Também foi solicitada autorização aos síndicos e zeladores dos referidos empreendimentos para realização de visita e levantamento dos pontos elencados no *check-list*.

Figura 43 - Recorte urbano para avaliação entre interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo

Fonte: adaptado de Lamour (2018)

Figura 44 - Recorte urbano para avaliação de interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar, com a identificação dos empreendimentos verticalizados analisados, no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo

Fonte: Tierno (2017)

Tabela 10 - Avaliação de interações entre morfologia e urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar, no bairro do Belenzinho - Denominação e localização dos empreendimentos analisados

Referência	Logradouro	Condomínio
A	Rua Passos, 82	Edifício Vera
B	Rua Passos, 249	Condomínio Jardim Dampezzo
C	Rua Cajurú, 1183	Condomínio Evidence
D	Rua Júlio de Castilhos, 925	Condomínio Legítimo Belém
E	Rua Dr. Clementino, 456	Conjunto Fontana Di Trevi
F	Rua Dr. Clementino, 320	Condomínio Collori
G	Rua Prof. Rodolfo São Tiago, 45	Conjunto Residencial Jardins Di Napoli
H	Rua Prof. Rodolfo São Tiago, 157	Lumina Parque Club
I	Av. Álvaro Ramos, 120	Condomínio Edifício Manoel Costa
J	Av. Álvaro Ramos, 86	Edifício Panorama
K	Av. Álvaro Ramos, 30	Condomínio Edifício Europa
L	Rua Conselheiro Cotegipe, 227	Condomínio Cotegipe

Fonte: Tierno (2017)

Para analisar as condições de coleta, foram usados mapas referentes aos setores de coleta (indiferenciada⁴⁴ e seletiva), fornecidos pela Autoridade Municipal de Limpeza Urbana de São Paulo (AMLURB), bem como dados fornecidos pelas concessionárias gestoras de resíduos sólidos urbanos e limpeza urbana operantes na região, a Loga e a Inova, mediante autorização da AMLURB. Também com autorização da Autoridade Municipal, foi realizado um acompanhamento operacional do serviço de coleta no bairro em veículo da Loga, em 18 de agosto de 2016 (quinta-feira), no período noturno, para verificar as condições de retirada dos resíduos dos depósitos particulares e abrigos dispostos no passeio público, assim como as condições de parada do veículo de coleta e seu efeito no tráfego viário.

Finalmente, foram construídos dois cenários para se avaliar possíveis melhorias das condições de acondicionamento e coleta de resíduos sólidos no perímetro estudado no bairro do Belenzinho. Para configuração dos empreendimentos (número de torres, andares, apartamentos por andar, número de dormitórios) e estimativa do volume de resíduos gerados, foram utilizados dados coletados em visitas em campo e a base de dados do Centro de Estudos da Metrópole (CENTRO DE ESTUDOS DA METRÓPOLE, 2013). Para parâmetros de geração de resíduos, assumindo-se a taxa de geração de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar em 1,23kg por habitante por dia, e a segregação de resíduos secos (recicláveis) em 35% e dos resíduos indiferenciados em 65%, conforme o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014c). Em

⁴⁴ Serviço de coleta comum de resíduos sólidos urbanos, exceto resíduos sólidos recicláveis.

relação à frequência dos serviços de coleta na área de estudo, seguiu-se as informações fornecidas em ofício e mapas cedidos pela AMLURB. Com relação ao número de habitantes por unidade habitacional, considerou-se que o primeiro dormitório é utilizado por um casal e os demais dormitórios são ocupados, cada um, por um habitante. Para estimar a quantidade e a área ocupada por *containers* a serem instalados dentro de abrigos de resíduos, nos condomínios multifamiliares, utilizou-se as especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011).

A avaliação intersetorial entre morfologia e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar no âmbito do estudo de caso do Belenzinho foi realizada em uma dissertação de mestrado desenvolvida por Tierno (2017).

3.3.1.2.6. Materiais e métodos para avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano

Como escopo da avaliação em microescala urbana, desenvolveu-se e se aplicou uma metodologia para captar as percepções e as possíveis contribuições populares relativamente ao desenvolvimento urbano do distrito do Belém (Figura 45, destacado em linha tracejada vermelha), situado na subprefeitura da Mooca, no município de São Paulo, e no qual está localizado o bairro do Belenzinho.

Figura 45 - Recorte territorial do distrito do Belém, e sua localização na subprefeitura da Mooca, no município de São Paulo, utilizado como objeto de avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano

Fonte: Adaptado de Mauad, Cruz e Marins (2017)

Considerando as demandas urbanas crescentes em microescala, inclusive a elaboração de planos, projetos e políticas de bairro, partiu-se da premissa de que é necessário aprimorar os processos participativos. Assim, por meio uma participação mais efetiva da população de cada bairro ou distrito, o diagnóstico de problemas e a identificação de estratégias e soluções em projetos urbanos podem ser enriquecidos e aprimorados, ao mesmo tempo em que se amplia o engajamento popular e se constrói o consenso nas comunidades. Entende-se, também, a importância de se instrumentalizar a hierarquização das contribuições populares, para estruturar prioridades em projetos de desenvolvimento urbano.

O método foi desenvolvido por Cruz (2019) e é baseado na integração de ferramentas das ciências sociais à modelagem matemática multicriterial, para identificar, avaliar e hierarquizar estratégias inerentes ao desenvolvimento urbano, manipulando condicionantes e parâmetros que interferem diretamente na estruturação territorial, sobretudo na microescala. Para seu desenvolvimento, foi realizado intenso e abrangente aprofundamento teórico sobre processos de desenvolvimento urbano, governança urbana, processos participativos, metodologias de planejamento e tomada de decisão em processos participativos em planejamento urbano. Foram igualmente realizadas pesquisas de campo para coletar, mediante entrevistas, percepções iniciais da população quanto aos instrumentos de planejamento urbano e processos participativos - tais como Plano Diretor e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, estas detalhadas em Cruz e Marins (2019) e Mauad, Cruz e Marins (2017).

O método é composto por seis etapas, além de uma avaliação final do processo. As etapas abrangem: (i) mobilização (engajamento e envolvimento dos atores); (ii) preparação (produção dos materiais e insumos aplicados nas etapas presenciais); (iii) aplicação inclusiva-propositiva (acolhida dos participantes e aplicação dos instrumentos de identificação e definição de problemas, alternativas e estratégias); (iv) interpretação e sistematização (sistematização dos insumos obtidos na etapa inclusiva-propositiva); (v) valoração-avaliação (avaliação qualitativa e quantitativa dos problemas, alternativas e estratégias); e (vi) consolidação de resultados (sistematização da valoração estabelecida, cálculo de índices e hierarquização dos problema e alternativas). A avaliação final, por sua vez, objetiva produzir uma associação multicriterial entre os problemas e as alternativas identificadas, visando gerar uma

hierarquização das estratégias prioritárias, mediante proposição de um conjunto de índices para sintetizar e hierarquizar problemas e estratégias alternativas.

Foram estabelecidos procedimentos detalhados para mobilização e preparação das dinâmicas em grupo, inclusive estímulo à participação. Para identificação de problemas, alternativas e estratégias, foram combinados elementos de pesquisas de opinião estruturadas em questionários, painéis integrados, grupos focais, mapas falantes e cartografia participativa. Para Morgan⁴⁵ (1997) apud Cruz (2019), grupos focais representam uma técnica para coleta de dados por meio das interações grupais, nas quais se discute um tópico especial sugerido pelo pesquisador. Segundo Cruz (2019), mapas falantes e cartografia participativa constituem mapas colaborativos e desenhos, sendo técnicas aplicáveis a um público que tenha contato com a realidade local de interesse.

Após sistematização dos resultados das dinâmicas participativas em índices propostos para consolidar e aferir tanto os problemas quanto as estratégias (soluções) apontadas nas dinâmicas, foi aplicada uma metodologia de avaliação multicriterial nova, inspirada no método AHP - *Analytic Hierarch Process* (SAATY, 1977, 1980), para hierarquizar problemas e soluções de desenvolvimento urbano. A AHP é um dos métodos multicritério mais difundidos e utilizados atualmente em todo o mundo, baseado na determinação de critérios e comparação pareada de alternativas por uma equipe multidisciplinar, utilizando-se de uma estrutura matricial. Entretanto, a metodologia desenvolvida por Cruz (2019) avançou com relação à AHP, pois, diferentemente do trabalho de Saaty, cuja escala é construída com base nos julgamentos subjetivos dos decisores, foi estabelecido um procedimento inovador de estruturação matricial para comparação pareada de problemas e alternativas, baseado na definição de distâncias relativas entre os intervalos utilizando funções matemáticas, de modo que a consistência da comparação se preserve.

A metodologia participativa foi aferida no distrito do Belém, no município de São Paulo, sendo a experiência identificada publicamente com o título "A Cidade é Nossa", e as dinâmicas, com o tema "Encontro Público para Discutir Questões Fundamentais para a Qualidade de Vida no seu Bairro".

⁴⁵ MORGAN, D. L. Focus group as qualitative research. **Qualitative Research Methods Series**, n. 16. Londres: Sage Publications, 1997.

Figura 46 - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano no distrito do Belém. Etapa de mobilização: banner, cartazes e entrega de convites porta-a-porta

Fonte: Adaptado de Cruz (2019)

As etapas de mobilização e preparação para realização das atividades presenciais no distrito do Belém, previstas na metodologia participativa, demandaram três meses de planejamento, e foram realizadas de 8 de junho a 3 de agosto de 2018 por uma equipe de duas pessoas. As imagens da Figura 46 ilustram materiais produzidos e atividades realizadas nessas etapas. Nesse período, foram elaborados os materiais gráficos do projeto, a página do projeto no *Facebook*, a fixação de cartazes com informações sobre o projeto em locais públicos, como na Unidade Básica de Saúde (UBS) Moóca I, localizada na rua Taquari, n. 549, na Biblioteca Affonso Taunay, localizada na rua Taquari, n. 549, na Escola Técnica Estadual Professor Camargo Aranha, localizada na rua Marcial, n. 25, no Centro de Educação Infantil Indir Maria de Belém, localizado na rua Monteiro do Caminhoá, n. 83. Foram também entregues 1.200 convites individuais em endereços localizados no distrito do Belém e 800 convites a pedestres, na região da estação Belém do Metrô. Todos os materiais apresentavam as datas dos encontros e o endereço da página no *Facebook* do projeto. Para participar, os interessados deveriam preencher um cadastro simplificado, escolhendo datas e horários de interesse, assim

como informar dados pessoais, contato, bairro e cidade de residência e trabalho/ estudo, entre outros.

Devido a dificuldades encontradas de se realizar as dinâmicas em instalação localizada no próprio distrito do Belém, as dinâmicas presenciais foram realizadas no Prédio da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, na Rua Marques de Paranaguá, número 111, no Bairro da Consolação, com os acessos e o local identificados com o padrão de comunicação visual do projeto. Foram criadas quatro agendas possíveis para participação conforme disponibilidade dos interessados. Essas quatro agendas permitiram a formação de quatro grupos de trabalho, sendo:

- 1º Grupo de Trabalho, com dois encontros presenciais em 17 e 19 de julho de 2018, no período da manhã e duração de 3h30 cada;
- 2º Grupo de Trabalho, com dois encontros presenciais em 17 e 19 de julho de 2018, no período da tarde e duração de 3h30 cada;
- 3º Grupo de Trabalho, com dois encontros presenciais em 2 e 7 de agosto de 2018, no período da tarde e duração de 3h30 cada;
- 4º Grupo de Trabalho, com um encontro presencial em 4 de agosto de 2018, com duração de 3h30 no período da manhã e 3h30 no período da tarde.

As atividades de cada Grupo de Trabalho foram distribuídas em dois encontros, para que o aplicador tivesse um intervalo para sistematizar os resultados do primeiro encontro (Aplicação da Etapa Inclusiva-Propositiva) em conjuntos de problemas e alternativas, a serem usados pelo mesmo grupo, no segundo encontro (Etapa Valoração-Avaliação). As tabelas 11 e 12 reúnem o programa geral dos dois encontros, assim como objetivos e materiais das várias atividades realizadas por cada um dos grupos.

Tabela 11 - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano no distrito do Belém. Programação do encontro com cidadãos interessados para aplicação da etapa inclusiva-propositiva

Duração (minutos)	Atividade	Materiais	Objetivos
15	Recepção dos Participantes	Formulários impressos, crachás impressos, lista de presença, canetas esferográficas	Receber os sujeitos e caracterizar o perfil dos participantes
20	Dinâmica de Apresentação	Apresentação expositiva	Estreitar relacionamentos
10	Dinâmica de Estímulo Positivista	<i>Flip-chart</i> , Canetas coloridas	Preencher o Painel de Frases Mórbidas
10	Registro de Expectativas	<i>Flip-chart</i> , Canetas coloridas	Preencher o Painel de Expectativas
30	Apresentação do Evento Introdução à Política Urbana Caracterização da Área	<i>Data show</i> , mapas impressos	Disseminar conhecimento, introduzir informações
15	Intervalo	<i>Coffee break</i>	Favorecer a interação
35	Painel de Seleção de Problemas	<i>Flip-chart</i> , canetas coloridas	Produzir insumos para caracterização dos problemas
35	Tempestade Cerebral de Soluções	Fichas de <i>Brain Writing</i> , canetas esferográficas	Produzir insumos para caracterização das alternativas
30	Painel Gráfico Colaborativo da Visão	Cartolinas, <i>flip-chart</i> , cola, tesoura, fita adesiva, adesivos coloridos, papéis coloridos, canetas esferográficas, lápiz de cor	Produzir insumos para caracterização de problemas e de alternativas
10	Próximos Passos Síntese das Atividades Encerramento	<i>Data show</i>	Fortalecer vínculos e proporcionar a sensibilização do olhar

Fonte: Adaptado de Cruz (2019).

Tabela 12 - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano no distrito do Belém. Programação do encontro com cidadãos interessados para aplicação da etapa valoração-avaliação

Duração (minutos)	Atividade	Materiais	Objetivos
10	Recepção dos participantes	Formulários impressos, lista de presença, canetas esferográficas	Receber os participantes
10	Exposição do reforço do compromisso	Canetas coloridas, Painel de Expectativas, Painel de Frases Mórbridas	Reforçar as expectativas, Reforçar o ambiente de não crítica
10	Dinâmica laboral de estreitamento	–	Relaxar fisicamente os participantes
10	Dinâmica de fortalecimento de vínculos	–	Treinar a capacidade de explicar, ouvir, observar e comunicar
30	Valoração do Painel de Efeitos e Impactos dos Problema	Painel de Efeitos e Impactos dos Problemas, adesivos coloridos	Índices de caracterização de problemas
15	Intervalo	<i>Coffee break</i>	Favorecer a interação
15	Estabelecimento das Redes <i>Peer-to-Peer</i>	Painel de Ligação, adesivos coloridos	Índices de flexibilidade de problemas e alternativas
30	Verificação da intensidade das correlações	Painel de Análise e Correlação das Alternativas, adesivos coloridos	Calcular índices de avaliação de problemas e alternativas com relação à eficácia, eficiência, abrangência, dentre outros critérios
30	Análise e valoração de oportunidades e ameaças nas alternativas	Painel de Avaliação das Alternativas, adesivos coloridos	Calcular índices de dificuldade das alternativas e índice hierárquico e de priorização das alternativas
10	Inserção territorial e escalas	Painel de Abrangência, adesivos coloridos	Avaliar a inserção territorial das alternativas
10	Avaliação de Fraquezas e Ameaças	Painel de Crítica Postergada Adesivos Coloridos Papéis Coloridos Canetas Coloridas Cola	Avaliar os nós críticos e barreiras para implantação das alternativas

(continua)

Tabela 12 - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano no distrito do Belém. Programação do encontro com cidadãos interessados para aplicação da etapa valoração-avaliação (conclusão)

10	Mosaico de fotos	Painel de Fotos de Alternativas, Painel de Fotos de Problemas, adesivos coloridos, papéis coloridos, canetas coloridas, cola, tesoura, fotografias impressas	Sensibilização do olhar, aprendizagem vivencial
10	Fechamento de expectativas	Painel de Expectativas, canetas coloridas, canetas esferográficas, formulário de caracterização	Analisar a satisfação dos participantes, avaliar o aprendizado obtido no processo
10	Encerramento	Pesquisa de satisfação, canetas esferográficas, certificados impressos	Fortalecer vínculos, avaliar os instrumentos participativos

Fonte: Adaptado de Cruz (2019).

A aplicação da proposta metodológica nos quatro grupos de trabalho seguiu os mesmos procedimentos, sendo estes e o cálculo de todos os índices resultantes detalhados em Cruz (2019). No presente texto, serão analisados os resultados referentes ao Índice Estratégico Geral de Problemas (IEG-P) e o Índice Estratégico Geral de Alternativas (IEG-A).

O Índice Estratégico Geral de Problemas (IEG-P) se refere à somatória hierárquica dos problemas que se observaram nos grupos. O valor do IEG-P será maior e mais relevante da determinação de problemas quanto maior for o número de ocorrências de um determinado problema, nos diferentes grupos. Seu cálculo é realizado pela Equação 2:

$$IEG - P_i = \sum_{w=0}^t IPG - P_{normalizado(i)_w}, \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

IEG- P_i : Índice Estratégico Geral do Problema do i-ésimo problema;

IPG- $P_{normalizado}(i)$: Índice priorizador geral de problemas do i-ésimo problema;

t: Número total de Grupos que contém o i-ésimo problema.

O Índice Estratégico Geral de Alternativas (IEG-A), por sua vez, refere-se à somatória hierárquica das alternativas que se observaram nos grupos, dado pela Equação 3. O IEG-A será maior e mais relevante na determinação de estratégias, quanto maior o número de ocorrências de uma determinada alternativa no diferentes grupos.

$$IEG - A_j = \sum_{w=0}^t IPG - A_{normalizadoi(j)_w}, \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

IEG- A_j : Índice de Estratégico Geral da Alternativa da j-ésima alternativa;

IPG- $A_{normalizado} (j)$: Índice priorizador geral de alternativas da j-ésima alternativa;

t: Número total de Grupos que contém o j-ésima alternativa.

A avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano, assim como o estudo de diversos aspectos inerentes à governança urbana, foram desenvolvidos no âmbito da tese de doutorado de Cruz (2019) e das iniciações científicas de Mauad (2017) e Macedo (2018), com bolsas do Programa Unificado de Bolsas da Universidade de São Paulo - PUB.

3.3.2. Resultados

Nesse item, são consolidados e analisados os principais resultados da avaliação em microescala urbana dos estudos de caso de Santa Cecília/ Higienópolis e do Belenzinho, no município de São Paulo, e apresentadas considerações sobre o conjunto dos aspectos analisados.

3.3.2.1. Resultados da avaliação do bairro de Santa Cecília/ Higienópolis, no município de São Paulo

Neste subitem, serão abordados os resultados mais relevantes para a avaliação integrada entre morfologia e mobilidade urbanas, relativamente ao uso e ocupação do solo e transporte de carga, no recorte urbano de Santa Cecília/ Higienópolis, no município de São Paulo. Os resultados completos são detalhados em Montmorency Silva e Marins (2019) e Montmorency Silva (2016).

3.3.2.1.1. Resultados de morfologia e mobilidade urbanas

Os resultados gerais estão reunidos na Tabela 13. A densidade populacional do recorte urbano é alta (aproximadamente 186 habitantes por hectare) para a média do município de São Paulo, mas está próxima às densidades das outras áreas urbanas constantes da mesma tabela, da mesma forma como ocorre para a densidade de empregos. A partir do levantamento de campo realizado de outubro de 2014 a janeiro de 2015, em conjunto com bases secundárias, foram identificados e caracterizados 217 estabelecimentos, responsáveis pelo provimento de 4.258 postos de empregos, no recorte urbano em questão. Em comparação com as áreas urbanas de Paris e Lyon, a densidade de estabelecimentos alimentícios é de 2,5 a 3 vezes maior nos recortes franceses e a média de movimentos por estabelecimento alimentícios é praticamente a metade, em comparação com o caso estudado em São Paulo. Assim, o recorte urbano de Santa Cecília/ Higienópolis necessita de mais movimentações de carga e exige mais do viário urbano e/ou é suprida por sistemas logísticos menos organizados, em relação às duas áreas francesas.

Tabela 13 - Estudo de caso em recorte urbano localizado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis - Resultados gerais de morfologia e mobilidade de carga urbana

Resultados gerais	Unidade	Configuração dos recortes urbanos em 2015		
		Sta. Cecília / Higienópolis	4º Arrs. de Paris	Centro de Lyon
Área	km ²	1,17	1,60	0,82
População	nº de habitantes	21.803	30.675	11.247
Densidade populacional	habitantes/km ²	18.580	19.172	13.664
Empregos	nº de empregos	4.258	5.493	3.051
Densidade de empregos	empregos/km ²	3.628	3.433	3.707
Estabelecimentos alimentícios	Nº estabelecimentos alimentícios	217	777	439
Densidade de estabelecimentos alimentícios	Estabelecimentos/km ²	185	486	533
Movimentos de carga semanais	Nº movimentos por semana	3.258	6.069	3.387
Movimentos de carga semanais por área	Nº movimentos por semana/ km ²	2.777	3.793	4.115
Média de movimentos de carga por estabelecimento alimentício	Nº movimentos por estabelecimento	15	8	8

Fonte: adaptado de Montmorency Silva e Marins (2019).

Adicionalmente, os dados levantados em campo mostraram que apenas 4% dos estabelecimentos alimentícios da área de estudo são de grande porte, como é comum na região central do município de São Paulo, mas geram 22% das movimentações da carga no recorte urbano. Por outro lado, os estabelecimentos

alimentícios de pequeno porte correspondem a 96% do total e geram 78% das movimentações de carga.

Figura 47 - Estudo de caso em recorte urbano localizado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis - Quantidade de empregos e movimentos de carga dos estabelecimentos alimentícios por zona (a); densidade de movimentos de carga urbana por zona (b)

Fonte: Montmorency Silva e Marins (2019).

O gráfico "A" da Figura 47 mostra o número de empregos e o número de movimentos de carga relativamente a estabelecimentos alimentícios, segundo a estrutura em "colmeia" indicada na Figura 27. As zonas 22, 51, 65, 78 são as áreas que mais geram movimentações de carga; cada uma requer, respectivamente, 192, 147, 203 e 204 movimentos de expedição e recebimento de carga por semana. Porém, não se trata,

necessariamente, de uma relação direta, pois há zonas com número semelhante de empregos e número de movimentos de carga totalmente diferentes, como 42 e 65, por exemplo (MONTMORENCY SILVA; MARINS, 2019). O gráfico "B" da Figura 47, por sua vez, mostra os resultados da densidade semanal de movimentos de carga pela área do trecho de via correspondente, destacando-se, em ordem crescente, as zonas 81, 78, 98, 01, 02, 11, 73, 102, 51, 106, 65 e 22.

Figura 48 - Estudo de caso em recorte urbano localizado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis – Hora-pico da movimentação de carga nos estabelecimentos alimentícios, por tipo de veículo comercial e total

Fonte: Montmorency Silva e Marins (2019).

Também foram analisados os horários de maior concentração da circulação de veículos de carga, destacando-se o período das 6 às 11 horas da manhã, para veículos urbanos de carga (VUC's) e veículos rígidos, e se concentrando exclusivamente no período das 5 às 9h30 da manhã, para veículos articulados (Figura 48). Para os VUC's e veículos rígidos, das 11 até 15 horas, há uma redução na quantidade de movimentos e um leve incremento posterior, sendo que a partir das 19 horas a movimentação é bastante reduzida. No caso desta modelagem, não foi aplicada a Zona Máxima de Restrição de Circulação (ZMRC), que proíbe a circulação de veículos de grande porte no centro expandido do município entre 9 e 21 horas, o que justifica o surgimento de resultados relativamente a veículos rígidos e articulados na área estudada, responsáveis por 42% das movimentações de carga e que teriam de circular em horários fora deste

intervalo, ou serem substituídos por uma frota mais numerosa de veículos menores, como os VUC's.

O estudo também avaliou o consumo de espaço urbano com as operações de abastecimento junto aos estabelecimentos alimentícios, parâmetro relevante tanto para as operações logísticas, quanto para a gestão do tráfego urbano e o uso do espaço público. Foram contabilizadas 750 horas necessárias para se realizar as operações de carga e descarga na área de estudo, sendo 50% das paradas em fila-dupla, 30% em locais regulamentados no sistema viário, 13% em estacionamentos particulares e 7%, em locais proibidos, demonstrando as deficiências tanto na regulamentação viária para esta finalidade e, pior, a falta de integração de prescrições de planejamento urbano, com o planejamento de transporte e a logística.

Dessa forma, constata-se que o número de funcionários, o perfil econômico e o porte dos estabelecimentos alimentícios predeterminam as densidades de movimentos da carga, os tipos de veículos e de paradas utilizados nas entregas e coletas, bem como o tempo de carga e descarga em uma área urbana.

Os resultados da modelagem no *Freturb* foram confrontados com a observação em campo das zonas 81, 78, 01, 11, 102, 51, 65 e 22, que apresentaram as maiores densidades de movimentações de carga (Figura 47, gráfico B) no recorte urbano em Higienópolis/ Santa Cecília. As observações foram realizadas em campo em 05 de dezembro de 2018 (quarta-feira), entre 6h40 e 11h40, quando também foram feitas entrevistas com 45 estabelecimentos alimentícios incluídos na modelagem (20% do total), com o intuito de detectar o período do dia e a frequência semanal das entregas/coletas das mercadorias e os tipos de vagas utilizadas para a realização das operações de carga/descarga. Todos os entrevistados manifestaram que realizam suas operações de carga e descarga no período matutino (conforme quadro da Figura 49a), sendo que 18% concluem essas operações à tarde e, 4,5%, à noite. Além disso, 90% dos entrevistados informaram realizar os abastecimentos semanais em dois a três dias, e 66% do total reconheceram utilizar também locais de parada/estacionamento em desacordo com as normas de trânsito vigentes em certas operações de carga/descarga. Na zona 51, observou-se em campo a movimentação mais intensa de carga/descarga em período muito próximo ao indicado na modelagem no *Freturb* (Figura 49b); na zona 65, não foi observada movimentação, já que o supermercado que existia anteriormente à modelagem teve suas atividades encerradas; os veículos de abastecimento da zona 102,

finalmente, foram encontrados em ruas adjacentes, já que a via principal proíbe estacionamento, sendo as mercadorias entregues em carrinhos de mão.

Figura 49 - Estudo de caso em recorte urbano localizado nos bairros de Santa Cecília e Higienópolis - Verificações em campo de resultados selecionados da modelagem no Freturb

Fonte: adaptado de Montmorency Silva e Marins (2019).

Como resultado da avaliação realizada, Montmorency Silva e Marins (2019) sistematizaram um modelo ilustrativo (Figura 50), para demonstrar as interações e interdependências dos aspectos da Logística e do Tráfego Urbano (tipos de veículos comerciais, hora-pico, condições de carga e descarga e movimentações) com aspectos do Uso e Ocupação do Solo (densidades de estabelecimentos, de empregos, de habitantes e, também, as dimensões e perfil econômico dos estabelecimentos), explicando que (MONTMORENCY SILVA e MARINS, 2019, p.133):

(...) o número de funcionários, o perfil econômico e o porte dos estabelecimentos alimentícios predeterminam certos elementos da logística, como as densidades de movimentos da carga e os tipos de veículos e de paradas utilizados nas entregas e coletas. Esses elementos da logística, por sua vez, predispõe o aumento de tempo de carga e descarga em uma área urbana. A ausência de espaços, quer sejam públicos ou privados, para a operação de carga e descarga, bem como a alta densidade de habitantes com alto índice de motorização, contribui para o aumento da parada indevida de veículos de carga em “fila-dupla” e em local proibido.

Figura 50 - Modelo ilustrativo das interações dos aspectos de uso e ocupação do solo, logística e tráfego no espaço urbano

Fonte: Montmorency Silva e Marins (2019).

Dessa forma, a avaliação mostrou a importância de internalizar, no planejamento e nos projetos de desenvolvimento urbano, parâmetros de controle intersetoriais envolvendo mobilidade urbana e uso e ocupação do solo, uma vez que atuam diretamente na estruturação e dinâmica do espaço urbano, sobretudo em áreas em adensamento urbano e diversificação do solo urbano.

3.3.2.2. Resultados da avaliação do bairro do Belenzinho, no município de São Paulo

Neste subitem, serão abordados os resultados mais relevantes para a avaliação relativamente ao bairro do Belenzinho, no município de São Paulo, envolvendo as interações entre morfologia e microclima urbano, morfologia urbana e energia solar fotovoltaica, morfologia e mobilidade urbanas, morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos, e governança e desenvolvimento urbano.

3.3.2.2.1. Resultados da caracterização demográfica e morfológica

A área de estudo no bairro do Belenzinho, incluindo suas porções norte e sul, com o total de 0,9 km², aproximadamente, configura uma área em transformação demográfica e morfológica. Com base nos dados da Pesquisa Origem-Destino de 2007 (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2008), foram calculados os valores de população residente e empregada, assim como as respectivas densidades.

Verifica-se, na área, uma densidade populacional média de 72 habitantes por hectare, ou seja, valor próximo à densidade média do município de São Paulo em 2010, de 74 habitantes por hectare (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020). Portanto, ainda há potencial para incremento de residentes na região, uma vez que configura, inclusive, zona de adensamento urbano, segundo o Plano Diretor Estratégico vigente.

A densidade de empregos (198 empregos por hectare) é bastante superior a de residentes, o que coloca um desafio de desenvolvimento urbano para manutenção das oportunidades, ao mesmo tempo em que se amplia a população local. A população residente era de 6.545 habitantes e havia 17.834 postos de empregos, na área estudada.

Lamour (2018) realizou uma estimativa do número de unidades habitacionais e do número de vagas de estacionamento dentro dos empreendimentos, conforme a classificação do uso do solo (Tabela 14), chegando a 4.868 unidades habitacionais (UH) e 8.192 vagas. Com base na área aproximada de 0,9 km², são 54,08 unidades habitacionais por hectare e 1,68 vagas por unidade habitacional.

Tabela 14 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho- Número de unidades habitacionais e vagas de estacionamento, por uso do solo

Código	Uso do solo	Nº UH	Nº vagas
0	Via em vila	0	14
1	Residencial Horizontal Baixo Padrão	450	238
2	Residencial Horizontal Médio Padrão	222	322
3	Residencial Horizontal Alto Padrão	61	157
4	Residencial Vertical Médio Padrão	1691	1805
5	Residencial Vertical Alto Padrão	1508	2858
6	Comércio e Serviço Horizontal	0	554
7	Comércio e Serviço Vertical	0	105
8	Industrial	0	72
9	Armazéns e Depósitos	0	5
10	Especial (Hotel, Hospital, Cartório, Etc.)	0	4
11	Escola	0	61
12	Coletivo (Cinema, Teatro, Clube, Templo, Etc.)	0	200
13	Terrenos Vagos	0	10
14	Residencial Vertical Baixo Padrão	464	250
15	Garagens não residenciais	0	1233
16	Misto 1+6	118	36
17	Misto 14+6	90	4
18	Misto 5+6	264	264
19	Misto 7+6	0	0
20	Praças e parques	0	0
21	Infraestruturas de transporte	0	0
Total		4 868	8 192

Fonte: Lamour (2018).

Lamour (2018) também mapeou os lotes da área avaliada no Belenzinho segundo o uso do solo, conforme indicam as Figuras 51 a 56. Nas legendas, são identificados os códigos do uso do solo, discriminados na Tabela 14 e, entre colchetes, o número de lotes enquadrados em cada uma das classificações.

A Figura 51 destaca os lotes com uso residencial, sendo, em tonalidades de azul, os ocupados por empreendimentos horizontais e, em tonalidades de laranja, os empreendimentos verticais. A intensidade da cor varia de mais clara (empreendimentos de baixo padrão) a mais escura (empreendimentos de alto padrão). Os usos mistos do tipo 17 e 18 (uso residencial com comércio no térreo), também estão representados nesse mapa. Na porção norte do Belenzinho, há grande mistura de edificações de baixo e alto gabarito de altura, bem como a maior parte da oferta de habitação disponível atualmente no bairro.

Figura 51 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa dos lotes com uso residencial

Fonte: Lamour (2018).

A Figura 52 reúne, basicamente, os lotes comerciais, sendo a cor bege relativa aos lotes com empreendimentos horizontais e, a cor vermelha, referente aos verticais. Os usos mistos envolvendo residência e comércio/ serviços (classificações 16, 17 e 18) também foram incluídos nesse mapa. Verifica-se que há comércio por toda a área, sendo predominante o comércio de pequeno porte (escala do bairro), na porção norte.

Figura 52 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa dos lotes com uso comercial

Fonte: Lamour (2018).

Foram também mapeados os lotes com empreendimentos de uso coletivo e uso especial, tais como escolas, cinemas, teatros, clubes, templos, hotéis, hospitais, cartórios, de acordo com a Figura 53. Em verde, são identificadas as praças, que, conforme mostrado, correspondem a apenas duas pequenas áreas localizadas na porção sul do bairro, demonstrando a escassez de espaços coletivos públicos abertos.

Figura 53 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa dos lotes com usos coletivos e especiais

Fonte: Lamour (2018).

No mapa da Figura 54 encontram-se os lotes com instalações de produção e estocagem, sendo diversos deles de grande porte. Conforme legenda, foram mapeados os lotes industriais em roxo claro e, em roxo escuro, os armazéns. Percebe-se como estes usos ainda são relevantes, sobretudo na porção sul do bairro, e em áreas próximas à linha férrea, inclusive na porção norte, como remanescentes da economia industrial da zona leste do município anteriormente mais ativa.

Figura 54 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa dos lotes com usos industriais e armazéns

Fonte: Lamour (2018).

Também foram mapeados os terrenos vazios e aqueles utilizados como estacionamentos privados (Figura 55). Observam-se diversas áreas privadas livres, sobretudo na porção sul do bairro. A Figura 56, por fim, demarca a área de servidão do sistema de transporte sobre trilhos, incluindo os acessos à estação Belém do Metrô. A área se localiza no centro do bairro, dividindo-o em duas porções e constituindo uma verdadeira barreira física, funcional e social.

Figura 55 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa dos lotes vazios e usados como estacionamento

Fonte: Lamour (2018).

Figura 56 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Mapa da faixa de servidão da infraestrutura de transporte sobre trilhos

Fonte: Lamour (2018).

Os gráficos das Figuras 57 e 58 mostram a distribuição das áreas dos lotes da área de estudo no Belenzinho, conforme classificação utilizada na Tabela 14 e mapeamentos das Figuras 51 a 56. É possível verificar a predominância dos lotes residenciais (21%) e comerciais horizontais (26%), além da presença significativa de terrenos vagos, garagens, indústrias e armazéns, que juntos perfazem 21%.

Figura 57 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Distribuição das áreas dos lotes de acordo com o uso do solo

Fonte: A autora (2020), com base em dados de Lamour (2018).

Figura 58 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Distribuição dos percentuais de uso do lotes

Fonte: A autora (2020), com base em dados de Lamour (2018).

Lamour (2018) classificou os lotes segundo o potencial de desenvolvimento urbano e transformação de uso e ocupação do solo (Figura 59). Segundo o método adotado, edificações que não poderão ser substituídas: os edifícios de uso público, tais como escolas, creches, hospitais, lotes com edifícios de administração pública, além daqueles tombados e os terrenos já verticalizados, são considerados "cristalizações" e provavelmente não serão substituídos por novos empreendimentos e usos. Já os lotes ocupados com edificações horizontais e uso comercial ou serviços, industrial, galpões, armazéns, garagens, além de terrenos vagos e terrenos com mais de 500m², foram considerados com um alto potencial de transformação, correspondendo a cerca de 31% da área analisada (LAMOUR, 2018). Além dos lotes descritos, existem aqueles ocupados com usos residenciais, mas que são menores que 500m², os quais, em uma iniciativa de remembramento, poderiam vir a compor um lote maior e abrigar novos empreendimentos verticalizados. Entretanto, nesse caso, o desenvolvimento requer um esforço adicional no sentido de adquirir e unir os múltiplos terrenos, não constituindo, em princípio, as áreas mais atrativas em curto prazo.

Figura 59 - Resultados da caracterização demográfica e morfológica do estudo de caso no bairro do Belenzinho. Lotes segundo o potencial de desenvolvimento

Fonte: Lamour (2018).

Os mapeamentos de uso e ocupação do solo anteriores, assim como a Figura 59, que mostra o mapeamento dos lotes segundo o potencial de transformação, serão utilizados como referência nos estudos intersetoriais para o bairro do Belenzinho, tanto na análise da situação atual quanto na configuração de cenários preditivos.

3.3.2.2.2. Resultados de morfologia e microclima urbano

A avaliação morfológica e microclimática do recorte urbano no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo, é detalhada em Pacifici (2019), Pacifici, Rama e Marins (2019) e Pacifici *et al.* (2017) e Pacifici e Marins (2017), e em estudos complementares de Kalleder (2018) e Fulco (2018).

Cabe, inicialmente, analisar os resultados relativamente às escalas morfológicas do recorte urbano. Conforme mostram as Figuras 60 e 61, a Escala S2 (edificações com até 10 metros de altura) é a mais representativa em termos de número de edificações e área ocupada por edificações, seguida por S4 (edificações altas, de 30 a 100 metros de altura). São escassas as edificações de gabarito de altura intermediário (S3) e também os espaços livres (S1), devido à elevada taxa de ocupação, sobretudo nos lotes ocupados com edificações de pequeno porte, e à ausência de espaços públicos abertos, exceto sistema viário. Apesar da disparidade de escala, a escalas S2 e S4 têm quantidade semelhante de metros medidos em altura (1.200m versus 1.400m de comprimento). A escala S1 é representativa apenas na Figura 61(c), devido a, sobretudo,

aos espaços livres no entorno das torres verticalizadas. Na Figura 61(d), verifica-se a maior representatividade de área construída em empreendimentos verticalizados frente aos demais tipos de empreendimentos. Consta-se, portanto, a ausência de empreendimentos de porte intermediário (S3), já que a atividade imobiliária tende a se desenvolver nos limites do potencial construtivo dos lotes.

Figura 60 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados de morfologia urbana - Variação em altura do espaço construído

Fonte: Pacifici (2019), com base no Mapa Digital da Cidade de São Paulo (Geosampa)

Figura 61 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados de morfologia urbana- número de edifícios(a), altura das edificações(b); área ocupada(c) e área construída(d)

Fonte: adaptado de Pacifici *et al.* (2017)

O estudo sobre os materiais e componentes construtivos empregados nas superfícies verticais e horizontais das edificações e nas áreas pavimentadas, e sua influência nas variações térmicas em microescala urbana, resultou em uma caracterização das edificações segundo a idade da construção, com base em dados disponíveis online do cadastro do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) na plataforma Geosampa (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2018). Conforme mostra a Figura 62, foram identificadas edificações horizontais construídas, em geral, de 1920 a 1980 (a maior parte entre 1940 e 1960), sendo reconhecida a verticalização, sobretudo após 1980 e, principalmente, após o ano 2000 (KALLEDER, 2018). A essas edificações foram associados padrões construtivos organizados segundo o período de construção, com base na classificação de Sato e Sabbatini (2011), gerando o mapa da Figura 63. Neste, é possível reconhecer que em grande parte das edificações verticalizadas há predomínio de vidro e argamassa clara nas paredes externas, enquanto que nas edificações horizontais há grande mistura de materiais, incluindo, além de argamassa e vidro, cerâmica, materiais rochosos e metálicos. Nas edificações verticalizadas, a cobertura é basicamente em laje de concreto e, nas edificações do tecido baixo, reconhece-se uma mistura de telhados em fibrocimento e telhas cerâmicas.

Figura 62 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados de morfologia e microclima urbano - mapa com os períodos de construção das edificações

Fonte: Kalleder (2018)

Figura 63 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados de morfologia urbana - mapa com os materiais predominantes em fechamentos verticais

Fonte: Kalleder (2018)

Figura 64 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados de morfologia urbana - mapa com os materiais predominantes em fechamentos horizontais

Fonte: Kalleder (2018)

Como resultado da avaliação microclimática nos espaços urbanos abertos mediante percurso em transecto (Figura 65a), verificou-se primeiramente que as temperaturas do ar pela manhã são aproximadamente constantes, em torno de 15,5°C, com apenas os pontos P8, P18, P19 (localização indicada na Figura 33) emergindo acima da tendência geral. Essa tendência é prevista e decorrente do resfriamento noturno, a partir do qual a cidade começará a ganhar calor novamente. Já à tarde, observa-se uma maior variação térmica, pois os diversos pontos medidos, sujeitos a diferentes configurações morfológicas urbanas, superaquecem com diferentes intensidades. Por outro lado, os valores específicos de umidade do ar (Figura 65b) apresentaram os menores valores concentrados no período da tarde.

Figura 65 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados da avaliação em transecto em espaço aberto público - Temperaturas do ar, amplitudes térmicas máxima e mínima e três zonas climáticas (gráfico superior); Unidade relativa do ar (gráfico inferior)

Fonte: Pacifici *et al.* (2017)

Assim, em termos de espaços urbanos abertos públicos, o recorte urbano no bairro do Belenzinho foi pré-classificado em três faixas - zonas quente (1), transição (2) e fria (3) - a partir dos resultados das medições *in loco* (Figura 65a), e da análise integrada dos dados morfológicos e microclimáticos. A “zona quente” identifica as áreas que passam por maior aquecimento no recorte urbano em questão, no caso, configurada pelos P10, P11, P12 e P13, sujeitos às mais altas variâncias térmicas diárias, 13,50 °C, 13,90 °C, 13,30 °C e 10,70 °C, respectivamente. Morfológicamente, tratam-se de espaços abertos sem sombra, livres de obstruções construtivas e sombreamento. Há pequena quantidade de volumes construídos nos pontos 10, 11, 12 (21%, 19% e 20%, respectivamente), implicando em altas porcentagens de espaços ao ar livre acima dos telhados, sendo grande a presença da escala S2, sobretudo no pontos 11 e 12. Ainda, a ausência de edifícios com diferentes alturas e a baixa permeabilidade dos lotes reduzem o potencial de ventilação urbana. Na "zona fria", por sua vez, incluem-se dois grupos de seções urbanas contíguas - P1, P2, P3 (grupo 1) e P26, P27, P28 (grupo 2), que apresentaram as menores temperaturas à tarde (entre 19°C e 21°C). Ambos os conjuntos são caracterizados por espaços abertos amplamente sombreados por torres no lado norte, portanto, adjacentes à concentração de edificações de escala S4, que bloqueiam a irradiação direta no lado sul, retardando o processo de aquecimento ao longo do dia. Na Rua Júlio de Castilhos, onde se localiza o segundo conjunto de pontos frios (P26, P27, P28), foi possível observar uma diferença de 9,7 °C entre as regiões mais quentes e mais frias desta rua. Neste caso, o contraste térmico é agravado pelo sombreamento adicional de árvores, além do sombreamento causado pelas torres verticalizadas.

Em termos de morfologia urbana, verifica-se uma variedade de tipologias construídas; entretanto, é identificada a maior presença da escala verticalizada S4. Também foram identificados diferentes valores de permeabilidade do lote (perímetro livre/ perímetro construído). Enquanto o primeiro conjunto (P1 a P3) apresentou valores altos de permeabilidade (71%, 87%, 85%) devido à ausência de paredes ao longo do perímetro do bloco, o segundo (P26 a P28) tinha limites bastante fechados e, conseqüentemente, baixos valores de aberturas (0%, 31%, 16%). Nesse caso, ficou claro que estudos complementares de ventilação urbana, no nível do pedestre, devem ser integrados ao estudo de sombreamento, em avaliações microclimáticas, como recomenda Emmanuel *et al.* (2007).

Entre as zonas "quente" e "fria", foram identificadas regiões de transição, localizadas de forma bastante dispersa. Destaca-se uma região formada entre os pontos P4, P15, P16 e P17, que se beneficia de sombreamento parcial e ventilação leve, assim como o P4, localizado em um espaço aberto que recebe radiação e ventilação multidirecional, estando menos sujeito ao sombreamento direto das torres. Em conformidade com as tendências da temperatura do ar, as temperaturas da superfície atingiram valores intermediários nesta zona (Figura 57). Do ponto de vista morfológico, identificou-se uma proporção próxima de áreas construídas e abertas nos quatro pontos alocados nessa zona (65-35%, 59-41%, 63-37% e 56-44%, respectivamente). A área ainda se caracteriza por uma baixa porcentagem de volume construído (11%, 15%, 19% e 19%).

Em cada um dos 36 pontos analisados, foram medidas também as temperaturas superficiais na calçada, no pavimento do leito carroçável e na fachada da edificação lindeira, sendo observadas variações térmicas entre 15°C e 50°C. Na Figura 66, são comparadas as temperaturas da superfície, do ar e os níveis de iluminação de manhã e à tarde. Destacam-se os valores mais elevados das temperaturas superficiais na via, na maior parte dos pontos do transecto, em comparação à temperatura das fachadas, sendo a temperatura do ar sempre mais baixa.

Figura 66 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados da avaliação em transecto em espaço aberto público - Iluminância e temperatura superficial de manhã e à tarde

Fonte: Pacifici *et al.* (2017)

Os dados medidos, assim como as configurações das zonas quente, fria e de transição foram confrontados com os resultados de uma modelagem do acesso solar na área urbana em questão, para verificar a influência das sombras projetadas. Para tanto,

utilizou-se o software *Rhinoceros*®, com os *plug-ins Grasshopper*® e *Diva*®. Em um dia representativo da coleta de clima na área de estudo, verificou-se grande coincidência do acesso ao sol com relação às zonas climáticas mapeadas no recorte urbano. No trajeto solar de 12 horas, todos os pontos da zona fria foram afetados por longos períodos de sombreamento, constituídos por 7 (P1, P30), 8 (P27, P36, P20) e 10 (P2 e P3) horas de sombreamento por ponto. Os menores intervalos de sombreamento foram identificados nos pontos climáticos da zona quente, com 4 horas (P10) e 3 horas (P11 e P12) de sombreamento. Na zona de transição, foram observados valores contrastantes, variando de 5 a 10 horas de acesso ao sol por dia. A análise do coeficiente de correlação de *Spearman* (r_s), adequada para relações não lineares entre variáveis, mostrou correlação entre o número de horas de sol e as temperaturas coletadas nos pontos climáticos, com destaque para a temperatura superficial da via ($r_s = 0,700949$), devido ao grande aquecimento que caracteriza o asfalto.

Figura 67 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Resultados da modelagem do acesso solar e horas de insolação

Fonte: Pacifici e Marins (2017)

Com relação à análise em escala urbana (mesoescala), destacam-se os resultados relativos à concorrência de temperaturas do ar, analisadas nas estações meteorológicas situadas a 10 km da área de estudo, não obstante as diferenças geográficas e de uso e ocupação do solo, conforme mapeamento de LCZ's realizado. Dessa forma, Pacifici (2019) identificou que, nessa escala, "sob os mesmos efeitos de latitude e ilha de calor, o clima de São Paulo se comportou de maneira homogênea, como uma unidade climática única, independentemente das zonas" (tradução nossa), conforme mostrado na Figura 68.

Na escala do bairro, em contraste com os resultados de mesoescala bastante homogêneos e apesar da proximidade das medições, foi observada diversidade de conjuntos de dados, sobretudo nos resultados de temperatura superficial, em correspondência aos diferentes grupos morfológicos - tecido urbano alto e tecido urbano baixo. Comparando-se os histogramas (Figura 68 e Figura 69a), uma distância muito mais relevante foi destacada entre as séries de escalas locais em comparação com os histogramas da mesoescala.

Figura 68 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Função densidade de probabilidade dos valores de temperatura do ar (a), análise temporal diária da temperatura do ar com taxa de 1h (b) para estações meteorológicas na análise de mesoescala.

Fonte: Pacifici *et al.* (2019)

Figura 69 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Função densidade de probabilidade dos valores de temperatura do ar e superficial (a), análise temporal diária da temperatura do ar e superficial com taxa de 1h (b) para estações meteorológicas na escala do bairro.

Fonte: Pacifici *et al.* (2019)

Reduzindo-se novamente a escala, ao avaliar a variação climática no entorno de edificações nos tecidos urbanos alto e baixo, diferenças dentro da mesma zona climática local (LCZ) foram identificadas. Os resultados mostraram variações climáticas mais acentuadas ao redor das torres verticalizadas, ao se comparar as orientações N-S com L-O. "De fato, na medida em que as sombras giravam em torno da torre ao longo do dia, o ambiente esquentava de maneira diferente e vários microclimas emergiam" (PACIFICI, 2019, p. 139, tradução nossa). As medições no interior do tecido baixo, por sua vez, não mostraram variações locais; os edifícios unifamiliares justapostos se comportaram como um único elemento construído, portanto, sem a formação de sombras mútuas.

Visando aprofundar a análise da correlação identificada entre acesso solar direto, temperatura do ar e características geométricas em um cânion urbano, construiu-se um diagrama de dispersão (Figura 70), para verificar a evolução da temperatura do ar medida em torno de volumes construídos alto (*high-rise*) e baixo (*low-rise*), nas

orientações N-S e L-O. Analisando o gráfico, verificou-se que as orientações N-S e L-O apresentaram poucas diferenças no caso dos edifícios baixos, enquanto que para a zona dos edifícios altos, as diferenças foram bem mais acentuadas, mostrando a maior variação da temperatura do ar entre as exposições solares N-S e L-O, sobretudo no início e fim do dia, quando o sol está mais longe e as sombras são mais longas. Assim, pode-se afirmar que no eixo L-O as sombras assumiram maior peso, devido à sua capacidade de alterar a temperatura do ar como consequência de sua projeção. Por outro lado, ao longo do eixo N-S, a rotação diária da sombra foi menos significativa. Além disso, as medições no entorno dos edifícios altos mostraram um gradiente térmico menor entre as fachadas norte e sul. Por sua vez, a variação da temperatura ao longo da fachada norte das torres se mostrou mais evidente, o que é explicado pela inclinação da trajetória solar na abóboda celeste, com inclinação ao norte proporcionalmente à latitude local, associada à altura das edificações. No volume construído baixo, tal variância longitudinal na fachada não ocorreu. Segundo Pacifici (2019, p.119), os resultados são válidos para as latitudes subtropicais e "a presença de edifícios altos dentro de um tecido urbano favoreceu uma maior variabilidade do microclima", identificando-se ambientes térmicos misturados dentro das zonas climáticas locais (LCZ's), fortemente influenciados pela orientação do edifício e acesso solar.

Figura 70 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Diagrama de plotagem de dispersão correlacionando a temperatura do ar entre exposições opostas (N-S, E-O) em zonas altas e baixas

Fonte: Pacifici *et al.* (2019)

No que tange ao estudo termográfico das superfícies construídas, ressaltam-se os contrastes térmicos verificados entre as fachadas opostas das edificações, sobretudo entre as fachadas Leste e Oeste, neste caso da ordem de 19 °C de variação na temperatura superficial (Figura 71). Além disso, quando da execução do levantamento microclimático ao redor das edificações, em 14 de dezembro de 2017, foi feita também a medição da temperatura superficial de porções selecionadas das fachadas das edificações, entre 10 horas da manhã e 6 horas da tarde. De modo geral, verificou-se o incremento de 8,8 °C nas fachadas revestidas por materiais mais escuros em relação àquelas revestidas por materiais mais claros. Entretanto, quando o mesmo material foi observado em diferentes orientações e tecidos urbanos, foram obtidas curvas térmicas distintas. Todavia, como as superfícies de cor escura são localizadas principalmente em tecidos baixos, sua presença pode exacerbar o processo diário de aquecimento, conforme indicou a análise da morfologia urbana (PACIFICI, 2019).

Figura 71 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Medições termográficas nas fachadas leste e oeste das torres verticalizadas, em argamassa clara e pisos circundantes em cimento

Fonte: Kalleder (2018)

Por sua vez, o estudo do efeito térmico da cobertura arbórea, indicado pelas temperaturas do ar, de globo cinza e da superfície do solo, e pela umidade relativa, nos pontos viários selecionados, mostrou que as medições climáticas realizadas abaixo da copa das árvores resultaram em temperaturas mais baixas (1°C e 9°C inferiores, para temperatura do ar e superficial, respectivamente, ver Figura 72) que aquelas identificadas nos pontos próximos, expostos diretamente ao sol. Dessa forma,

identificou-se uma ação importante de resfriamento nos pontos de sombreamento. Entretanto, o mesmo efeito não se verificou na escala do bairro, ficando restrito ao perímetro bem próximo à zona sombreada, o que poderia, eventualmente, ser alcançado com a presença de massas arbóreas mais contínuas e densas.

Figura 72 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Temperatura do ar (Ta) e temperatura de globo cinza (Tg) nos pontos climáticos; medições realizadas sob a copa das árvores, em linhas verdes; medições realizadas em pontos expostos ao sol, em linhas cor laranja

Fonte: Pacifici (2019)

Com relação à modelagem morfoclimática no software ENVI-met, destacam-se os resultados relativos às temperaturas superficial e média radiante, que permitiram evidenciar as diferenças térmicas identificadas no recorte urbano analisado. De acordo com Pacifici (2019), como esperado, após análise de sensibilidade do ENVI-met, as temperaturas de superfície mostraram maior variabilidade que os mapas de temperatura do ar (Figura 73), sobretudo pela manhã. Entre 8h e 15h, foi observada uma variação média de 16°C. À tarde, foi encontrada uma diferença duas vezes maior entre temperaturas máxima e mínima (29,25 °C) em comparação com o período da manhã (13,28 °C), ao se comparar pontos do mesmo tecido urbano. De modo geral, as zonas mais frias estão localizadas no tecido urbano alto, em áreas próximas às torres e árvores, especialmente à tarde. Ao longo das vias asfaltadas, temperaturas acima de 48°C foram atingidas durante a tarde. A modelagem espacial em todo o domínio constatou a ocorrência contrastante de zonas quentes e frias, sendo escassa a presença de zonas térmicas de transição, como também indicam os resultados de temperatura média radiante (Figura 74), confirmando a forte relação entre morfologia construída e padrões de temperatura, no entorno das edificações e também na escala do bairro.

Figura 73 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Modelagem da temperatura superficial às 8h e 15h

Fonte: Pacifici (2019)

Figura 74 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Modelagem da temperatura média radiante às 8h e 15h

Fonte: Pacifici (2019)

Por fim, foram modelados alguns cenários urbanos (ver Tabela 15) que, basicamente, visam a avaliar a introdução do adensamento construído e da verticalização no tecido urbano baixo, mediante diferentes morfologias variando número de edificações, taxa de ocupação e altura das edificações, inclusive com variância de altura entre edificações adjacentes (esta, nos cenários 5 e 6).

Tabela 15 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Cenários microclimáticos derivados de verticalização e adensamento construído

Cenários	C.A.	T.O.	Gabarito de Altura	Andares	Edifícios	Distância entre edifícios		Quadras modificadas nos cenários
						Média	Variação	
			[m]			[m]	[m]	
1	4	80	18	6	10	11,6	5 – 20,8
2	4	80	18	6	20	6,9	3,5 – 17,7	
3	4	30	40	13	10	19,2	12,6 – 26,5	
4	4	30	40	13	10	20,9	15,4 – 42,7	
5	4	30	11 to 85	3 to 28	10	20,9	15,4 – 42,7	
6	4	30	11 to 85	3 to 28	10	20,9	15,4 – 42,7	

Fonte: Adaptado de Pacifici (2019)

Os parâmetros de taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento e recuos seguiram os preceitos da legislação urbanística do município de São Paulo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016a). Entretanto, foram verificados diferentes comportamentos térmicos entre arranjos de edifícios verticalizados, demonstrando como as variantes morfológicas geram novos contrastes térmicos, dependendo da distribuição da altura e do espaçamento entre os edifícios. Dessa forma, a avaliação indica a necessidade de se definir, na legislação, parâmetros morfológicos com maior detalhamento, visando controlar o sombreamento excessivo, o aprisionamento de radiação de ondas longas em espaços intersticiais, a obstrução da visão do céu, os desvios de vento, e o aumento do efeito de ilha de calor nas áreas urbanas sujeitas ao adensamento e verticalização. Pacifici (2019), em sua tese, tomando por base o estudo de caso do bairro do Belenzinho, em São Paulo, recomenda uma lista de aspectos a serem observados no aprimoramento da legislação urbanística, com vistas a prover uma transição climática mais adequada no desenvolvimento de áreas urbanas em processo de adensamento e verticalização, conforme mostrado na Tabela 16.

Tabela 16 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho Recomendações para um projeto urbano sensível ao clima

Parâmetro urbanístico	Recomendações
Gabarito de altura	Zonas morfológicas de média densidade construída e verticalidade devem ser estabelecidas no plano diretor, para evitar consequências extremas de ambientes muito quentes (tecidos baixos) ou muito frios (tecidos altos compactos).
	Edifícios com alturas intermediárias devem ser incentivados em áreas situadas entre zonas com edificações altas e baixas.
	Em áreas de desenvolvimento orientado ao transporte, utilizar subzonas caracterizadas por diferentes gabaritos de altura, para definir uma progressividade morfológica.
	O gabarito de altura das edificações pode ser regulado a partir do porte das edificações lindeiras e a distância em relação às mesmas.
	Para edifícios altos isolados, estudos adicionais são necessários para balancear os ganhos solares com os efeitos na vizinhança.
	Grupos de edifícios altos e próximos entre si devem ser evitados, pois reduzem sensivelmente a porção visível do céu, obstruindo as trocas térmicas entre superfícies e atmosfera, enquanto promovem alterações na ventilação urbana.
	Em ambientes densos, com mais prédios organizados em grupos, a variação de altura deve ser planejada.
	Grupos de edifícios com alturas variadas são preferidos a grupos de edifícios com alturas iguais.
Recuos	Em tecidos urbanos baixos, para proteger o pedestre de altas temperaturas, coberturas sobre os passeios públicos são desejáveis e até fachadas verdes são favoráveis.
	Os recuos mínimos estabelecidos pela legislação urbanística de São Paulo foram considerados insuficientes em face à elevada taxa de ocupação máxima permitida (85%).
	Em morfológicas com cânions profundos (largura de 10m), edifícios com até 3 pavimentos podem propiciar um bom número de horas de insolação por dia.
	Edifícios mais espaçados são preferíveis a longos blocos edificadas, relativamente à ventilação urbana.
Orientações solares	Em tecidos urbanos altos e compactos, atenção especial deve ser dada às fachadas leste e oeste, sujeitas a intensas fases de aquecimento e resfriamento. Dispositivos de sombreamento são desejáveis nessas fachadas.
Cobertura arbórea	O planejamento de edifícios altos e densos deve ser combinado com uma cobertura arbórea adequada
	A continuidade entre as copas das árvores deve ser promovida em espaços urbanos abertos, não sombreados.
Escala de planejamento	As áreas urbanas sujeitas ao desenvolvimento orientado ao transporte devem ser implementadas mediante um planejamento dedicado à área como um todo. A regulamentação dos lotes é insuficiente para promover um bom desenho urbano e critérios inerentes à escala do bairro necessitam ser introduzidos.

Fonte: Traduzido e adaptado de Pacifici (2019)

3.3.2.2.3. Resultados de morfologia urbana e energia solar fotovoltaica

A avaliação da morfologia urbana e do potencial de geração de energia solar fotovoltaica no bairro do Belenzinho partiu de um detalhamento do uso e ocupação do solo para o recorte urbano considerado em 2017 (Figura 75). Em seguida, foi realizada a modelagem integrada entre morfologia urbana e geração de energia fotovoltaica na cobertura das edificações em três cenários morfológicos. Os resultados da avaliação são detalhados em Girotti (2019) e Girotti, Marins e Lara (2019).

Figura 75 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Uso do solo do recorte urbano para fins de seleção de cenários de transformação urbana

Fonte: Girotti (2019)

O Cenário 1 focou na simulação da configuração morfológica urbana conforme padrão de uso e ocupação do solo vigente no ano de estudo (2017). No Cenário 2, foi simulada a configuração morfológica urbana evolutiva em curto prazo, com alterações previstas em 18 lotes distribuídos na área de estudo (Figura 76), ocupados à época com galpões e edificações deterioradas ou, ainda, sem uso, para os quais foram analisados diversos níveis de adensamento e verticalização. No Cenário 3 foi simulada a configuração morfológica urbana evolutiva em uma área concentrada (Figura 77), possível de ocorrer em médio prazo, já que a área é ocupada por residências e comércios antigos com baixa densidade urbana e baixo gabarito de altura. Neste caso, também se analisou diversos níveis de adensamento e verticalização.

Figura 76 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Lotes selecionados para o cenário 2 com potencial de transformação do uso e ocupação do solo em curto prazo

Fonte: Girotti (2019)

Figura 77 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Lotes selecionados para o cenário 3 com potencial de transformação do uso e ocupação do solo em médio prazo

Fonte: Girotti (2019)

Os resultados da simulação da área urbana no Belenzinho, conforme configuração morfológica de 2017 (Cenário 1), indicaram que grande parte da cobertura

das edificações (86%) está sujeita a boas condições de incidência da radiação solar (tonalidade laranja, na Figura 78), sendo que 10% das edificações contam com um excelente nível de incidência, com valores acima de $1.880 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$ (estruturas representadas pela cor amarela, na Figura 78). No primeiro caso, as edificações estão sujeitas a poucas obstruções solares na sua cobertura, devido ao sombreamento mútuo entre edificações, enquanto que nas áreas amareladas, as edificações lindeiras têm gabarito de altura inferior ou equivalente, ocasionando pouca ou nenhuma obstrução em sua cobertura. Uma fração minoritária (4%), correspondente a frações de edificações sujeitas a maior sombreamento de edificações vizinhas mais altas, conta com incidência de radiação solar abaixo de 1.840 kWh/m^2 por ano nas coberturas (cores verde a roxo, na escala de cores da Figura 69).

Figura 78 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Mapa ilustrativo da simulação da incidência da radiação solar no topo das edificações da área de estudo no Cenário 1, com a morfologia urbana existente em 2017

Fonte: Girotti (2019), utilizando os programas computacionais Rhinoceros®, Grasshopper® e Diva® (ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES, 2012a, 2012b; SOLEMMMA, 2016)

No Cenário 2, com relação à análise isolada da reocupação dos 18 lotes selecionados, primeiramente se identificou ganhos maiores de radiação solar por área de cobertura quando as edificações são mais verticalizadas (T.O. mínimo de 0,30 e C.A. máximo de 2 ou 4), conforme linhas indicadas por "m²" no gráfico da Figura 79. Entretanto, ganhos totais de radiação por edificação são maiores quando a área exposta aumenta e está livre de obstruções (C.A. igual a 2 ou 4 e T.O. mais altos), conforme linhas identificadas por "radiação solar incidente total", também no gráfico da Figura 79. A taxa de ocupação, por sua vez, é o parâmetro que mais interfere nos ganhos de radiação solar na cobertura das edificações, analisando-se os empreendimentos de forma isolada.

Figura 79 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Gráfico comparativo de C.A. e T.O. das melhores configurações morfológicas para ganhos de radiação solar incidente por m² e por radiação solar incidente total, nos dezoito lotes analisados por meio de simulações da variação isolada dos parâmetros urbanísticos

Fonte: Girotti (2019)

Integrando-se o algoritmo genético *Galapagos* à modelagem do Cenário 2, para buscar a melhor combinação entre parâmetros urbanísticos para maximizar o nível de incidência de radiação solar na cobertura das edificações nos 18 lotes mas também no seu entorno, identificou-se valores mais satisfatórios em relação à radiação solar incidente em empreendimentos com T.O. de 0,70, combinada com C.A. máximo e intermediário, conforme mostra o gráfico da Figura 80. Nos lotes em que o C.A.

máximo permitido é 4, as melhores configurações morfológicas quanto à incidência da radiação solar foram encontradas no valor intermediário de 3 (75%); porém, nos lotes em que o C.A. máximo permitido é 2, 84% dos empreendimentos e respectivo entorno tiveram melhor aproveitamento com este coeficiente máximo. Nesse caso, os resultados mostraram que coeficiente de aproveitamento intermediário e, sobretudo, a taxa de ocupação elevada, são fatores determinantes para o aproveitamento solar na cobertura da edificação considerando seu entorno imediato, devido à contabilização dos efeitos mútuos de sombreamento entre os empreendimentos. Também, o número de pavimentos foi configurado pelo modelo conforme os efeitos do sombreamento derivado da inserção de cada empreendimento no tecido urbano. Dessa forma, o algoritmo modifica a taxa de ocupação, o coeficiente de aproveitamento e o gabarito de altura, mostrando, dessa forma, como a verticalidade também afeta os ganhos solares na cobertura. O *Galapagos* também modificou o ângulo de implantação da edificação, ou seja, o seu alinhamento com relação ao lote. Dos 18 empreendimentos, quatro tiveram seu ângulo de implantação alterado de zero (mais comum) para outros ângulos, visando à otimização morfo-energética do estudo de caso.

Figura 80 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Gráfico comparativo de C.A. e T.O. das configurações morfológicas otimizadas para ganhos de radiação solar incidente na cobertura, nos dezoito lotes analisados, por meio de simulações simultâneas com o *Galapagos*

Fonte: Girotti (2019)

A Figura 81 mostra a evolução morfológica urbana da situação atual e o Cenário 2 configurado no *Galapagos*, associada à ampliação da exposição da cobertura das edificações à radiação solar. Segundo a perspectiva escolhida, é possível ver como a maior parte dos lotes (numerados, na situação atual) foi modificada com a adição de volumes construídos e como ocorreu a melhoria nos níveis de incidência da radiação solar nos mesmos e no entorno imediato. A Figura 82 exemplifica os efeitos da

mudança morfológica sobre os lotes 2 e 3 do Cenário 2 relativamente à incidência solar, utilizando o *Galapagos*.

Figura 81 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Comparativo tridimensional entre a morfologia urbana de 2017 e o cenário evolutivo *Galapagos*

Fonte: Adaptado de Girotti (2019)

Figura 82 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Exemplo comparativo dos resultados da incidência de radiação solar nos lotes 2 e 3 e na vizinhança imediata, na morfologia urbana de 2017 e no cenário evolutivo *Galapagos*

Fonte: Girotti (2019)

Os gráficos das Figuras 83 a 87 reúnem resultados dos cálculos de geração de energia fotovoltaica na cobertura e demanda de energia elétrica das edificações dos lotes 1, 2, 3, 16 e 18, que exemplificam as várias situações de uso e ocupação do solo previstas para o conjunto dos 18 lotes tratados no Cenário 2, no que tange a taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento e gabarito de altura. O lote 1 é o único dedicado exclusivamente ao uso residencial. Os demais foram configurados mediante composição do térreo e primeiro pavimento dedicados ao uso comercial e demais pavimentos dedicados ao uso residencial. Analisando-se os resultados, verifica-se que

no caso do lote 1, as configurações com até cinco pavimentos apresentaram geração superior à demanda da edificação. No caso dos lotes 2, 3, 16 e 18, a participação da geração local cai em virtude da inserção do uso comercial, já que o consumo de energia elétrica por metro quadrado é superior, nesse caso, ao uso residencial. Os resultados do *Galapagos* se posicionaram de forma intermediária na escala de geração e demanda de energia nos lotes, devido ao fato do algoritmo ponderar um melhor desempenho não somente para o empreendimento em si, mas para seu entorno imediato.

Figura 83 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 1, para várias configurações morfológicas

Fonte: A autora (2020), com base em resultados de Girotti (2019)

Figura 84 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 2, para várias configurações morfológicas

Fonte: A autora (2020), com base em resultados de Girotti (2019)

Figura 85 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 3, para várias configurações morfológicas

Fonte: A autora (2020), com base em resultados de Girotti (2019)

Figura 86 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 16, para várias configurações morfológicas

Fonte: A autora (2020), com base em resultados de Girotti (2019)

Figura 87 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 2 – Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 18, para várias configurações morfológicas

Fonte: A autora (2020), com base em resultados de Girotti (2019)

O Cenário 3 abrangeu uma intervenção concentrada em 11 lotes, derivados de remembramento de lotes menores, em três quadras ocupadas por edificações unifamiliares e localizadas no miolo do bairro analisado, portanto, uma configuração morfológica urbana diferente do Cenário 2. Entretanto, condições semelhantes de aproveitamento da radiação solar foram observadas, com ganhos maiores de radiação solar por área de cobertura quando as edificações são mais verticalizadas (T.O. mínima de 0,30, exceto lote 4, e C.A. máximo de 4), conforme linhas indicadas por "m²" no gráfico da Figura 88. Também os ganhos totais de radiação por cobertura da edificação são maiores quando a área exposta aumenta e está livre de obstruções (C.A. igual a 4 e T.O. igual a 0,70), conforme linhas identificadas por "radiação solar incidente total", também no gráfico da Figura 88.

Figura 88 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3 – Gráfico comparativo de C.A. e T.O. das melhores configurações morfológicas para ganhos de radiação solar incidente por m² e por radiação solar incidente total, nos onze lotes analisados por meio de simulações da variação isolada dos parâmetros urbanísticos

Fonte: Girotti (2019)

Integrando-se o algoritmo genético *Galapagos* à modelagem do Cenário 3, identificou-se os valores mais satisfatórios em relação à radiação solar incidente em empreendimentos com T.O. de 0,40 (73%). O C.A. foi configurado pelo algoritmo nos valores intermediários (2 e 3) para 55% dos lotes, sendo uma parcela menor indicada para aproveitamento máximo (36%) e apenas o lote 9 para aproveitamento mínimo, como mostrado no gráfico da Figura 89. O *Galapagos* também emprega número de pavimentos variados no Cenário 3, sobretudo porque o número de pavimentos possui influência direta no sombreamento causado nas edificações vizinhas. O algoritmo modifica a taxa de ocupação, o coeficiente de aproveitamento e o gabarito de altura, sendo a maior área de cobertura privilegiada em detrimento de maiores alturas. Dos

onze lotes configurados no Cenário 3, apenas dois lotes, tiveram sua otimização indicada no gabarito de altura de 10 pavimentos. Para os demais lotes, foram indicados: para um lote, 9 pavimentos; para três lotes, 7 pavimentos; para dois lotes, 6 pavimentos; e para os outros três lotes, 5, 4 e 2 pavimentos, respectivamente. Outro parâmetro configurado no *Galapagos* foi o ângulo de implantação da edificação, ou seja, se a mesma está alinhada ao lote (zero graus) ou girada em certo grau. Dos 11 empreendimentos, 9 tiveram seu ângulo de implantação alterado de zero (mais comum) para outros ângulos, mostrando que no Cenário 3, a configuração otimizada da área de intervenção demanda posicionamento específico das edificações, diferente do alinhamento ortogonal tradicional.

Figura 89 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3 – Gráfico comparativo de C.A. e T.O. das configurações morfológicas otimizadas para ganhos de radiação solar incidente na cobertura, nos onze lotes analisados, por meio de simulações simultâneas com o *Galapagos*

Fonte: Girotti (2019)

A Figura 90 mostra a evolução morfológica urbana da situação vigente em 2017 e o Cenário 3 configurado no *Galapagos*, associado à ampliação da exposição da cobertura das edificações à radiação solar. A Figura 91, na sequência, mostra, lote a lote, a variação da incidência da radiação solar na cobertura das edificações, presentes nos lotes da situação morfológica vigente em 2017 e nos lotes do Cenário 3, conforme ocupação indicada no *Galapagos*.

Os gráficos das Figuras 92 a 94 mostram alguns dos resultados dos cálculos de geração de energia fotovoltaica na cobertura das edificações e da demanda de energia elétrica das edificações, referentes aos lotes 1, 2, 5, 6, 7 e 8, para o Cenário 3. Verifica-se que nas configurações até 2 pavimentos, dos vários lotes, o sistema fotovoltaico supre a demanda elétrica. No lote 1, o suprimento integral é obtido até 5 pavimentos, conforme demonstra o *Galapagos*.

Figura 92 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3 – Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica no Lote 1, para várias configurações morfológicas

Fonte: A autora (2020), com base em resultados de Girotti (2019)

Figura 93 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3 – Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica nos Lote 2, 5 e 6, para várias configurações morfológicas

Fonte: A autora (2020), com base em resultados de Girotti (2019)

Figura 94 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e energia solar fotovoltaica. Cenário 3 – Comparação de demanda elétrica e geração de energia solar fotovoltaica nos Lote 7 e 8, para várias configurações morfológicas

Fonte: A autora (2020), com base em resultados de Girotti (2019)

Segundo Girotti (2019), os resultados do estudo mostraram que o emprego de coeficiente de aproveitamento e taxa de ocupação em seus valores máximos pode não ser compatível com a integração de sistemas fotovoltaicos em coberturas de edificações em bairros. Assim, o desenvolvimento energético solar no ambiente urbano deve passar por uma análise detalhada de impactos no bairro e no entorno e demanda a consideração de critérios de aproveitamento solar na legislação urbanística para configuração dos parâmetros de uso e ocupação do solo.

3.3.2.2.4. Resultados de morfologia e mobilidade urbanas

Os resultados relativos à morfologia e mobilidade urbanas na área avaliada no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo, são detalhados em Lamour, Morelli e Marins (2019), Lamour (2018), Morelli (2017) e Marins *et al.* (2017).

A Tabela 16 apresenta os resultados de contagem de fluxo de veículos e pedestres, e respectivos níveis de serviço, identificados na porção norte do Belenzinho, nos pontos indicados na Figura 95. Nos pontos 1 e 9 (de tarde) e 4 (de manhã), o fluxo é estável (Nível de Serviço “C”), com vias bem utilizadas, nem ociosas nem lotadas. Entretanto, em um possível aumento populacional, estas vias podem atingir níveis de instabilidade. Já nos pontos 2 e 3, que são os principais gargalos da região, o fluxo é

instável (Nível de Serviço “E”), ou seja, as vias já estão saturadas. O fluxo de ônibus no corredor da Av. Celso Garcia pela manhã (pontos 1 e 9), sentido centro, é classificado como livre (Nível de Serviço “A”). Os pedestres que utilizam o metrô (ponto 7) enfrentam níveis de serviço que variam de fluxo livre (Nível de Serviço “A”) a razoavelmente livre (Nível de Serviço “B”). Nos demais passeios públicos, a utilização por pedestres ainda é baixa, mostrando que a mobilidade a pé, no bairro, ainda é bastante aquém do processo de adensamento urbano em curso, inclusive na utilização dos passeios públicos de acesso aos condomínios verticalizados.

Figura 95 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Mapa com indicação dos pontos de contagem de veículos e pedestres

Fonte Marins *et al.* (2017) baseado em Geosampa - Mapa Digital da Cidade de São Paulo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016b)

Tabela 17 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Níveis de serviço do sistema viário selecionado, para veículos e pedestres

Ponto	Veículos				Pedestres			
	Volume horário (veículos/hora)		Nível de Serviço		Taxa de Fluxo (pessoas/metro/min)		Nível de Serviço	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
1	177	1359	A	C	0,4	0,1	A	A
2	1972	-	E	-	-	-	-	-
3	-	1867	-	E	-	-	-	-
4	1983	-	C	-	-	-	-	-
5	-	682	-	B	-	-	-	-
6	593	-	B	-	0,3	-	A	-
7a	-	-	-	-	10,8	22,8	A	B
7b	-	-	-	-	22,5	17,4	B	B
8	45	98	A	A	-	-	-	-
9	68	950	A	C	0,2	0,4	A	A
10	272	86	B	A	0,5	0,6	A	A
11	142	70	B	A	0,3	0,3	A	A

Fonte: Marins *et al.* (2017)

A análise para a área completa do Belenzinho partiu do reconhecimento dos diferentes padrões morfológicos evidenciados ao se comparar as porções norte (acima da linha de transporte) e sul (abaixo da linha de transporte) da área de estudo. Analisando-se o sistema de espaços abertos públicos, percebe-se que o sistema viário configura os principais espaços disponíveis, uma vez que a presença de outros espaços, como praças, é bastante restrita. Conforme Tabela 18, a maior parte dos espaços abertos públicos é dedicada ao tráfego veicular e outra parte significativa, a vagas de estacionamento permanente nas vias. São 59,9% e 36,3%, na porção norte, e 67,9% e 21,4%, na porção sul, dedicados a carros e pedestres, respectivamente. Foram quantificadas 1.251 vagas de estacionamento permanente ao longo das vias, mais 88 vagas temporárias em corredores de ônibus, na porção norte, e 445 vagas permanentes, na porção sul da área de estudo. Na Figura 96, por sua vez, foram mapeadas as larguras dos passeios públicos, constatando-se que a maior parte dos passeios tem entre 2 e 5 metros e, nas vias mais estreitas, a largura dos passeios fica entre 1 e 2 metros.

Tabela 18 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Repartição dos espaços abertos públicos, em função do modo de transporte

	Área (m ²)	%
Porção Norte - Zona de influência da Estação Belém do Metrô		
Pedestres: calçadas	33.793	36,3%
Bicicleta: estações de aluguel	72	0,1%
Ônibus: corredores	3.461	3,7%
Carro: estacionamento permanente na rua	16.419	17,6%
Carro: vias de rolamento permanentes	39.441	42,3%
Espaços abertos públicos (total)	93.185	100%
Porção Sul - Zona de influência da Estação Belém do Metrô		
Pedestres: Praças	2.066	2,0%
Pedestres: calçadas	22.428	21,4%
Bicicleta: ciclovias	2.413	2,3%
Ônibus: corredores	6.816	6,5%
Carro: estacionamento permanente na rua	5.836	5,6%
Carro: vias de rolamento permanentes	65.388	62,3%
Espaços abertos públicos (total)	104.947	100%

Fonte : Lamour (2018)

Figura 96 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Mapa da largura das calçadas, na área de influência da Estação Belém do Metrô

Fonte : Lamour (2018), com base em Geosampa - Mapa Digital da Cidade (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016b)

A caracterização morfológica e do comportamento de pedestres foi aprofundada em cinco pontos do domínio (Figura 97), mostrando que:

- Pontos 1 e 2: localizados no acesso à Estação Belém do metrô (R. Dr. Clementino e R. Fernandes Vieira), na porção norte da área estudada, próximos a edifícios multifamiliares e também conjuntos de edificações unifamiliares e comerciais de pequeno porte. Por eles, é feito o acesso a pé aos condomínios residenciais verticais de grande porte presentes no bairro. Em ambos os casos, um número maior de pedestres foi observado caminhando ao lado dos pequenos lotes (lado leste, Tabela 19) ao invés de na calçada em frente a grandes empreendimentos residenciais;
- Pontos 3A e 3B: localizados na entrada das duas ruas estreitas que constituem os principais acessos de pedestres à estação de metrô, pelo lado sul (R. Monteiro Caminhoá e R. Brigadeiro Moraes), gerando um elevado fluxo de pedestres (Tabela 19), o maior dentre as vias analisadas. Há uma escola municipal entre as duas vielas. Como os pedestres ocupavam indiscriminadamente as calçadas e as ruas, eles foram contados conjuntamente, sem discriminar o lado da calçada.

Apesar da pouca largura das vias e calçadas, há estacionamento público nessas vias, embora o tráfego de veículos seja bastante baixo;

- Ponto 4: situado em uma área caracterizada por lotes e quadras de grandes proporções e cercados frontalmente por muros, com pouca atividade comercial. O tráfego motorizado é intenso e o nível de ruído, alto. O ponto de observação foi localizado no lado oeste da via e se concluiu que o elevado fluxo de pedestres (Tabela 19) se deve ao fato do quarteirão ter um lado de 400 metros de comprimento, que, pelas poucas opções de acessibilidade, concentra o fluxo para acesso à estação de metrô para aqueles que estão em regiões mais a sul e sudoeste da área de estudo;
- Ponto 5: localizado na entrada do SESC Belenzinho (Serviço Social do Comércio, Unidade Belenzinho), que fica aberto a semana inteira, mas lota sobretudo nos fins de semana. Nesse caso, a contagem foi realizada no domingo, pela manhã e à noite e se demonstrou semelhante ao tráfego gerado em dias úteis, no ponto 4, situado na mesma porção do bairro.

Figura 97 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Pontos de contagem e observação do comportamento de pedestres frente às condições morfológicas lindeiras e imagens da R. Monteiro Caminhoá (3A) e R. Padre Adelino (4)

Fonte : Lamour, Morelli e Marins (2019), com base em Geosampa - Mapa Digital da Cidade (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016b)

Tabela 19 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Contagem de pedestres em pontos de observação selecionados

Locais		Número médio de pedestres por hora		
Ponto de observação	Passeio	7h-9h	11h30-13h30	17h-19h
1	Oeste	116	181	309
	Leste	486	385	621
2	Oeste	264	237	415
	Leste	75	115	105
3 A	-	1510	1134	1528
3 B	-	929	765	963
4	Norte	214	172	240
	Sul	344	252	416
5	Norte	152	-	153
	Sul	436	-	508

Fonte: adaptado de Lamour, Morelli e Marins (2019)

Apesar de deterem, em geral, de 3 a 4 metros de largura, diversos passeios são obstruídos por vendedores ambulantes, sobretudo no entorno da estação Belém do Metrô, mobiliário urbano e mesmo vegetação (Figura 98), levando pedestres a caminharem pela rua. Também se verificou que há trechos de pavimentação em más condições. Faltam ainda espaços para convivência social, sendo as ruas basicamente espaços de passagem.

Figura 98 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Exemplos de obstruções e condições de pavimentação dos passeios públicos

Fonte : Lamour, Morelli e Marins (2019)

Adicionalmente, a entrevista realizada com 79 pedestres que passaram pelos pontos 1 e 3A/3B, durante os horários de pico da manhã, almoço e noite contou com a

participação de 58% de mulheres, sendo a maior parcela dos respondentes adultos jovens (30 a 39 anos) e também detentora de carteira de motorista e possuidora de um carro, este compartilhado entre os membros da família (62%). Como mostra o gráfico da Figura 90, a maioria dos participantes destacou como importantes a segurança viária, no que tange ao provimento de boas condições de travessia, sinalização para pedestres, qualidade do pavimento, limite seguro de velocidade de veículos e presença de semáforos, bem como à promoção da segurança, de forma geral, destacando a iluminação pública, a presença de pedestres na mesma área, inclusive como estratégias para ampliar a segurança contra crimes. Esses fatores fazem com que cerca de um terço dos entrevistados (30,4%) opte por seguir o caminho que consideram o mais seguro, e não necessariamente o mais rápido. Relativamente à configuração morfológica, mais da metade dos respondentes destacaram a importância de uma estruturação espacial diversificada, inclusive no que tange a espaços públicos e paisagem urbana, e afirmaram que a presença de veículos e ruído pode não ser necessariamente um problema. Por fim, a presença de comércio se classificou, para a maioria, como moderadamente importante, não sendo reconhecida, de forma objetiva, como um fator essencial à promoção da caminhada.

Figura 99 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia e mobilidade urbanas. Hierarquia das características físicas do ambiente construído, em relação à sua importância para a caminhada, conforme levantamento realizado com pedestres nas proximidades da estação Belém do metrô

Fonte : traduzido de Lamour, Morelli e Marins (2019)

3.3.2.2.5. Resultados de morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar

Os resultados relativos à morfologia e mobilidade urbanas na área avaliada no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo, são detalhados em Tierno (2017).

Com relação ao diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar no interior dos condomínios estudados, o levantamento foi autorizado por apenas um dos locais, com endereço na Av. Álvaro Ramos, 30 (Referência K, Figura 44). A visita foi realizada em 01 de agosto de 2016, no período da manhã, com acompanhamento do zelador do condomínio e mostrou que o empreendimento não tem espaços devidamente projetados ao acondicionamento de resíduos sólidos, e segue um modelo inadequado de gerenciamento dos mesmos. Embora represente apenas um

empreendimento dentre os doze considerados na pesquisa, portanto, não constituindo amostra significativa, como não há especificações dessa natureza no Código de Obras e Edificações vigente (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2017b) e no anterior, entende-se que não se trata de situação excepcional, mas condição bastante comum em empreendimentos multifamiliares, inclusive aqueles localizados na área urbana avaliada. Essa situação foi parcialmente confirmada por meio das observações do processo de coleta de resíduos sólidos urbanos, realizada em acompanhamento operacional em 2017.

Com base nos dados coletados e observações das condições de acondicionamento e coleta de resíduos sólidos urbanos, nas vias onde há maior concentração da geração de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar, devido à implantação de empreendimentos verticalizados (localizados nos pontos A a L, indicados na Figura 44), foi possível constatar:

- a inexistência de recipientes adequados para o armazenamento dos resíduos, a acomodação dos mesmos em sacos pesados, bem como veículo de coleta por vezes parado longe dos abrigos de resíduos, dificultando o trabalho dos profissionais coletores;
- a interferência de elementos de infraestrutura (postes, por exemplo), vegetação (árvores, canteiros, por exemplo) e mobiliário urbano (pontos de parada, por exemplo) no passeio público, constituindo obstáculos a serem transpostos no trajeto do abrigo ao caminhão. O impacto mais significativo foi encontrado no abrigo instalado junto ao ponto de parada de ônibus e conflitos entre os momentos de embarque e desembarque de passageiros e o transporte dos resíduos para o caminhão;
- a interferência do veículo de coleta no tráfego local, gerando congestionamentos devido às paradas para coletar os resíduos e ausência de vaga para parada do veículo durante a coleta, situação que se agrava em vias com estacionamento público permitido em ambos os lados. A condição é ainda piorada em vias com largura reduzida (classificadas como "locais") e uma faixa, sentido único ou onde se localizam empreendimentos com elevada quantidade de resíduos a ser coletada;
- há grande diversidade de condições de acondicionamento de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar, exigindo constante adaptação do serviço público

municipal, quando das atividades de coleta. Em alguns casos, o abrigo destinado ao acondicionamento dos resíduos contava com interfone e abertura automática do local, facilitando a continuidade dos serviços; por outro lado, outros empreendimentos não contam com abrigos específicos para o acondicionamento dos resíduos, sendo os sacos depositados diretamente no passeio público. Há ainda empreendimentos que têm abrigo interno, porém estes ficam trancados e os funcionários da coleta têm que ir até a portaria dos edifícios solicitar a abertura dos mesmos.

Portanto, existe forte interdependência entre as condições de acondicionamento de resíduos, o sistema de coleta de resíduos sólidos, o sistema viário e as condições de circulação urbana, sendo o adensamento e a verticalização intensificadores de conflitos e riscos. As fotografias das Figuras 100 e 101 mostram algumas das condições identificadas na área em estudo, durante o acompanhamento operacional da coleta de resíduos sólidos domiciliares, realizado em 18 de agosto de 2016.

Figura 100 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Imagens do acompanhamento da coleta de resíduos sólidos de origem domiciliar (Pontos A a F)

Ponto A - Rua Passos, 82 (via local)

Ponto C - Rua Cajuru, 1183 (V. Estrutural Nível 3)

Ponto D - Rua Júlio de Castilhos, 925 (Via Local)

Ponto F - Rua Dr. Clementino, 320

Fonte : Tierno (2017)

Figura 101 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Imagens do acompanhamento operacional da coleta de resíduos sólidos de origem domiciliar (Pontos G a L)

Ponto G - Rua Prof. Rodolfo São Thiago, 45
(Via Local)

Ponto H - Rua Prof. Rodolfo São Thiago, 157
(Via Local)

Ponto J - Av. Álvaro Ramos, 30 (Via Local)

Ponto L - R. Cons. Cotegipe, 227 (V. Estrutural Nível 3)

Fonte : Tierno (2017)

Tierno (2017) propôs um conjunto de estratégias para adequação espacial dos recintos de acondicionamento de resíduos sólidos, bem como do espaço público utilizado nas operações de coleta por meio de caminhões, visando minimizar os impactos para os pedestres, os coletores, o tráfego viário em geral, bem como melhorar as condições de saneamento e saúde pública. Para tanto, utilizou-se o diagnóstico do acondicionamento e da coleta de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar realizado no bairro do Belenzinho, e a análise detalhada dos instrumentos estabelecidos no Plano Diretor do município de São Paulo de 2014 (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014a), na Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo de 2016 (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016a) e no Código de Obras e Edificações de 2017 (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2017b).

Primeiramente, foram estabelecidas as características construtivas e de implantação mínimas do local de acondicionamento dos resíduos em edificações residenciais multifamiliares. Destaca-se a importância de acesso ao recinto de acondicionamento a partir da via, da segregação dos resíduos, além da higienização adequadas do espaço. Os esquemas da Figura 102 ilustra um possível *layout* do abrigo para disposição de containers dentro do empreendimento.

Figura 102 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Esquemas ilustrativos de abrigo para acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares em ambiente único (esquerda) e compartilhado (direita), em edificações multifamiliares

Fonte: Tierno (2017)

Posteriormente, foi proposta uma configuração espacial associada à sinalização viária, para integrar os recintos de acondicionamento de resíduos dos empreendimentos com o sistema viário, estabelecendo parâmetros de acessibilidade e, dessa forma, promovendo a otimização e a segurança do serviço de coleta de resíduos sólidos por coletores e caminhões. Parte-se do pressuposto que a legislação urbanística impede a instalação de lixeiras nas calçadas no caso edificações multifamiliares. A configuração espacial proposta é baseada na definição de uma "linha de serviço", que deve "ligar" o abrigo ao leito carroçável da via, sendo mantida livre de impedâncias no passeio público

mecanizado ou containerizado. Tendo em vista a necessidade de compatibilizar esses equipamentos com o espaço público, para que não prejudique outros usos e operações no mesmo, foi proposta uma forma de alocação dos *containers* por meio de um recuo específico com relação ao meio fio da via, onde podem ser dispostos um ou dois *containers*, conforme ilustrado no esquema da Figura 104. Nesta estratégia, também pode se aplicar a delimitação e sinalização do local de parada do veículo de coleta, conforme também indicado no esquema.

Figura 104 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Esquema ilustrativo de compatibilização do sistema viário junto a contêineres instalados em passeio público (2 contêineres)

Fonte: Tierno (2017)

Com base nos critérios propostos para instalação de abrigos internos aos empreendimentos e adequação do sistema viário para facilitar a acessibilidade do caminhão aos locais de acondicionamento, foram desenvolvidos dois cenários de melhoria da gestão de resíduos sólidos na área de estudo no bairro do Belenzinho, no município de São Paulo. Não foi considerada a estratégia de instalação de containers no sistema viário, pois na área de estudo não é realizada coleta containerizada ou mecanizada. Dessa forma, os cenários se caracterizaram por:

- Cenário 1 - instalação de abrigos conforme indicado nos esquemas da Figura 102, nos doze empreendimentos analisados, com frequência diária de coleta de resíduos indiferenciados (coleta comum, todos os dias da

semana) e frequência semanal de coleta de resíduos secos (coleta seletiva, uma vez por semana);

- Cenário 2 - instalação de abrigos conforme indicado nos esquemas da Figura 102, nos doze empreendimentos analisados, com frequência alternada de coleta de resíduos indiferenciados e de resíduos secos (coleta comum e seletiva, três vezes por semana, dias alternados).

O gráfico da Figura 105 mostra um comparativo dos Cenários 1 e 2, indicando como a área de acondicionamento varia conforme a frequência dos serviços de coleta, ressaltando a pertinência de se realizar um planejamento integrado e intersetorial. Analisando-se os cenários, o Cenário 2 traria uma condição mais equilibrada, tanto em termos de área total demandada para acondicionamento dos resíduos como um todo, como para reduzir custos com a coleta de resíduos indiferenciados, que passaria de diária a alternada. A economia poderia viabilizar a ampliação da coleta seletiva para mais dois dias na semana, tornando o serviço também alternado, ao invés de semanal.

Figura 105 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Área útil do abrigo para acondicionamento de resíduos, conforme número de moradores

Fonte: Tierno (2017)

A Tabela 20, por sua vez, mostra os resultados das estimativas de geração de resíduos nos doze condomínios objetos de avaliação e as áreas necessárias ao seu acondicionamento nos respectivos abrigos.

Tabela 20 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Número de habitantes das doze edificações multifamiliares analisadas

Referência	Condomínio	Moradores (habitantes)	Geração total de resíduos (kg/dia)
A	Edifício Vera	520	640
B	Condomínio Jardim Dampezzo	612	753
C	Condomínio Evidence	720	886
D	Condomínio Legítimo Belém	544	669
E	Conjunto Fontana Di Trevi	1008	1240
F	Condomínio Collori	1.144	1.407
G	Conjunto Residencial Jardins Di Napoli	456	561
H	Lumina Parque Club	1.824	2.243
I	Condomínio Edifício Manoel Costa	108	133
J	Edifício Panorama	320	394
K	Condomínio Edifício Europa	360	443
L	Condomínio Cotegipe	756	930

Fonte: A autora, com base em Tierno (2017)

Figura 106 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Identificação das edificações multifamiliares analisadas e dos respectivos abrigos de resíduos existentes

Fonte: Tierno (2017), com base em Prefeitura do Município de São Paulo (2015) e Google (2016)

No que tange à localização dos abrigos destinados ao acondicionamento dos resíduos, bem como sua compatibilização com o sistema viário, identificou-se a posição

atual dos abrigos com relação aos respectivos empreendimentos multifamiliares, com o auxílio do Google Earth (GOOGLE, 2016), conforme indicado na Figura 106. Percebe-se que em edificações residenciais multifamiliares vizinhas, os abrigos de resíduos não estão posicionados de forma adjacente, nos limites laterais dos lotes, o que aumenta a necessidade de paradas do veículo de coleta. Ainda, durante o acompanhamento operacional da coleta de resíduos do condomínio F, localizado em via Estrutural, verificou-se maior interferência do veículo coletor no trânsito. As Figuras 107 e 108 exemplificam possíveis alternativas de realocação dos abrigos destinados ao acondicionamento dos resíduos, assim como de implantação das faixas específicas aos serviços de coleta junto aos empreendimentos com grandes taxas geradoras de resíduos.

Figura 107 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Proposta 1 para realocação dos abrigos de acondicionamento de resíduos

Fonte: Tierno (2017), com base em Prefeitura do Município de São Paulo (2015) e Google (2016)

Figura 108 - Estudo de caso em recorte urbano localizado no bairro do Belenzinho - Avaliação das interações entre morfologia urbana e gestão de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar. Proposta 2 para realocação dos abrigos de acondicionamento de resíduos

Fonte: Tierno (2017), com base em Prefeitura do Município de São Paulo (2015) e Google (2016)

3.3.2.2.6. Resultados da avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano

Os resultados relativos à avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano no distrito do Belém, no município de São Paulo, são detalhados em Cruz (2019).

As dinâmicas presenciais contaram com 42 participantes, de um total de 59 inscritos, sendo que dois participantes não haviam realizado inscrição prévia. Os participantes foram organizados em quatro Grupos de Trabalho, conforme dias e horários planejados e indicados na Tabela 21.

Tabela 21 - Estudo do distrito do Belém - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano. Grupos de Trabalho das dinâmicas presenciais.

Grupo	1º Encontro	2º Encontro	Participantes Inscritos	Participantes Presentes
Grupo 1	17/07/2018 Manhã	19/07/2018 Manhã	20	12
Grupo 2	17/07/2018 Tarde	19/07/2018 Tarde	15	13
Grupo 3	02/08/2018 Tarde	07/08/2018 Tarde	10	7
Grupo 4	04/08/2018 Manhã	04/08/2018 Tarde	14	10
Total	-	-	59	42

Fonte: Cruz (2019)

O número de participantes representa pouco mais 0,09% dos habitantes da área objeto de estudo (Distrito do Belém). Entretanto, a participação popular na primeira etapa de revisão do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, dedicada ao diagnóstico, e que contou com 1.804 pessoas presentes, representou pouco mais do que 0,01% dos habitantes do município. Embora o intuito não fosse a generalização ou a representatividade estatística, identificou-se que o processo de mobilização empreendido na execução do estudo de caso no Belém engajou um grupo de pessoas nove vezes mais representativo do que a primeira fase de diagnóstico realizada pela Prefeitura de São Paulo para o Plano Diretor Estratégico de 2014 (CRUZ, 2019).

Para execução das atividades práticas com relação ao estudo de caso do Belém, foi conduzida uma preparação cuidadosa do ambiente de realização das dinâmicas e do processo de recepção dos participantes (Figura 109) para os encontros presenciais, conforme detalhado em Cruz (2019). Nas salas preparadas, foram realizadas a primeira etapa (inclusiva-propositiva, Figura 110), e a terceira etapa (de valoração-avaliação, Figura 111), de forma manual, por meio das técnicas e procedimentos previstos no método desenvolvido. A segunda etapa, de interpretação e sistematização, que é intermediária entre as duas anteriores, depende exclusivamente do moderador, que trabalha sobre os dados e informações produzidos na primeira etapa, estruturando-os para a terceira etapa.

Analisando-se a hierarquia de problemas (IEG-P), destacam-se no gráfico da os aspectos relativos à mobilidade urbana, transporte público e segurança urbana, além de preocupações com ocupações irregulares e participação e engajamento da população (marcados com retângulos vermelho e laranja, na Figura 112). Também os temas de áreas verdes e serviços públicos urbanos aparecem em destaque dentre os problemas elencados pelos participantes.

Figura 112 - Estudo do distrito do Belém - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano. Resultados do Índice Estratégico Geral de Problemas

Fonte: Cruz (2019)

Com relação à hierarquia de alternativas (IEG-A), há destaque para o desenvolvimento de comércio e serviços, preocupação com aproveitamento de áreas ociosas, ampliação de áreas verdes nos edifícios e restrição para construção de muros e grades, conforme mostram os retângulos em vermelho, laranja e amarelo, na Figura 113. Verifica-se, ainda, que grande parte das alternativas destacadas refere-se a intervenções

relacionadas aos empreendimentos, mostrando, na visão da população como a estruturação do espaço privado tem peso no desenvolvimento do bairro. É importante esclarecer que o método estabelece certos vínculos no estabelecimento de alternativas com relação aos problemas. Entretanto, a hierarquização de alternativas não é derivada diretamente dos problemas, pois outros critérios, como facilidade de implementação, também influenciam, fazendo com que soluções para alguns problemas considerados menos relevantes, tomem posições mais elevadas dentre as alternativas. Isso ocorre, por exemplo, com o caso da ocupação de terrenos ociosos, que é considerado um problema menos relevante, mas a solução é assumida como razoavelmente fácil.

Figura 113 - Estudo do distrito do Belém - Avaliação da participação popular no planejamento e desenvolvimento urbano. Resultados do Índice Estratégico Geral de Alternativas

Fonte: Cruz (2019)

3.3.3. Considerações sobre o conjunto de pesquisas para a avaliação em microescala para a sustentabilidade de bairros, com base nos casos do Belenzinho e Santa Cecília/ Higienópolis, em São Paulo

A avaliação conjunta dos métodos aplicados e dos resultados produzidos no estudo das áreas urbanas selecionadas no município de São Paulo mostrou importantes impactos nas condições de sustentabilidade local, associados aos processos de desenvolvimento orientado pelo transporte, adensamento e verticalização. Esses impactos derivam, na sua essência, das fortes relações que o uso e ocupação do solo estabelece com aspectos de microclima, conforto, infraestrutura, serviços e fluxos de pessoas e recursos. A estrutura física e funcional urbana suporta diferentes condições e níveis de adensamento e diversidade urbana, que por sua vez também afetam o sistema urbano, do ponto de vista econômico, social e ambiental.

A avaliação microclimática e a avaliação energética do bairro do Belenzinho, guardados os devidos recortes de escopo, mostraram, com riqueza de detalhes, como a complexidade da morfologia urbana é um fator determinante da sustentabilidade local. A morfologia urbana interfere sensivelmente na temperatura e nas condições de conforto nos espaços urbanos abertos, podendo afetar, dessa forma, a atratividade desses espaços, sobretudo os de uso público, fundamentais para a mobilidade a pé, o lazer e a convivência social. A morfologia urbana também afeta as condições de aproveitamento solar, portanto, o potencial de geração de energia renovável junto aos pontos de consumo e o desenvolvimento associado da geração distribuída de energia. Coincidentemente, em ambas as avaliações, as escalas de densidade construída em nível intermediário geraram os resultados mais satisfatórios, mostrando, dessa forma, que a definição dos volumes das edificações e suas condições de implantação não deveriam prescindir da análise de seu contexto morfológico na microescala urbana, e da consideração de premissas que orientassem a transformação do território urbano de forma mais consciente, planejada e segura. Também ambos os estudos ressaltaram a importância da avaliação mais aprofundada dos efeitos das áreas verdes sobre o microclima e o sombreamento de áreas de geração energética fotovoltaica, sendo as deficiências em termos de áreas verdes também um ponto elencado pelos cidadãos participantes das dinâmicas participativas.

Tanto os efeitos morfológicos sobre o microclima como o aproveitamento da energia solar mostraram impactos ambientais, econômicos e sociais.

Do ponto de vista ambiental, constatou-se a relação das variações climáticas locais com os fenômenos de ilhas de calor e também ilhas de resfriamento urbano; por outro lado, a temperatura externa afeta as condições de conforto ambiental nos espaços internos dos edifícios, podendo afetar a demanda de energia para condicionamento térmico em edificações. Além disso, o aproveitamento solar para geração elétrica em edifícios é uma alternativa que pode impactar na matriz de geração de energia elétrica brasileira, minimizando impactos da geração predominantemente centralizada e com crescente participação de combustíveis fósseis.

Do ponto de vista econômico, reconhecem-se possíveis efeitos das variações climáticas sobre a atratividade de empreendimentos, assim como o desenvolvimento de atividades econômicas que dependem da qualidade dos espaços abertos, destacando-se, nesse caso, o comércio de rua. Por afetar também o conforto dos pedestres, pode impactar na escolha modal de transporte, trazendo desdobramentos econômicos para o setor e os próprios usuários, além de impactos ambientais adicionais, derivados da troca do modo ativo pelo motorizado. Com relação à energia solar, a geração da própria energia, ainda que em parte, pode se tornar uma estratégia crucial no longo prazo, tanto para os próprios usuários dos edifícios quanto para empresas de energia, considerando a progressão dos mercados de geração de energia distribuída e da indisponibilidade de fontes energéticas mais tradicionais.

Do ponto de vista social, as condições microclimáticas afetam a atratividade dos espaços coletivos e, portanto, o contato pessoal e a socialização urbana. O desenvolvimento energético local, por sua vez, transfere o cidadão de uma posição passiva para uma posição ativa no que tange ao sistema energético, com maior participação e responsabilidades no aproveitamento das fontes de energia.

O conjunto de estudos relacionados à infraestrutura e serviços urbanos nos bairros de Santa Cecília/ Higienópolis e Belenzinho também mostraram como as variações de uso e ocupação do solo e a qualificação viária afetam as condições de mobilidade urbana e de utilização de espaços públicos. No que tange ao transporte de carga, foi diagnosticada a interdependência de densidade de empregos, densidade populacional e características de estabelecimentos comerciais, bem como da logística para abastecimento urbano. A interação dessas variáveis gera efeitos sobre o tráfego de veículos, na macro e na microescala, e também afeta a circulação de pedestres, o uso dos espaços públicos, uma vez que tanto para a operação dos estabelecimentos

comerciais, quanto das próprias atividades de carga e descarga, o espaço público viário é o principal meio de acesso. A avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar, por sua vez, evidenciou que, no modelo de coleta porta-a-porta, a localização e a configuração adequadas de espaços dedicados ao acondicionamento de resíduos sólidos, em empreendimentos residenciais de grande porte, é fundamental do ponto de vista ambiental e saúde pública, mas também do ponto de vista de otimização do espaço viário, para agilizar as operações de coleta e reduzir as interferências no tráfego urbano. Essas ações, por sua vez, impactam na disponibilidade e segurança de espaços em passeios públicos para pedestres, ao se minimizar os possíveis conflitos.

O estudo específico das condições de caminhabilidade no bairro do Belenzinho identificou que os pedestres, de modo geral, não reconhecem na configuração espacial urbana elementos determinantes para sua motivação em caminhar. Acredita-se que, até pela complexidade de se abordar os fatores morfológicos incidentes sobre as preferências e decisões do pedestre, inclusive sob a perspectiva do cidadão, o tópico requer estudos mais aprofundados para de fato, diagnosticar-se essa relação. Nas entrevistas, fatores mais concretos foram indicados como primordiais para a mobilidade a pé e se relacionam à segurança (viária e pessoal), o que também inclui a oferta de um sistema adequado de iluminação pública. Entretanto, as observações do comportamento de pedestres no bairro mostraram que, quadra a quadra, há trechos de passeios públicos preferenciais, e que se relacionam, em geral, com a presença de estabelecimentos comerciais, edificações lindeiras não muradas e boas condições de pavimentação. Portanto, ainda que de forma geral, identifica-se que a morfologia urbana guarda relações com a atratividade de pedestres nas diferentes configurações morfológicas do espaço viário. Além disso, as dinâmicas participativas presenciais destacaram diversos aspectos que, na visão dos cidadãos, constituem soluções urbanas adequadas, tais como redução de muros nos empreendimentos, ampliação de áreas verdes, aumento de comércio e serviços, ocupação de áreas ociosas e melhoria da segurança, e que se alinham a algumas características do espaço urbano, ressaltadas como importantes nas entrevistas a pedestres, como fatores que favorecem a caminhabilidade no bairro.

Também se verificou impactos de ordem ambiental, econômica e social no que tange aos efeitos morfológicos urbanos sobre a estruturação e operação de fluxos e

serviços nas áreas urbanas avaliadas. Do ponto de vista ambiental, a composição modal e a operação da mobilidade urbana, quer seja para pessoas ou cargas, trazem efeitos sobre o consumo de recursos energéticos e a geração de poluentes locais e gases do efeito estufa, constituindo, nesses aspectos, o setor de transporte o principal contribuinte para o município de São Paulo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2013). Dessa forma, políticas e projetos que integrem o uso e ocupação do solo e a mobilidade urbana podem gerar importantes efeitos não apenas na microescala, mas também no município e, possivelmente, em escalas mais amplas, ao qualificar e ampliar a mobilidade ativa e por transporte coletivo, bem como otimizar o tráfego e as operações logísticas urbanas.

Do ponto de vista econômico, o desenvolvimento de uma mobilidade ativa suportada por políticas de segurança, conforto e acessibilidade pode gerar efeitos econômicos positivos para os cidadãos, ao reduzir a dependência do transporte motorizado individual e mesmo do transporte público, em viagens com menores distâncias. Por outro lado, a distribuição modal, em macroescala, associada à localização de empreendimentos residenciais e comerciais que considere fatores de densidade urbana, bem como a estrutura espacial e operacional via a via, além da própria configuração da microacessibilidade, também gera economias de tempo, combustível e minimiza a ocorrência de externalidades negativas, como acidentes. Ainda, o planejamento integrado do uso misto com a mobilidade urbana impacta na economia urbana local e é um fator de desenvolvimento de centralidades urbanas, em especial quando aplicado às zonas de influência de estações de transporte de massa.

Do ponto de vista social, a estruturação e a qualificação do espaço urbano permitem que diferentes modalidades de transporte de pessoas e mercadorias possam ser utilizadas conforme a opção dos usuários. Enquanto isso, suportam convivência e contato pessoal, tornando a utilização dos espaços mais abrangente e diversa, contribuindo para sua apropriação pela população.

4. Aplicações da experiência de pesquisa em atividades didáticas e de extensão

A trajetória percorrida em pesquisa e sistematizada no presente texto proporcionou desdobramentos em ensino e extensão, sendo três iniciativas merecedoras de destaque neste trabalho.

4.1. Aplicações da experiência de pesquisa em disciplinas de pós-graduação e graduação

Com relação ao ensino, destaca-se a criação de duas disciplinas novas no currículo da Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP, sendo uma em nível de pós-graduação *strictu sensu* (PCC6001 - Sustentabilidade no Planejamento e Desenvolvimento Urbano) e outra para a graduação (PCC3523 - Desenvolvimento de Projetos Urbanos).

A disciplina PCC6001 integra o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), relacionando-se à área de concentração em Engenharia de Construção Civil e Urbana e linha de pesquisa de Gestão de Cidades. O programa já contava, desde 2001, com a disciplina PCC5100 - Sustentabilidade no Ambiente Construído, mas essa se dedicava à cadeia produtiva da construção.

Tendo por base o enfoque na escala urbana, a disciplina PCC 6001 - Sustentabilidade no Planejamento e Desenvolvimento Urbano tem sido oferecida desde 2015, tendo alcançado seu quinto oferecimento em 2020, e tem por objetivos (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2020a):

discutir oportunidades de interação de condicionantes e parâmetros em projetos de desenvolvimento urbano, no que tange ao uso e ocupação do solo e sistemas de infraestrutura urbana (transporte, saneamento e energia), do ponto de vista físico, econômico, social e ambiental;

discutir estratégias, soluções e metodologias a serem adotadas no planejamento e no projeto de áreas urbanas, na escala de distritos, bairros e eixos de desenvolvimento urbano, com base em critérios de sustentabilidade;

analisar áreas urbanas selecionadas, com base na abordagem sistêmica tratada.

O oferecimento da disciplina combina atividades intensivas de aprofundamento teórico, realizadas pelos estudantes individualmente e em pequenos grupos, com a análise de um recorte urbano em específico, na escala de um bairro, de forma a se avançar no conhecimento mediante engajamento dos estudantes em questionar e procurar responder a uma situação prática.

Conforme detalhado por Marins e John (2019), em um trabalho publicado que se dedicou a realizar um balanço das experiências didáticas no tema da sustentabilidade no PPGECC, a disciplina PCC6001 recebe interessados com formação e origem, na sua maioria, da engenharia civil, mas também participações significativas de arquitetos e urbanistas, engenheiros eletricitistas, geógrafos, e outros profissionais. É uma disciplina bem procurada, tendo, em média, de 8 a 12 alunos por turma, anualmente.

Como trabalho final da disciplina, os alunos apresentam um artigo, no qual realizam o confronto do estudo teórico aprofundado com a realidade urbana estudada. Desde 2018, a proposta da disciplina tem sido a avaliação de uma mesma área urbana por toda a turma, que então se organiza em grupos, cujo objeto de análise são inter-relações selecionadas. A interação dos grupos acontece em seminários. Nessa dinâmica, já foram analisadas as áreas do PIU⁴⁶ Rio Branco e também da zona de influência da estação Butantã do Metrô (ZEU Butantã).

A disciplina PCC3523, por sua vez, foi concebida para oferecimento aos alunos do quinto ano da graduação em engenharia civil, visando desenvolver o exercício prático do projeto urbano. A disciplina é obrigatória para os alunos que optam pelo módulo de *Real Estate* (Desenvolvimento imobiliário) e eletiva para aqueles que optam pelo módulo de Cidades. A disciplina vem sendo oferecida anualmente desde 2018, tendo já sido cursada por três turmas.

Trata-se de uma nova experiência no curso de graduação em engenharia civil, uma vez que, na disciplina, os alunos são solicitados a diagnosticarem e proporem soluções projetuais (espaciais), desenvolvendo desenhos em escalas e detalhamento apropriados. O instrumental abrange parâmetros estabelecidos em políticas públicas,

⁴⁶ "Os Projetos de Intervenção Urbana (PIU) são os estudos técnicos necessários a promover o ordenamento e a reestruturação urbana em áreas subutilizadas e com potencial de transformação na cidade de São Paulo. Elaborados pelo poder público e originados a partir de premissas do Plano Diretor Estratégico, tem por finalidade sistematizar e criar mecanismos urbanísticos que melhor aproveitem a terra e a infraestrutura urbana, aumentando as densidades demográficas e construtivas além de permitir o desenvolvimento de novas atividades econômicas, criação de empregos, produção de habitação de interesse social e equipamentos públicos para a população". (<https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/estruturacao-territorial/piu/>)

literatura técnica-científica pertinente, assim como métodos e modelos específicos aos vários enfoques dados, a cada ano. O diferencial da disciplina é solicitar que os alunos desenvolvam soluções integradas para várias necessidades simultâneas de uma área urbana indicada pela docente, pautadas na compatibilização e qualificação espacial e funcional, mediante instrumentação sistematizada. São objetivos da disciplina (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2020b):

Capacitar o aluno para compreender a escala urbana no que tange ao uso e ocupação do solo e aspectos espaciais dos sistemas de infraestrutura, incorporando aspectos de sustentabilidade ambiental, econômica e social. Aspectos práticos de atuação profissional e de desenho urbano serão pontuados.

Exercitar o projeto urbano, por meio do desenvolvimento de soluções projetuais baseadas nos conceitos e aspectos tratados.

A disciplina PCC3523 tem grande procura entre os estudantes, sendo formada com uma média de 20 a 25 alunos por turma, ano a ano. Além dos alunos de engenharia civil, participam alunos de engenharia ambiental e também de arquitetura e urbanismo, o que contribui para o exercício da interdisciplinaridade em projeto urbano.

A título de exemplificação, em 2018, ano de início da disciplina PCC3523, a proposta de projeto foi o desenvolvimento de um projeto para a zona de influência da estação Belém do Metrô (Belenzinho), no município de São Paulo, coincidindo com a área urbana avaliada em pesquisas coordenadas pela docente. Foram enfocados os aspectos de uso e ocupação do solo, microclima (insolação e vegetação) e mobilidade urbana. Nesse caso, parte dos insumos de projeto foi proporcionada aos estudantes por meio de dados obtidos em campo, com a pesquisa científica realizada no mesmo bairro. A Figura 114 mostra um exemplo de projeto produzido por graduandos para a área do Belenzinho, na disciplina PCC3523, em 2018.

Figura 115 - Exemplos de projeto urbano elaborado para a disciplina de Desenvolvimento de Projetos Urbanos, em 2019

Fonte: Créditos das imagens para Giovane Medeiros Canato, João Pedro Marchesini Alexandrino, Juliana Coelho Zeronlian, Lucas Vassalo de Almeida e Luisa Araujo Zucchi (à esquerda) e Caio G. de Moraes; Gabriel L. Oliveira; Giovanni C. Rozan; Igor B. Rizzi e Laís Nagano (à direita)

Em 2020, a Zona de Estruturação Urbana formada no entorno da Estação Butantã do Metrô foi a área analisada. Objetivou-se elevar a densidade demográfica de cerca de 80 habitantes por hectare para 150 habitantes por hectare, associando desenvolvimento do uso e ocupação do solo, mobilidade e acessibilidade, assim como gestão de águas pluviais e acondicionamento e coleta de resíduos sólidos. Nessa edição da disciplina, por conta da pandemia de coronavírus e as exigências de isolamento social, praticamente toda a atividade de projeto e orientação foi realizada de forma remota e tendo de se restringir, basicamente à utilização de dados secundários. Entretanto, por se tratar de uma região de São Paulo, em geral, bastante conhecida pelos estudantes e pela docente, por estar muito próximo da Cidade Universitária, em São Paulo, o aproveitamento foi considerado bastante satisfatório. A Figura 116 mostra alguns exemplos dos resultados de projeto produzidos para a área da ZEU Butantã.

Figura 116 - Exemplos de projeto urbano elaborado para a disciplina de Desenvolvimento de Projetos Urbanos, em 2020

Fonte: Créditos das imagens para Arthur Figueiredo Soares de Almeida, Elisa Santo Matar, Giovanna Giordano Tudisco, Guilherme Alfonso Paolini e Vinicius Martinez Ramim (à esquerda) e João Di Jorge Cordeiro Bahdour, Josue Caetano Pilon, Sade Oliveira e Victor Shigueo Monteiro Kinsui (à direita)

A realização das experiências didáticas relatadas foi suportada pela evolução da pesquisa em avaliação da microescala urbana, mediante abordagens intersetoriais e multicriteriais. Da mesma forma, a discussão teórica dos temas envolvidos, assim como da problemática e das possíveis soluções em desenvolvimento urbano, muito contribuem para retroalimentar questões de pesquisa.

4.2. Aplicações da experiência de pesquisa na coordenação do II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana, realizado em 2019

O II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana – SINGEORB 2019 foi realizado de 27 a 29 de novembro de 2019, na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, constituindo o quarto evento bianual realizado pelo Grupo de Trabalho Engenharia Urbana e Política Habitacional (GT URBANO), da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC. Anteriormente, foram realizados o ENURB 2013 e ENURB 2015 - Encontros Nacionais de Tecnologia Urbana (ENURB), respectivamente na Universidade Federal do Rio de Janeiro e na Universidade de Passo

Fundo, e o SINGEORB 2017, na Universidade Federal de São Carlos. Esses eventos, por sua vez, foram precedidos de três edições do Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (SIMPGEU), realizado em 2006 na UFSCar, e em 2010 e 2012, na Universidade Estadual de Maringá.

O SINGEORB 2019 foi coordenado pela docente proponente, sendo a comissão organizadora e a comissão científica compostas por membros da Escola Politécnica (POLI USP) e a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP (FAU USP), a Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp (FEC), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT e o Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS) da Universidade Federal do ABC (CECS). O evento recebeu suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), da Escola Politécnica da USP e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, bem como apoio da ANTAC e do Poli-Integra.

Motivada pelos tópicos e resultados alcançados em pesquisa e ensino, a docente propôs à comissão organizadora o tema "Abordagem sistêmica, escalas e intersectorialidade: desafios e potenciais do desenvolvimento urbano sustentável", que foi definido como tema do SINGEORB 2019. Com esse tema, foram discutidos trabalhos científicos e experiências que tratam de problemáticas e soluções de forma abrangente e transversal, valorizando-se, dessa forma, pesquisas com cunho transdisciplinar na temática de áreas urbanas, desde a escala da inserção urbana de empreendimentos até a escala regional. Foram também estabelecidos cinco subtemas, cada qual com tópicos principais:

- Governança urbana e participação - análises e proposições de modelos e sistemas decisórios participativos; discussões sobre institucionalizações em governança urbana e iniciativas multiagentes; impactos em planejamento e gestão de cidades; estudos relativos à integração de políticas urbanas e metropolitanas;
- Morfologia urbana - estudos dos efeitos da densidade urbana sobre o planejamento, a gestão e a estruturação urbana; métodos e estudos envolvendo a aplicação do urbanismo paramétrico; análises relativas aos efeitos do uso e ocupação do solo sobre a qualidade, desempenho e

eficiência na cidade; métodos e estudos de avaliação de sistemas de espaços livres; avaliações de políticas e projetos urbanos;

- Habitação social - estudos da oferta de habitação; análises de processos de planejamento e gestão de programas e projetos habitacionais; análises do efeito da demanda habitacional sobre a ocupação do território, desafios ambientais e informalidade; planejamento urbano e gestão de riscos;
- Meio ambiente urbano – estudos de planejamento e gestão da infraestrutura e dos serviços ecossistêmicos; análises urbanas com relação a aspectos bioclimáticos e ergonômicos; avaliações de conforto ambiental nos espaços livres urbanos; estudos da geração e uso de energia na escala urbana; análises dos impactos dos materiais na escala urbana; estudos de políticas ambientais para o desenvolvimento urbano;
- Mobilidade e acessibilidade urbanas - análises integradas de transporte e uso e ocupação do solo; estudos de políticas e avaliações do transporte ativo (caminhada e ciclovário), análises dos efeitos de políticas de estacionamento sobre o planejamento e gestão de cidades; estudos envolvendo a análise associada da logística e do planejamento urbano e regional.

O SINGEORB 2019 incluiu atividades gerais para participação de todos os inscritos, e atividades simultâneas, como as sessões técnicas, os minicursos, as oficinas e as visitas técnicas, conforme quadro geral da Programação, mostrado na Figura 117.

Figura 117 - Programação geral do II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana - SINGEORB 2019

27 novembro 2019 QUARTA-FEIRA	8h30 - 9h30	Credenciamento e entrega de arquivo de .ppt dos trabalhos das sessões técnicas
	9h30 - 10h30	Cerimônia de abertura
	10h30 - 12h00	Conferência de Abertura: Inovação para gestão urbana inteligente Conferencista: Prof. Dra. Semida Silveira (Royal Institute of Technology - KTH, Suécia) Moderação: Prof. Dra. Karin Regina de Castro Marins (Escola Politécnica da USP)
	12h00 - 14h00	Almoço
	14h00 - 15h30	Sessões técnicas 1
	15h30 - 15h50	Coffee -break
	16h00 - 17h45	Oficinas e minicursos 1 Sessões técnicas 2
	18h00 - 19h30	Painel 1: Escalas de governança e participação em cidades Palestrantes: Prof. Dr. Adrian Gurza Lavalle (Observatório das Metrópoles, FFLCH USP) Dr. Guilherme Alexandre Wiedman (Min. de Ciência e Tecnologia, Inovações e Comunicações) Dr. Marcos Campagnone (Governo do Estado de SP, Sec. de Assuntos Metropolitanos) MSc. Marina Briant (ICLEI) Moderação: Prof. Dra. Silvia Mikami Pina (FEC - UNICAMP)
	19h30 - 20h00	Apresentação musical: OSUSP – Orquestra Sinfônica da USP Divulgação dos 10 melhores Trabalhos Técnicos do SINGEORB 2019 Coquetel de Boas Vindas
28 novembro 2019 QUINTA-FEIRA	9h00 - 10h15	Conferência Magna: Vivendo a alta densidade urbana (High density living) Conferencista: Prof. Dr. Edward Ng (The Chinese University of Hong Kong) Moderação: Prof. Dra. Denise Duarte (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - USP)
	10h30 - 12h30	Sessões técnicas 3
	12h30 - 14h00	Almoço
	14h00 - 15h30	Sessões técnicas 4
	15h30 - 15h50	Coffee -break
	16h00 - 17h30	Oficinas e minicursos 2 Mesa Redonda 1: A gestão e a engenharia urbana nas agências de financiamento de pesquisa Debatedores: Prof. Dr. Arlindo Philippi Jr (FSP - USP e IEA - USP) Prof. Dr. Rômulo Orrico (Coordenador de Engenharias I da Capes) Coordenação: Prof. Dr. Alex Abiko (POLI - USP)
	17h30 - 18h00	Reunião do GT Urbano da ANTAC
	18h00 - 19h30	Painel 2: Desenvolvimento orientado pelo transporte - o que realmente falta? Palestrantes: MSc. Luiz Antonio Cortez Ferreira (Metrô/SP) Dr. Fernando Melo Franco (Ex-Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo) Prof. Dra. Karin Regina de Castro Marins (Escola Politécnica da USP) Marcia Terlizzi (ex-SEHAB) Moderação: Prof. Dr. Fábio Mariz Gonçalves (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - USP)
	20h00	Jantar de confraternização (adesão) - Restaurante Galpão da Pizza
29 novembro 2019 SEXTA-FEIRA	8h30 - 9h15	Sessões técnicas 5
	9h30 - 10h30	Mesa redonda 2: Infraestrutura verde - a paisagem como modelo para soluções baseadas na natureza nas cidades Debatedores: Prof. Dr. Newton Becker de Moura (Universidade Federal do Ceará) Prof. Dr. Hugo Rogério de Barros (Universidade Federal de Pernambuco e IEA-USP) MSc. Adriana Sandre (Universidade São Judas Tadeu, FAU - USP) Coordenação: Prof. Dr. Paulo Pellegrino (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - USP)
	10h30 - 12h00	Painel 3: Desafios e potenciais da intersectorialidade no planejamento e na gestão urbana Palestrantes: Prof. Dr. Ricardo Toledo Silva (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP) Prof. Dra. Semida Silveira (Royal Institute of Technology - KTH, Suécia) Prof. Dr. Paulo Saldiva (Faculdade de Medicina da USP e IEA - USP) Geólogo Agostinho Tadashi Ogura (IPT) Moderação: Prof. Dra. Karin Regina de Castro Marins (Escola Politécnica da USP)
	12h00 - 12h30	Cerimônia de Encerramento
	12h30 - 14h00	Almoço
	14h00 - 18h00	Visitas técnicas (saída da Escola Politécnica da USP em vans, exceto visita ao IPT, que será realizada a pé)
LEGENDA	Atividade realizada no Edifício "Paula Souza"- Prédio da Engenharia Civil da POLI USP	
	Atividade realizada no Auditório do Edifício "Engenheiro Mário Covas Junior", Prédio da Administração da POLI USP	
	Atividade realizada na sala de Videoconferencia do Edifício "Engenheiro Mário Covas Junior", Prédio da Administração da POLI USP	
	Atividade externa	

Fonte: Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana (2019)

As atividades gerais abrangeram a realização de duas conferências com convidados internacionais (Prof. Semida Silveira e Prof. Edward Ng), três painéis, com um total de doze palestrantes, e duas mesas redondas, com um total de cinco debatedores, além de moderadores e coordenadores. As atividades simultâneas abrangeram as sessões técnicas, organizadas em 5 blocos principais, em um total de 16 sessões realizadas nos três dias do evento, alinhadas com os subtemas do SINGEURB 2019, além de 10 minicursos e oficinas e 5 visitas técnicas. As imagens da Figura 118 mostram alguns momentos das conferências (“a” e “b”), painéis (“c”) sessões técnicas (“d” e “e”) e visitas técnicas (“f”).

Figura 118 - Imagens do II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana - SINGEURB 2019

Fonte: Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana (2019)

O SINGEORB 2019 contou com a presença de 132 inscritos, advindos de 13 Estados federativos brasileiros, além do Distrito Federal, incluindo Alagoas, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo. Destes, 67 eram estudantes de pós-graduação, 44 eram profissionais (acadêmicos ou não) e 21, estudantes de graduação. Somando-se palestrantes, ministrantes de minicursos e oficinas, assim como membros da comissão organizadora e colaboradores, 163 pessoas estiveram presentes no evento.

O evento foi avaliado pelos participantes mediante preenchimento de formulário eletrônico, sendo recebidas 49 respostas. Em uma escala de 1 a 6, 61% e 35% dos participantes deram, respectivamente, notas 6 e 5 para o evento. Os principais pontos elogiados foram as temáticas escolhidas, a excelente qualidade das conferências, a vinda de palestrantes internacionais, a programação, assim como o preparo dos palestrantes e mediadores. As oficinas, minicursos e visitas também foram elogiadas, tanto pelos temas, quanto pelo preparo dos ministrantes. A organização do evento foi considerada muito boa, tanto em aspectos de comunicação com os participantes, *website*, produção de anais com trabalhos com arquivos individualizados e disponibilizados antes do início do evento, local, equipe de monitores e auxiliares, dentre outros. A avaliação geral considerou o evento excelente, proporcionando enorme aprendizado e sendo muito instrutivo. Os principais pontos para os quais foram sugeridas melhorias abrangeram: deixar mais tempo para debates ao longo dos vários painéis e conferências, incluir tradução simultânea para o conferencista internacional, evitar sessão técnica realizada paralelamente a algumas oficinas e minicursos, bem como ampliar o tempo de apresentação de trabalhos nas sessões técnicas.

O SINGEORB 2019 recebeu 179 trabalhos compactos, submetidos à avaliação por pares, realizada por especialistas nos cinco subtemas e diversos tópicos compreendidos pelo evento. Foram publicados 117 trabalhos técnicos nos anais do evento, constituindo uma relevante amostra da produção brasileira no âmbito da gestão e da engenharia urbanas, sendo seus autores vinculados a instituições localizadas em 13 Estados Federativos no Brasil, além do Distrito Federal. Os trabalhos publicados em anais estão indexados (DOI) e disponíveis no repositório permanente em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-list/singeburb2019325/list/development#articles>, conforme ilustra a Figura 119.

Figura 119 - Repositório online dos anais do II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana - SINGEURB 2019

Fonte: Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana (2019)

5. Conclusões, considerações finais e próximos trabalhos

Este texto objetivou sistematizar criticamente um conjunto de métodos e resultados de pesquisas desenvolvidas pela docente, bem como as conduzidas e coordenadas com a participação de graduandos e pós-graduandos, visando à avaliação da microescala urbana como estratégia para a promoção da sustentabilidade no planejamento e desenvolvimento urbano. Buscou-se conduzir uma investigação transdisciplinar, por meio da articulação de parâmetros e da verificação de impactos cruzados das soluções morfológicas urbanas em relação a funcionalidades urbanas selecionadas.

As três pesquisas tratadas - 1) planejamento energético urbano; 2) diagnóstico comparativo multicriterial de práticas para a sustentabilidade em bairros; e 3) avaliação em microescala para a sustentabilidade de bairros em áreas de DOT - apresentaram procedimentos, parâmetros e resultados da abordagem intersetorial na microescala urbana. Do conjunto analisado, em cenários de integração e ajustes intersetoriais e interdisciplinares, foram constatadas melhorias de desempenho e eficiência que, em última instância, significam ganhos em termos econômicos. Ainda, são claros os benefícios sociais, ambientais e para a saúde, com as possibilidades de redução de emissão de poluentes, gases de efeito estufa, congestionamentos viários, além da qualificação dos espaços urbanos. As pesquisas de diagnóstico e avaliação dos bairros destacaram, ainda, o papel central da morfologia urbana e a perspectiva do pedestre em soluções para a sustentabilidade urbana na microescala, tanto pelos aspectos energéticos e ambientais envolvidos, quanto pelos aspectos sociais e de qualificação de diversos indicadores evidenciados nos vários estudos realizados.

As experiências didáticas e de realização do II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana, nos moldes apresentados, foram possíveis graças ao avanço em pesquisa buscado pela docente nos últimos anos. A constatação do potencial do planejamento e projeto na microescala urbana e a instrumentação desenvolvida proporcionaram criar novos oferecimentos nessa temática, em ensino de graduação e pós-graduação em engenharia civil, assim como em grupos de trabalho e eventos técnicos relevantes da área.

Por meio das investigações realizadas, reconhece-se que a análise instrumentalizada transdisciplinar na microescala urbana pode agregar insumos

extremamente relevantes aos processos de planejamento e gestão de áreas urbanas, pois há diversos aspectos ainda não tratados em normatizações e regulações urbanísticas no Brasil. Tomando por base a instrumentação em políticas urbanas vigente para o município de São Paulo, identifica-se, portanto, diversas oportunidades de melhorias na parametrização de edificações e da estrutura e infraestrutura viárias, para qualificar e efficientizar o desenvolvimento do ambiente urbano. Especificações relativas a parâmetros e procedimentos de análise e decisão podem ser integradas às exigências para concepção e aprovação de planos e projetos, que, se por um lado agregam complexidade às soluções, as quais precisam ser certamente consideradas, por outro valorizam as intervenções e, sobretudo, contribuem para o desenvolvimento de áreas urbanas mais sustentáveis e resilientes. Tais especificações poderiam, sobretudo, ser internalizadas na política de parcelamento, uso e ocupação do solo e no código de obras e edificações, de forma que planejamento e projeto de espaços urbanos abertos e fechados possam ser aprimorados.

Ademais, há grande desafio na cidade de São Paulo e em outras áreas urbanas no Brasil, em se passar do planejamento para o projeto, atuando na microescala urbana, quando os impactos das decisões sobre o território são contundentes e a necessidade de atuação intersetorial é evidente. No caso de São Paulo, o desenvolvimento dos planos de bairros, previstos no plano diretor estratégico e na lei de parcelamento, uso e ocupação do solo, pode configurar um instrumento decisivo para essa atuação local. Entretanto, o estudo da teoria do DOT e a análise de sua aplicação na ZEU Belenzinho mostraram que muito contribuiria, para o próprio desenvolvimento das ZEU's, a exigência de formulação de um plano de desenvolvimento urbano para cada zona de influência de estação de transporte, o que se daria mediante planejamento, projeto e gestão em microescala urbana. Cabe, nessa direção, promover investigações e práticas metodológicas visando contribuir para aprimorar os modelos de governança vigentes, com participação efetiva de atores e sistemas organizacionais e de informações que suportem o exercício coordenado do planejamento e da gestão urbana, inclusive de forma multi e interescalar.

Identifica-se, por fim, estudos complementares que podem agregar mais insumos ao escopo tratado, dentre eles:

- o aprofundamento em modelos e redes de governança municipal e submunicipal, inclusive na microescala e aplicáveis a áreas de desenvolvimento orientado pelo transporte;
- o aprofundamento de estudos em caminhabilidade em áreas de desenvolvimento urbano, adensamento e diversificação do uso do solo;
- o aprofundamento na avaliação da composição do uso do solo em áreas de desenvolvimento orientado pelo transporte, já que essa característica morfológica impacta o mercado imobiliário e os sistemas de mobilidade urbana e as demandas por recursos, serviços urbanos e mercadorias, em um cenário de modificação das relações e condições de trabalho, estudo, consumo e abastecimento;
- a integração de condicionantes de ventilação urbana e infraestrutura verde à avaliação integrada entre morfologia urbana e microclima, assim como aspectos de ruído urbano;
- a integração de condicionantes de saúde pública, em contextos de risco e adaptação a contágios e eventos pandêmicos.

Parte dessas abordagens já está em condução pela docente, por meio de pesquisa junto ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico - CNPq e da coordenação de equipe de orientandos em nível de pós-doutoramento, doutorado, mestrado e iniciação científica, com novos trabalhos já iniciados em 2020.

6. Referências bibliográficas

- AFFOLDERBACH, J.; SCHULZ. Mobile transitions: Exploring synergies for urban sustainability research. **Urban Studies**, 53 (9), 1942-1957, 2016.
- AHERN, J. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. **Landscape and Urban Planning**, v.100 p. 341–343, 2011.
- ALMEIDA, M. A., SCHAEFFER, R., LA ROVERE, E. L. The potential for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil. **Energy**, v. 26, n. 4, p.413-29, 2001.
- AMBROSINI, C.; GONZALEZ-FELIU, J.; TOILIER, F. A design methodology for scenario-analysis in urban freight modelling. **European Transport**, v.54, n.7, p.1-21, 2013.
- ANGEL, S.; PARENT, J.; CIVCO, D. L. **The Persistent Decline in Urban Densities: Global and Historical Evidence of “Sprawl”**. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.911-3**: Contendor móvel de plástico Parte 3: Contendor de quatro rodas com capacidade de 660 L, 770 L e 1 000 L, destinado à coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) e de saúde (RSS) por coletor compactador. 1 ed. Rio de Janeiro. 2011.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE EMPRESAS DE TRANSPORTES E TRÂNSITO - NTU. **Sistema Redes**: Construindo redes de transporte público de qualidade. Brasília: NTU, 2004.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana – Relatório Geral 2008**. São Paulo: ANTP, 2009.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP**. Relatório geral 2011. São Paulo: ANTP, 2012.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP**. Relatório geral 2017. São Paulo: ANTP, 2020.
- AZEVEDO, T. R. **Análise das emissões de GEE no Brasil (1970-2013) e suas implicações para políticas públicas / Governos Locais pela Sustentabilidade (ICLEI)** [et al.]. São Paulo: Observatório do Clima, 2015.
- BAKER N. e STEEMERS, K. **Energy and Environment in Architecture: A technical design guide**. Londres e Nova Iorque: E & FN Spon, 2000.
- BATTY, M. **Cities as Complex Systems: Scaling, Interactions, Networks, Dynamics and Urban Morphologies**. London: Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, 2008.
- BELZER, D.; AUTLER, G. **Transit oriented development: moving from rethoric to reality**. Washington, DC: The Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy and The Great American Station Foundation, 2002.
- BENTO, A. *et al.* The Effects of Urban Spatial Structure on Travel Demand in the United States. **Review of Economics and Statistics**, v. 87, n. 3, p. 466–478, 2005.

- BERARDI, U. Sustainability assessment in the construction sector: Rating systems and rated buildings. **Sustainable Development**, v. 20, 6, p. 411–424, 2012.
- BISWAS, R.; JANA, A.; ARYA, K.; RAMAMRITHAM, K. A good-governance framework for urban management. **Journal of Urban Management**. v. 8, n. 2, p. 225–236, August 2019.
- BOURDIC, L., SALAT, S.; NOWACKI, C. Assessing cities: a new system of cross-scale spatial indicators. **Building Research & Information**. v. 40, n. 5, p. 592–605, 2012.
- BRASIL. **Lei Federal nº 9.503**, de 23 de Setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. 1997.
- BRASIL. Resolução Normativa nº 482 de 2012 da ANEEL. **ANEEL**, p. 9, 2012.
- BRASIL. Resolução Normativa nº 687 de 2015 da ANEEL. **ANEEL**, p. 24, 2015.
- BRICK, K. **Report summary - Follow up of environmental impact in Hammarby Sjöstad**. Stockholm: Grontmij AB, 2008.
- BROGREN, M.; GREEN, A. Hammarby Sjöstad - an interdisciplinary case study of the integration of photovoltaics in a new ecologically sustainable residential area in Stockholm. **Solar Energy Materials and Solar Cells** 75 (3-4): 761-765, 2003.
- BRUNDTLAND, G. H. (editor) **Our Common Future: From One Earth to One World**. Oxford: Oxford University Press, 1987. 388p.
- BUBE, T. The Vauban Quarter in Freiburg, Germany. In: International Forum for Sustainable Housing (FIVS), Mexico City, Mexico, 8-9 September 2010. Mexico: Infonavit, 2010. **Trabalho**. Disponível em: <http://hosting.more-elements.com/MoccaMS/projects/plusenergie/files/pdf/Foro_Internacional_de_Vivienda_Sustentable_2010.pdf>, acesso em: 10 jul. 2020.
- BUEHLER, R.; PUCHER, J. 2011. Sustainable transport in Freiburg: lessons from Germany's environmental capital. **International Journal of Sustainable Transportation**. v.5, n.1, p. 43-70.
- BURDETT, R. *et al*. **Density and urban neighbourhoods in London**. London: Enterprise LSE Cities, 2004. Disponível em: <<http://www.lse.ac.uk/cities/publications/research-reports/Density-and-Urban-Neighbourhoods-in-London>>, acesso em: 10 jul. 2020
- BUTTON, K. City management and urban environmental indicators. **Ecological Economics**, 40, p. 217–233, 2002.
- CARLTON, I. *et al*. **Mixed-Income TOD Action Guide**. Disponível em: <<http://mitod.org/home.php>>. Acesso em: 21 mai. 2016.
- CATTO, V. M. **Caracterização e estudo multifuncional de espaços viários e quadras urbanas em área de adensamento urbano, no município de São Paulo**. 2016. Iniciação científica (Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2016.
- CEDERQUIST, B. **Facts and figures on Hammarby Sjöstad**. Stockholm: Stockholm Stadt, 2009.
- CENTRO DE ESTUDOS DA METRÓPOLE - CEM. **Lançamento Imobiliários de Empreendimentos Residenciais entre 1985-2013**. São Paulo, 2013.

CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 2, n. 3, p. 199–219, 1997.

CHATZIPOULKA, C.; COMPAGNON, R.; NIKOLOPOULOU, M. Urban geometry and solar availability on façades and ground of real urban forms: using London as a case study. **Solar Energy**, v. 138, p. 53–66, 2016.

CITY OF FREIBURG IM BREISGAU. **Stadtplanungsamt: Verkehr**. Freiburg: City of Freib im Breisgau, 2008.

CITY OF HANNOVER. 2014. **Public Transport**. Disponível em: <<http://www.hannover.de/en/Welcome-to-Hannover/Arrival-Departure/How-to-get-around-in-Hannover/Public-Transport>>. Acesso em: 17 Abr. 2014.

COLLAÇO, F. M. A. **Sinergias entre o planejamento energético e o planejamento urbano: estudo de caso do sistema de energia urbano da megacidade de São Paulo**. Tese (doutorado) - Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Energia. São Paulo, SP, 2019.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO - CMSP. **Pesquisa Origem – Destino 1997**: Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: Companhia do Metropolitano de São Paulo, 1998.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO - CMSP. **Pesquisa Origem – Destino 2007**: Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: Companhia do Metropolitano de São Paulo, 2008.

CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO - CDRMSP; EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO - EMPLASA. **Caderno de Propostas – PDUI RMSP**. São Paulo: CDRMSP, EMPLASA, 2018.

COOK, I. R., & SWYNGEDOUW, E. 2. Cities, Social Cohesion and the Environment: Towards a Future Research Agenda. **Urban Studies**, v. 49, n. 9, p. 1959-1979, 2012.

CRUZ, R. B. C. **Proposta metodológica para participação popular na definição de estratégias em planejamento urbano**. Tese (doutorado) - Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. São Paulo, SP, 2019.

CRUZ, R. B. C.; MARINS, K. R. C.. Urban planning and popular participation: A diagnosis of the effectiveness of participatory processes applied to the revision of Sao Paulo master plan. **Habitat International**. v. 88, 101987, 2019.

CZORNY, E. **Environmental and energy data about Kronsberg** [comunicação por email]. Hannover: Hannover Stadt, 2013.

DANIELL, K.A., SOMMERVILLE, H.C., FOLEY, B.A., MAIER, H.R., MALOVKA, D.J., KINGSBOROUGH, A.B. Integrated urban system modeling: methodology and case study using multi-agent systems. p. 2026 a 2032. In: ZERGER, A., ARGENT, R.M. (eds) MODSIM 2005 INTERNATIONAL CONGRESS ON MODELLING AND SIMULATION. **Proceedings...** Modeling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2005.

DELAÎTRE, L.; ROUTHIER, J.L. Mixing two French tools for delivery areas scheme decision making. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v.2, n.3, p.6274-6285, 2010.

DENNIS, G. ST., PARKER, P. Community energy planning in Canada: the role of renewable energy, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 8, p.2088-2095, 2009.

DERRIBLE, S. Urban infrastructure is not a tree: Integrating and decentralizing urban infrastructure systems. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 44 n. 3, p. 553–569, 2017.

DIAS, C. L. DE A. *et al.* Performance estimation of photovoltaic technologies in Brazil. **Renewable Energy**, v. 114, p. 367–375, 2017.

ELETROBRÁS. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil: Pesquisa de Posse de Equipamento e Hábitos de Uso – Classe Residencial: Relatório Brasil**. Eletrobrás, Rio de Janeiro, 2007.

EMMANUEL, R. Performance Standard for Tropical Outdoors: A Critique of Current Impasse and a Proposal for Way Forward. **Urban Climate**, v. 23, p. 250–259, mar. 2018.

EMMANUEL, R.; ROSENLUND, H.; JOHANSSON, E. Urban Shading—a Design Option for the Tropics? A Study in Colombo, Sri Lanka. **International Journal of Climatology**, v. 27, n. 14, p. 1995–2004, 30 nov. 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional - Dados de 2019**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020> acessado em 14.06.2020

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Nota técnica 001/17 - Projeção da demanda de energia elétrica**. Brasil, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano Nacional de Energia 2050**. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS DE SÃO PAULO. **Relatório Mensal de Operação** – Outubro de 2008. São Bernardo do Campo: EMTU/SP, 2008.

EMPRESA MUNICIPAL DE URBANIZAÇÃO - EMURB. **Operação Urbana Água Branca: Parâmetros de Revisão Out09**. São Paulo: EMURB, 2009. Disponível em <http://www.slideshare.net/chicomacena/operao-gua-branca-parametros-de-revisao-out09?from=share_email>. Acesso em: 13 Dez. 2009.

ENERGY CITIES; ADEME. **Guidebook of Sustainable Neighbourhoods in Europe**. February 2008. Disponível em: <http://www.energycities.eu/IMG/pdf/ademe_sustainable_districts_en.pdf>, acesso em 10 Jan 2013.

ENGBERG, L. A., SVANE, Ö. Compromise, failure or necessity – analysing the brownfield development of Hammarby Sjöstad, Stockholm, as negotiated sustainability processes in governance networks. EUROPEAN NETWORK FOR HOUSING RESEARCH CONFERENCE, W15 – HOUSING AND URBAN SUSTAINABILITY, COMPROMISE, FAILURE OR NECESSITY. **Oral presentation**. Rotterdam, 25-28 June 2007.

ENGELKE, K. **Data about Kronsberg** [comunicação pessoal]. Hannover, 2012.

ENGEL-YAN, J., KENNEDY, C., SAIZ, S., PRESSNAIL, K. Toward sustainable neighbourhoods: the need to consider infrastructure interactions. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 32, p. 45–57, 2005.

ESTUPIÑAN, N., RODRÍGUEZ, D.A. The relationship between urban form and station boardings for Bogotá's BRT. **Transp. Res. Part A Policy Pract.**, v. 42, p. 296–306, 2008.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the Built Environment: A Synthesis. **Journal of the America Planning Association**, v. 76, p. 265–294, 2010.

EWING, R.; HANDY, S. Measuring the Unmeasurable: Urban Design Qualities Related to Walkability. **Journal of Urban Design**, v. 14, n. 1, p. 65–84, 2009.

FERREIRA, L. S. *et al* . Mapping Local Climate Zones for São Paulo Metropolitan Region: a comparison between the local climate zone map and two other local maps. In: PLEA 2017 - Design to thrive - passive and low energy architecture, 2017, Edinburgh. **Proceedings...**Edinburgh: Plea International, 2017, p.1725-1732.

FILION, Y. R. Impact of Urban Form on Energy Use in Water Distribution Systems. **Journal of Infrastructure Systems**, 14, p. 337-346, 2008.

FLOATER, G.; RODE, P.; FRIEDEL, B., ROBERT, A. Steering Urban Growth: Governance, Policy and Finance. **New Climate Economy Cities Paper 02**. LSE Cities. London School of Economics and Political Science, 2014.

FRAKER, H. **The hidden potential of sustainable neighborhoods. Lessons from low-carbon communities**. Washington: Island Press, 2013.

FRANCIS, J., GILES-CORTI, B., Wood, L., Knuiman, M. Creating sense of community: The role of public space. **J. Environ. Psychol.** v. 32, 401–409, 2012.

FRÄNNE, L.. **Hammarby Sjöstad – a unique environmental project in Stockholm**. Stockholm: GlashusEtt, 2007.

FREIBURGER VERKEHRS AG. **Preisinformationen**. 2014. Disponível em: <<http://www.vag-freiburg.de/tickets-tarife/preisinformationen.html>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

FREY, W. **Freiburg Green City**. Approaches to sustainable urban development. Freiburg: Verlag Herder, 2011.

FULCO, A. H. G. **Análise exploratória do desempenho climático dos espaços urbanos livres, em quadras urbanas selecionadas em São Paulo**. 2018. Iniciação científica (Engenharia Civil) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2018.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE. **Dados estatísticos sobre a RMSP - 2007**. São Paulo: SEADE, 2007. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/iprs/analises/RMSP.pdf>. Acesso em: 18 Jun. 2008.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**, 3rd ed. São Paulo: Perspectiva, 2015.

GIRARDET, H. **The Gaia Atlas of Cities**. London: Gaia, 1992.

GIROTTI, C. **Modelagem dos parâmetros da forma urbana para a maximização de geração de energia solar fotovoltaica no ambiente urbano em adensamento e verticalização: estudo de caso do Belenzinho, em São Paulo**. 2019. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2019.

GIROTTI, C.; MARINS, K. R. C; LARA, A. H. Análise da morfologia urbana para maximização de geração de energia fotovoltaica no Belenzinho, em São Paulo. **Ambiente Construído**. v. 19, n. 4, p. 7-22, out./dez. 2019.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. New York: Wiley, John & Sons, 1998.

GODOY, R. **Investigação de padrões de consumo energético em edificações em recorte urbano em São Paulo**. 2017. Iniciação científica. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo SP, 2017.

GOLANY, G. **Ethics and Urban Design**, vol. 3, n. 1, p. 73-92, 1995.

GOLDEMBERG; J. VILLANUEVA, L. Z. D. **Energy and the Challenge of Sustainability – World Energy Assessment**. New York: United Nations Development Programme, 2000.

GOOGLE. **Google Earth**. Disponível em: www.google.com.br/earth/media. Data da Imagem: 16/04/2016. 2016. Acesso em: 19 dez. 2016.

GOOGLE. **Google Earth: versão 7.3.0.3832**, 2017.

GOOGLEMAPS. Image © 2014 Digital Globe. **Distância e tempo de viagem de Kronsberg, Vauban, Hammarby Sjöstad and Cidade Pedra Branca aos respectivos centros urbanos**. Google, Brazil, 2014.

GORGES, T. **Quartier Vauban** Sustainable District in Freiburg, Germany. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2011.

HANDY, S.; CAO, X.; MOKHTARIAN, P. L. Self-Selection in the Relationship between the Built Environment and Walking: Empirical Evidence from Northern California. **Journal of the American Planning Association**, v. 72, n. 1, p. 55–74, 2006.

HECK, V., HOFF, H., WIRSENIUS, S., MEYER, C., & KREFT, H. Land use options for staying within the Planetary Boundaries: Synergies and trade-offs between global and local sustainability goals. **Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions**, 49, 73-84, 2018.

HEINONEN, J.; JUNNILA, S. Implications of urban structure on carbon consumption in metropolitan areas. **Environmental Research Letters**, v.6, n.1, 014018, 9pp, 2011.

HIDALGO, P.A. **Desenvolvimento Orientado pelo Transporte – DOT**. A valorização do transporte público, pedestres e ciclistas. *Minha Cidade*, [S.L], v. 183, n. 02, out. 2015. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/16.183/5749>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010. **HCM2010**. Transportation Research Board. Volumes 1-4. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE. **IBGE Cidades - População segundo o Censo de 2010**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>>, acesso em: 20 de jun. 2020.

INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO - ITDP BRASIL. **Padrão de Qualidade TOD**. Rio de Janeiro, RJ: ITDP, 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Guideline to planning and building of district heating networks**. Sittard, The Netherlands: NOVEM – Netherland Agency for Energy and the Environment, 1996.

IPCC - WORKING GROUP III, 2014. **Human Settlements, Infrastructure, and Spatial Planning**. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK & New York City, USA.

JABAREEN, Y. R. Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts. **Journal of Planning Education and Research**, v. 26, n. 1, p. 38–52, 2006.

JACOBS, A.B. **Great Streets**. Cambridge: The MIT Press, MA, 1993.

JACOBS, J. **The death and life of great American cities**. New York City, NY: Random House, 1961.

JOHANSSON, E.; EMMANUEL, R. The Influence of Urban Design on Outdoor Thermal Comfort in the Hot, Humid City of Colombo, Sri Lanka. **International Journal of Biometeorology**, v. 51, n. 2, p. 119–133, 31 out. 2006.

KALLEDER, G. N. **Estudo do desempenho climático dos espaços urbanos livres, em quadras urbanas sujeitas a processos de verticalização, no município de São Paulo**. 2018. Iniciação científica (Engenharia Civil) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2018.

KEARNS, A.; PADDISON, R. New Challenges for Urban Governance. **Urban Studies**. v. 37, n. 5-6, p. 845-850, 2000.

KEENEY, R. L. **Value-focused thinking: a path to creative decision-making**. Cambridge: Harvard University Press, 1992.

KNOWLES, R. L. The Solar Envelope. **Solar Law Reporter**, v. 2, n. 2, p. 263–297, 1980.

KNOWLES, R. L. The solar envelope: its meaning for energy and buildings. **Energy and buildings**, v. 35, n. 1, p. 15–25, 2003.

LAMOUR, Q. **Avaliação da estratégia dos eixos de estruturação da transformação urbana, do município de São Paulo, frente à teoria do desenvolvimento orientado pelo transporte (DOT). Estudo de caso: área de influência da estação Belém do Metrô**. 371f. 2018. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo, 2018.

LAMOUR, Q., MORELLI, AM, MARINS, KRC. Improving walkability in a TOD context: spatial strategies that enhance walking in the Belém neighbourhood, in São Paulo, Brazil. **Case Studies on Transport Policy**, 2019, v.7, p.280 - 292.

LAPILLONNE, B. *et al* . **Energy Efficiency Trends in Buildings in the EU**. European Union: ODYSSEE-MURE, Enerdata, 2012.

LEVINE, M *et al* . Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Metz *et al* . (eds) **Climate Change 2007: Mitigation**. Cambridge: Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

LI, F. *et al* . Multilevel modelling of built environment characteristics related to neighbourhood walking activity in older adults. **J Epidemiol Community Health**, v. 59, n. 7, p. 558–564, 2005.

LIN Q. G. *et al* . Inexact Community-Scale Energy Systems Planning Model. **Journal of Urban Planning and Development**, 136, 195-207, 2010.

LITMAN, T. **Analysis of public policies that unintentionally encourage and subsidize urban sprawl. NCE Cities – Sprawl Subsidy Report.** London: The New Climate Economy, 2015. Disponível em: <<https://lsecities.net/wp-content/uploads/2015/03/NCE-Sprawl-Subsidy-Report-021.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

LSE CITIES. **Urban Age Cities Compared,** 2011. Disponível em: <<https://urbanage.lsecities.net/data/urban-age-cities-compared-2011>>, acesso em: 10 jul. 2020.

LUCON, O *et al.* **Working Group III contribution to the IPCC 5th Assessment Report "Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change". Chapter 9: Buildings.** 2013.

MACEDO, L. S. D.. **Levantamento e análise da participação popular no desenvolvimento de projeto urbano, selecionado no município de São Paulo.** 2018. Iniciação científica (Engenharia Civil) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo., São Paulo, SP, 2018.

MARCUS, C. C., FRANCIS, C. **People Places - Designing Guidelines for Urban Open Space.** New York City: John Wiley & Sons, NY, 1998.

MARINS, K.R.C. JOHN, V.M. Urban development, construction and sustainability: the teaching experience of Civil Engineering Graduate Courses at Poli USP. In: CIB World Building Congress 2019 - Constructing Smart Cities, 2019, Hong Kong. **Proceedings...**v.1. Hong Kong: PolyU, 2019.

MARINS, K. R. C. C. **Proposta Metodológica para Planejamento Energético no Desenvolvimento de Áreas Urbanas.** O potencial da integração de estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbana, edifícios, energia e meio ambiente: caso da operação urbana Água Branca, São Paulo. 2010. 798 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2010.

MARINS, K.R.C. Comparative assessment of sustainability strategies applied to urban neighborhoods in Brazil, Germany and Sweden. **International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development.** v.8, p.195 - 207, 2017.

MARINS, K. R. C.; CATTO, V. M.; PACIFICI, M.; CRUZ, R. B C.; LAMOUR, Q.; TIerno, R. Estudo Multicriterial da Forma Urbana em Área de adensamento Urbano em São Paulo. In: IX ENCONTRO NACIONAL, VII ENCONTRO LATINO-AMERICANO, II ENCONTRO LATINO-AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS – UNISINOS. **Anais...**São Leopoldo, RS, 2017, p.1965 -1975.

MARINS, K. R. C. C. A method for energy efficiency assessment during urban energy planning. **Smart and Sustainable Built Environment,** v.. 3, n.2 p. 132 – 152, 2014.

MARINS, K. R .C. C. Análise comparativa multicriterial de estratégias em sustentabilidade urbana, aplicada aos bairros de Cidade Pedra Branca (Palhoça, SC) e Vauban (Freiburg, Alemanha). **Ambiente Construído** (Online). v.17, p.393 – 408, 2016.

MARINS, K. R. C. C.;ROMÉRO, M. A. Urban and energy assessment from a systemic approach of urban morphology, urban mobility, and buildings: case study of Agua Branca, in Sao Paulo. **Journal of Urban Planning and Development,** v.139, n.4, p. 280-291, 2013.

MARINS, K. R. C. C.; ROMERO, M. A. Integração de condicionantes de morfologia urbana no desenvolvimento de metodologia para planejamento energético urbano. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 57-73, out./dez. 2012.

MARTINARD, C. **Le génie urbaine**. Rapport au Ministre de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports. Paris: La documentation française, 1986.

MASCARÓ, J. L. **Infraestrutura urbana**. Porto Alegre: Masquatro, 2005.

MATEO-BABIANO, I. Pedestrian's needs matters: Examining Manila's walking environment. **Transp. Policy** v. 45, p. 107–115, 2016.

MAUAD, S. V. S. **Diagnóstico da participação popular em projetos urbanos, no município de São Paulo**. 2017. Iniciação científica (Engenharia Civil) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2017.

MAUAD, S. V.; CRUZ, R. B. C.; MARINS, K. R. C. Diagnóstico da participação popular na revisão da legislação urbanística em São Paulo: estudo de caso na Subprefeitura da Mooca In: I Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana (SINGEUB), 2017, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2017. São Carlos: UFSCar, 2017. v.1. p.602 – 615.

MEHTA, V. Evaluating Public Space. **Journal of Urban Design**, v. 19, n. 1, p. 53–88, 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2007 – 2016**. Brasília: MME, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, BRASIL - MMA. **Panorama das emissões de gases de efeito estufa e ações de mitigação no Brasil**. 2018. Disponível em: <[MONTMORENCY SILVA, T. C. **Planejamento urbano e transporte de carga: investigação de modelos de integração e aplicação do modelo Freturb em um recorte urbano em São Paulo**. 2016. Dissertação \(Mestrado em Engenharia Civil\) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2016.](http://educaclima.mma.gov.br/panorama-das-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-e-acoes-de-mitigacao-no-brasil/#:~:text=abril%20de%202018-,Panorama%20das%20emiss%C3%B5es%20de%20gases%20de%20efeito%20estufa,d e%20mitiga%C3%A7%C3%A3o%20no%20Brasil%20(2018)&text=Pretende%2Dse%20reduzir%20as%20emiss%C3%B5es,tamb%C3%A9m%20em%20compara%C3%A7%C3%A3o%20com%202005.>, acessado em 10 ago. 2020.</p>
</div>
<div data-bbox=)

MONTMORENCY SILVA, T. C.; MARINS, K. R. C. Avaliação do potencial de integração entre o uso e ocupação do solo e o transporte de carga em um recorte urbano em São Paulo. **Transportes**. v. 27, n. 2. 2019.

MORELLI, A. M. **Levantamento e sistematização de fatores multicriteriais da mobilidade a pé, em recorte urbano em São Paulo**. 2017. Iniciação científica (Engenharia Civil) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2017.

MOURA, R. **Estudo do Eco-bairro de Vauban, em Freiburg, Alemanha**. MSc. Thesis. Portugal: FAUTL, 2010.

NEVES, A. R., LEAL, V., Energy sustainability indicators for local energy planning: review of current practices and derivation of a new framework. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, p. 2723-2735, 2010.

NEWMAN, P.; KENWORTHY, J. **An international sourcebook of automobile dependence in cities**, 1960-1990. Niwot, Boulder: University Press of Colorado, 1999.

NG, E. **Designing High-Density Cities: For Social & Environmental Sustainability**. 1^a ed. London: Earthscan, 2010.

NILSSON, J. S., MARTENSSON, A. Municipal energy-planning and development of local energy-systems, **Applied Energy**, v. 76, p. 179-187, 2003.

NYLUND, N. O. Vehicle energy efficiencies. In: IEA EGRD WORKSHOP MOBILITY: TECHNOLOGY PRIORITIES AND STRATEGIC URBAN PLANNING. **Presentation**. IEA Experts' Group on R&D Priority-Setting and Evaluation, Espoo, Finland 22 - 23 May 2013.

NORMAN, J. et al. Comparing High and Low Residential Density: Life-Cycle Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions. **Journal of Urban Planning and Development**, v.132, n. 1, p. 10-21, 2006.

OKE, T. R. Towards better scientific communication in urban climate. **Theoretical of the temperature conditions in an urban and applied climatology**, Viena, v. 84, n. 1, p. 179–190, 2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 20 Jun 2020.

OTHA, K. *et al.* **Transport Policy in perspective 2005**. Tokyo: Japan Research Center for Transport Policy, 2006.

OU, J. P. *et al.* Quantifying the relationship between urban forms and carbon emissions using panel data analysis. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 10, p. 1889–1907, 2013.

PACIFICI, M.. **Urban Morphology and Climate: field assessment and numerical modeling of interactions**. 2019. Tese (Programa de pós-graduação em engenharia civil) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2019.

PACIFICI, M.; MARINS, K. R. C. Análise da disponibilidade solar e cenários evolutivos em áreas urbanas sujeitas à verticalização e ao adensamento. In: SINGEURB 2017 - I Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana - Cidades e Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, 25 oct. 2017, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2017, p. 3002-3014.

PACIFICI, M.; MARINS, K. R. C; CATTO, V. M.; RAMA, F; LAMOUR, Q. Morphological and climate balance: Proposal for a method to analyze neighborhood urban forms by way of densification. **Sustainable Cities and Society**, v.35, p.145 – 156, 2017.

PACIFICI, M.; RAMA, F.; MARINS, K. R. C. Analysis of Temperature Variability within Outdoor Urban Spaces at Multiple Scales. **Urban Climate**, v. 27, p. 90–104, mar. 2019.

PANDIS, S. *et al* . Implications of systems integration at the urban level, the case of Hammarby Sjöstad, Stockholm. 14TH EUROPEAN ROUNDTABLE ON SUSTAINABLE PRODUCTION AND CONSUMPTION. THE 6TH ENVIRONMENTAL MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE UNIVERSITIES. ERSCP-EMSU CONFERENCE. **Proceedings**. Delft, The Netherlands, October 25-29, 2010.

PEDRA BRANCA. **Condomínio Pátio da Pedra**: memorial descritivo. Florianópolis: Pedra Branca, 2010.

PEDRA BRANCA. **Informações e projetos referentes ao planejamento e implantação do bairro Cidade Pedra Branca**, registrados sob a forma de emails, formulário preenchido e projetos técnicos. 2014.

PHILIPP. A. **Informações fornecidas em visita técnica realizada ao bairro de Vauban em 23 de maio de 2012**. Freiburg, 2012.

PILI S. Defining a methodology to integrate energy saving and renewal processes in the urban planning: a case study in the Italian context. In CONFERENCE PROCEEDINGS OF THE 13TH SGEM GEOCONFERENCE ON NANO, BIO AND GREEN TECHNOLOGIES FOR A SUSTAINABLE FUTURE. **Proceedings...**, June 16-22, 2013, p. 395-402.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - PMSP. Lei Nº 11.228, de 25 de junho de 1992. **Código de Obras e Edificações**. São Paulo: PMSP, 1992. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodmercado/imobiliario/legislacao/lei11228_250692.pdf>. Acesso em: 10 set. 2008.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - PMSP. LEI Nº 11.774/95, de 18 de maio de 1995. **Operação Urbana Água Branca. Estabelece diretrizes e mecanismos para a implantação da Operação Urbana Água Branca. Define programa de melhorias previsto para a área objeto da Operação, e dá outras providências**. São Paulo: PMSP, 1995. Disponível em: <http://portal.prefeitura.sp.gov.br/empresas_autarquias/emurb/operacoes_urbanas/agua_branca/0001/0002>. Acesso em: 10 out. 2009.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - PMSP Secretaria Municipal de Planejamento - SEMPLA. **Sistema Infocidade – Mapa do Município de São Paulo, dos Distritos Municipais, uso e ocupação do solo 2002**. São Paulo, SEMPLA, 2002. Disponível em: <<http://sempla.prefeitura.sp.gov.br/mm/panorama/>>. Acesso em: 20 out. 2009.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - PMSP. Lei Nº 13.885/04, de 25 de agosto de 2004. **Zoneamento do Município de São Paulo**. Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo. São Paulo: PMSP, 2004. Disponível em: <http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/desenvolvimentourbano/legislacao/planos_regionais/0001>. Acesso em: 10 out. 2008.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - PMSP. **Inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa do município de São Paulo de 2003 a 2009, com atualizações para 2010 e 2011 nos setores e energia e resíduos**. São Paulo: PMSP, 2013.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - PMSP. Lei nº 16.050/ 2014. **Aprova o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei nº 13.430/200**. 2014a.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - PMSP. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Dados Estatísticos**. 2014b. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/desenvolvimento_urbano/dados_estatisticos/> Acesso em: 18 nov. 2014.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo**. 2014c.

- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plataforma Geosampa**. 2015. Disponível em: <http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx#>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - PMSP. Lei nº 16.402/2016. **Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo. Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo**. 2016a.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plataforma Geosampa**. 2016b. Disponível em: <<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/>>. Acesso em: jun. 2016.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plataforma Geosampa**. 2017a. Disponível em: <<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/>>. Acesso em: 2 mai. 2017.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Lei Municipal No. 16.642/2017. **Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo - COE**. 2017b.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plataforma Geosampa**. 2018. Disponível em: <http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx>. Acesso em: 1 ago. 2018.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - PMSP. **Dados demográficos dos distritos pertencentes às Subprefeituras**. 2020. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados_demograficos/index.php?p=12758>. Acesso em: 12 jun. 2020.
- QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM. **Quantum GIS Geographic Information System**. [s.l.] Open Source Geospatial Foundation Project, 2016.
- RATTI, C.; RAYDAN, D.; STEEMERS, K. Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate. **Energy and buildings**, v. 35, n. 1, p. 49–59, 2003.
- RAVETZ, J. City-Region 2020: Integrated Planning for a Sustainable Environment. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 1 n. 3, p. 305-308. 2000.
- RAWE, B. **Environment Report applying environment-related sustainability indicators**. Hannover: City of Hannover, 2008.
- RENNE, J. Transit-Oriented Development in Western Australia: Attitudes, **Ostacles and opportunities**. Crawley, WA: PATREC, 2005.
- RINDSÄTER, J. **Stockholm Environmental Solutions in Hammarby Sjöstad**. Stockholm: GlashusEtt, 2012.
- ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES. **Grasshoper: versão 5.0**, 2012b.
- ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES. **Rhinoceros: versão 5.0**, 2012a.
- RODE, P. *et al* . **Accessibility in Cities : Transport and Urban Form**. NCE Cities - Paper 03, p. 1–61, 2014.
- ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Gustavo Gilli, 2001.
- ROMERO, M. A. B. A.. Sustentabilidade do Ambiente Urbano da Capital. In: GOUVÊA, L. A. C.; PAVIANI, A. (Orgs.). **Brasília: Controvérsias Ambientais**. Brasília: Editora UnB, Coleção Brasília, 2003.

ROMERO, M. A. B. A. Frentes do Urbano para a Construção de Indicadores de Sustentabilidade Intra Urbana. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo da FAU-UnB**, Brasília, ano VI, n. 4, nov. 2007.

ROMÉRO, M. A.; GONÇALVES, J. C.; DILONARDO, L. F. P. A evolução da arquitetura e dos aspectos energéticos dos edifícios de escritórios nos últimos 30 anos na cidade de São Paulo, In: ENCONTRO NACIONAL E LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 19, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 1999.

ROUTHIER, J.L.; TOILIER, F. **Freturb V3.0 Diagnostic and Simulation Software for Urban Freight Transport**. Lyon: Laboratory of Economy of Transport, University of Lyon, 2013.

RUMMING, K. (ed). **Hannover Kronsberg Handbook**. Planning and Realisation. Leipzig: Jütte-Messedruck Leipzig GmbH, 2004a.

RUMMING, K. *et al* . **Hannover-Kronsberg: from model settlement to standard practice**. Hannover: Druckhaus Pinkvoss, 2004b.

RUMMING, K. **Sustainable urban development**. The ecologically exemplary new settlement of Hannover-Kronsberg. Hannover: Druckhaus Pinkvoss, 2007.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAATY, T. L.. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAELEN, B. E.; HANDY, S. L. Built environment correlates of walking: A review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 7 SUPPL.1, p. 550-566, 2008.

SAMPA ONLINE. **Foto aérea da região de Higienópolis e Santa Cecília**. Disponível em: <<http://www.sampaonline.com.br/postais/higienopolis.htm>> Acesso em: 18 nov. 2014

SANCHES, M. C. P, FALCOSKI, L. A. N. Governança municipal, sustentabilidade e inovação social: o caso do município de Sorocaba-SP. In: II ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA URBANA. **Anais...** ANTAC e UFP, Passo Fundo, 2015.

SANTAMOURIS, M. *et al*. **Energy and Climate in the Urban Built Environment**. London: Earthscan/James & James, 2001.

SANTAMOURIS, M. *et al*. **Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach**. London: Earthscan/James & James, 2006.

SATO, L; SABBATINI, F. H. A evolução das técnicas construtivas em São Paulo: residências unifamiliares de alto padrão; EPUSP, 2011. 22p. (**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/574).

SCALCO, V. A.; PEREIRA, F. O. R.; RIGATTI, D. Impacto de novas edificações na vizinhança: proposta de método para a análise das condições de iluminação natural e de insolação. **Revista Ambiente Construído**, v. 10, n. 2, p. 171-187, 2010.

SCHEURER, J.; NEWMAN, P. 2009. **Vauban: A European Model Bridging the Green and Brown Agendas**. Case study prepared for Revisiting Urban Planning: Global Report on Human Settlements 2009, Disponível em: <<https://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2009CaseStudyChapter06Vauban.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

SETUF **Tarifas Municipais**. 2014. Disponível em: <<http://www.setuf.com.br/facil/>>, acesso em: 20 jun. 2014.

SHANE, A; GRAEDEL, T. Urban Environmental Sustainability Metrics: A Provisional Set. **Journal of Environmental Planning and Management**. v.43, 2000.

SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA - SINGEORB 2019. Acervo da Comissão Organizadora. São Paulo: Comissão Organizadora do SINGEORB 2019, 2019.

SL. 2014. **Köpa biljett**. Disponível em: <<https://sl.se/sv/kop-biljett/>>, acesso em: 15 jun. 2014.

SOLEMMA. **Diva: versão 4.0**, 2016.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2013. 9ª Ed.

SOTTO, D.; RIBEIRO, D. G. ; ABIKO, C. M. ; PHILIPPI JR., A. ; BUCKERIDGE, M. S.. Sustentabilidade urbana: dimensões conceituais e instrumentos legais de implementação. **Estudos Avançados (Online)**, v. 33, p. 61-80, 2019.

SPERLING, K., HVELPLUND, F. AND MATHIESEN, B. V. Centralisation and decentralization in strategic municipal planning in Denmark. **Energy Policy**, v.39, p. 1338-1351, 2011.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879–1900, 2012.

STOCK, P.; BURTON, R. J. F. Defining Terms for Integrated (Multi-Inter-Trans-Disciplinary) Sustainability Research. **Sustainability**, v.3, n.8, p.1090-111, 2011.

STOCKHOLMS STAD *et al* . **Hammarby Sjöstad – a new city district with emphasis on water and ecology**. Stockholm, 2011.

SUZUKI, H.; CERVERO, R.; IUCHI, K. **Transforming Cities with Transit**. Washington DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2013.

TIERNO, R. **Diagnóstico de estratégias e soluções para a coleta dos resíduos sólidos aplicáveis a políticas urbanas em municípios brasileiros**. 2017. Dissertação (Programa de pós-graduação em engenharia civil) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2017.

TORGUET, L. **Integrating urban infrastructure solutions**. Minor thesis 2009. Universitat Politècnica de Catalunya. Disponível em: <<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/8406/1/00.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

TRANSPORT FOR LONDON. Travel in London – Report Number I. London: Transport for London, 2009.

UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Summary of Travel Trends: 2009 National Household Travel Survey. Washington: US Department of Transportation, 2011.

TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK. 2014. **The Danish National Travel Survey**. Disponível em: <<http://www.modelcenter.transport.dtu.dk/english/TU>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS - UNDESA. **World Urbanization Prospects**. The 2018 Revision. New York: United Nations, 2018.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. **Urbanization and Development: Emerging Futures. World Cities Report 2016**. Nairobi: UN-Habitat, 2016.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Ementa da disciplina PCC3523 - Desenvolvimento de Projetos Urbanos**. 2020b. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?nomdis=&sgldis=pcc3523>>, acesso em: 02 jul. 2020.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Ementa da disciplina PCC6001 - Sustentabilidade no Planejamento e Desenvolvimento Urbano**. 2020a. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/janus/DisciplinaAux?tipo=D>>, acesso em: 02 jul. 2020.

URBISTAT. **Mapas, análises e estatísticas sobre a população. Municipality of Hannover, Landeshauptstadt**. 2011a. Disponível em: <<http://www.urbistat.it/AdminStat/en/de/demografia/dati-sintesi/hannover,-landeshauptstadt/3241001/4>>, acesso em 10 jul. 2014.

URBISTAT **Mapas, análises e estatísticas sobre a população**. Province of Freiburg Im Breisgau. 2011b. Disponível em: <<http://www.urbistat.it/AdminStat/en/de/demografia/dati-sintesi/freiburg-im-breisgau/8311/3>>, acesso em: 10 jul. 2014.

VASCONCELLOS, E. **Transporte e Meio Ambiente: Conceitos e Informações para Análise de Impactos**. São Paulo: Editora do Autor, 2006.

VESTBRO, D. U. **Conflicting Perspectives in the Development of Hammarby**. Stockholm, 2005. Disponível em: <<http://www.infra.kth.se/bba/>>, acessado em 26 ago. 2012.

VITOR, L. H. G.. **Estudo comparativo de distribuição de áreas e funções urbanas em espaços viários em São Paulo**. 2015. Iniciação científica (Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2015.

WALKER, B., SALT, D. **Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World**. Washington, DC: Island Press, 2006.

WALTON, D. *et al.* **Urban Design Compendium**. Reino Unido: English Partnerships e The Housing Corporation, 2007.

WANG, R. *et al.* Mapping the Local Climate Zones of Urban Areas by GIS-Based and WUDAPT Methods: A Case Study of Hong Kong. **Urban Climate**, v. 24, p. 567–576, jun. 2018.

WEINSTEIN, A. *et al.* . How Far, by Which Route and Why? A Spatial Analysis of Pedestrian Preference. **Journal of Urban Design**, v. 13, n. 1, p. 81–98, 2008.

WEISS, M.; BARET, F. **CAN_EYE V6.4.91 User Manual**. Updated October, 10th 2017.

WHEELER, S. **Planning for sustainability**. New York: Routledge, 2013. 2a. Ed.

WIEK, A.; BINDER, C. Solution spaces for decision-making - A sustainability assessment tool for city-regions. **Environmental Impact Assessment Review**, v.25, n.6, p. 589-608, 2005.

WONG, N. H.; JUSUF, S. & SAMSUDIN, R.; IGNATIUS, M.. A climatic responsive urban planning model for high density city: Singapore's commercial district. **Int J Sustain Building Technol Urban Develop**. v. 2, p. 323-330, 2011.

YAMAGUISHI, A. T. **BT33- Areas de Estacionamento e Gabaritos de Curvas Horizontais**. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego, s.d.

YANG, W.; WONG, N. H.; JUSUF, S. K. Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. **Building and Environment**, v. 59, p. 426-435, 2013.

YIGITCANLAR, T.; DUR, F. Developing a Sustainability Assessment Model: The Sustainable Infrastructure, Land-Use, Environment and Transport Model. **Sustainability**, v. 2, p. 321-340, 2010.

YOUNG, G. The Emerging Role of a Landscape Bases Strategy in the South Africa Built Environment: A case study of Johannesburg Wemmer Pan Precinct. In: SMART AND SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT CONFERENCE 2015. **Proceedings...**, 9-11 December, 2015. Pretoria, South Africa, p.405-412.