



**FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA - UNIFOR
VICE-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO - VRPG
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS DA CIDADE**

**ÁREA VERDE COMO ESTRATÉGIA BIOCLIMÁTICA EM
ÁREAS URBANAS CONSOLIDADAS. ANÁLISE PARA A
CIDADE DE FORTALEZA.**

ANA LUIZA PINHEIRO CAMPÊLO

**FORTALEZA - CE
SETEMBRO, 2020**

ANA LUIZA PINHEIRO CAMPÊLO

**ÁREA VERDE COMO ESTRATÉGIA BIOCLIMÁTICA EM
ÁREAS URBANAS CONSOLIDADAS. ANÁLISE PARA A
CIDADE DE FORTALEZA.**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de
Mestrado Profissional em Ciências da Cidade, da
Universidade de Fortaleza, como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Amando Candeira Costa Filho

FORTALEZA - CE

2020

Ficha catalográfica da obra elaborada pelo autor através do programa de geração automática da Biblioteca Central da Universidade de Fortaleza

Campêlo, Ana Luiza Pinheiro.

Área verde como estratégia bioclimática em áreas urbanas consolidadas. Análise para a cidade de Fortaleza. / Ana Luiza Pinheiro Campêlo. - 2020
101 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade de Fortaleza. Programa de Mestrado Profissional Em Ciências Da Cidade, Fortaleza, 2020.

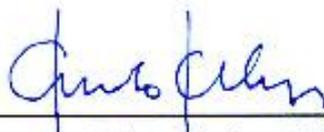
Orientação: Amando Candeira Costa Filho.

1. área verde. 2. estratégias bioclimáticas. 3. áreas urbanas consolidadas. I. Costa Filho, Amando Candeira . II. Título.

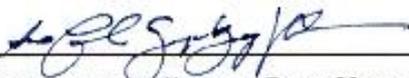
ANA LUIZA PINHEIRO CAMPÊLO

ÁREA VERDE COMO ESTRATÉGIA BIOCLIMÁTICA EM ÁREAS URBANAS
CONSOLIDADAS. ANÁLISE PARA A CIDADE DE FORTALEZA

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Anando Candeira Costa Filho
Universidade de Fortaleza – UNIFOR



Prof.ª Dra. Ana Cecília Serpa Braga Vasconcelos
Universidade de Fortaleza – UNIFOR



Prof. Dr. Marcondes Araújo Lima
Universidade Federal do Ceará – UFC

Aprovada em: 30/09/2020.

A cidade é um jardim de granito, composto por muitos jardins menores, disposto num mundo-jardim. Partes do jardim de granito são cultivadas intensivamente, mas a maior parte não é reconhecida e é negligenciada.

(SPIRN, 1995, p. 20)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pelo dom da vida e por ter me permitido enfrentar com saúde e coragem um período excepcionalmente difícil para mim e para o mundo.

Aos meus pais, Luiza e Benilson, e ao meu marido, Fernando, por me possibilitarem a realização deste trabalho; sem o apoio irrestrito deles, jamais teria conseguido. A minha irmã, Ana Elisa, arquiteta e pesquisadora, que me incentivou a ingressar nessa jornada tão desafiadora e sempre contribuiu com suas revisões, pesquisas e consultas. E, ainda, minha gratidão aos meus grandes amores - Júlia e Isadora - minhas filhas, por suportarem minha presença ausente nos últimos meses com o coração sempre cheio de esperança de que conseguiria finalizar esta etapa.

Ao meu orientador, professor doutor Amando Costa Filho, por confiar em mim, me incentivando e me instigando a pesquisar sempre mais. Serei eternamente grata pela sua generosidade, dedicação, apoio e pelas valiosas contribuições ao trabalho.

A professora doutora Cristina Romcy, coordenadora do Mestrado Profissional em Ciências da Cidade, e ao Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade de Fortaleza pelo apoio durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao colega Samuel Bertrand, pela elaboração das simulações dos modelos térmicos, tão importantes para este trabalho. À colega Larissa Miranda, pelo auxílio na confecção dos mapas e edição de imagens, bem como por me ajudar a prosseguir, sempre escutando e colaborando. A Luiza Marinho, colega, que no início da empreitada, incentivou este experimento, buscando diversas fontes de pesquisa.

A minha sócia-amiga Ana Lúcia, que divide comigo há quase vinte anos a tarefa de exercer o papel de arquiteta, pela amizade e por apoiar e respeitar a decisão de mergulhar neste novo projeto.

Enfim, agradeço a parceria de todos, amigos e familiares; este trabalho contou com a colaboração de muitas pessoas. Sozinha não teria sido possível concluí-lo.

RESUMO

A vegetação desempenha importante função ao influenciar o microclima urbano, consistindo em importante fator climático, que auxilia na diminuição da temperatura. Nesse contexto, as áreas verdes merecem cada vez mais destaque, sendo capazes de estabilizar os efeitos do clima em seus arredores mais próximos. Todavia, a cidade de Fortaleza, vem perdendo grande parte de sua cobertura vegetal natural, chegando a 90% de perda entre os anos 1968 e 2003, apresentando, desde então, distribuição de área verde pouco equitativa e insuficiente. Diante disso, distribuir áreas verdes em áreas urbanas consolidadas representa um desafio frente a escassez de áreas livres. É objetivo desta dissertação aprimorar a possibilidade de inserir áreas verdes em espaços urbanos consolidados através da implementação de estratégias bioclimáticas de desenho urbano, utilizando como objeto de análise a cidade de Fortaleza. Para tanto, foram definidas estratégias de desenho urbano amparadas pelos princípios bioclimáticos: *pocket parks*, *parklets*, agricultura urbana, paredes verdes, jardins de chuva, canteiros pluviais e arborização urbana. Para aplicação das estratégias mencionadas, um trecho da cidade pertencente a zona de ocupação consolidada foi selecionado para caracterização físico-ambiental e elaboração da proposta. A proposta prevê a aplicação de um conjunto de estratégias no trecho selecionado, resultando em expressivo incremento de área verde. No sentido de verificar os impactos térmicos que a arborização urbana enquanto estratégia bioclimática de desenho urbano pode gerar na proposta, foram elaboradas simulações a partir de modelos térmicos, revelando o impacto positivo das árvores, diminuindo o tempo de exposição à radiação solar no entorno. Portanto, o conjunto de estratégias bioclimáticas de desenho urbano expressa possibilidade de contribuir para o aumento de área verde nas áreas urbanas consolidadas e, ainda, concorrer para a melhoria do microclima urbano.

Palavras-chave: Área verde; estratégias bioclimáticas; áreas urbanas consolidadas.

ABSTRACT

Vegetation plays an important role in influencing the urban microclimate, consisting of an important climatic factor, which helps to decrease the temperature. In this context, green areas deserve more and more prominence, being able to stabilize the effects of the climate in their closest surroundings. However, the city of Fortaleza has been losing a large part of its natural vegetation cover, reaching 90% loss between the years 1968 and 2003, presenting, since then, an uneven and insufficient green area distribution. Therefore, distributing green areas in consolidated urban areas represents a challenge in face of the scarcity of free areas. The objective of this dissertation is to improve the possibility of inserting green areas in consolidated urban spaces through the implementation of bioclimatic strategies of urban design, using the city of Fortaleza as an object of analysis. For this, urban design strategies were defined based on bioclimatic principles: pocket parks, parklets, urban agriculture, green walls, rain gardens, rain beds and urban afforestation. To apply the mentioned strategies, a section of the city belonging to the consolidated occupation zone was selected for physical-environmental characterization and elaboration of the proposal. The proposal foresees the application of a set of strategies in the selected stretch, resulting in a significant increase in green area. In order to verify the thermal impacts that urban afforestation as a bioclimatic strategy of urban design can generate in the proposal, simulations were developed based on thermal models, revealing the positive impact of trees, reducing the time of exposure to solar radiation in the surroundings. Therefore, the set of bioclimatic strategies for urban design expresses the possibility of contributing to the increase of green areas in consolidated urban areas and, still, to contribute to the improvement of the urban microclimate.

Key-words: Green area; bioclimatic strategies; consolidated urban spaces.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa	20
Figura 2	Efeito regulador da vegetação nas radiações de grande comprimento de onda	24
Figura 3	Inserção e áreas verdes por meio de intervenções urbanas (a) Arborização urbana (b) Pequena área verde urbana, como <i>pocket park</i>	25
Figura 4	Índice de vegetação por diferença normalizada	27
Figura 5	Temperatura da superfície estimada na cidade de Fortaleza, comparando os anos de 1995 e 2019.....	31
Figura 6	Pailley Park, Nova Iorque.....	35
Figura 7	Pracinha da Oscar Freire.....	35
Figura 8	Praça Canuto 1000, vista geral.(Fza).....	36
Figura 9	Áreas livres e de convivência, Praça Canuto 1000.(Fza).....	36
Figura 10	Microparques propostos pelo programa Fortaleza Mais Verde.....	37
Figura 11	<i>Parklet</i> instalado experimentalmente, antes da regulamentação, na Avenida Beira-mar.(Fza).....	38
Figura 12	<i>Parklet</i> instalado experimentalmente, antes da regulamentação, na Avenida Beira-mar.(Fza).....	38
Figura 13	Hortas sociais na cidade de Fortaleza.....	40
Figura 14	Praça do Bem Melodia.(Fza).....	40
Figura 15	Plataforma para experimentos com paredes verdes e tetos jardins.....	42
Figura 16	Potencial de mitigação do microclima (a) Parede verde (b) Teto jardim.....	42
Figura 17	Parede verde do Edifício Bonfim em São Paulo.....	43
Figura 18	Pavimento térreo de edifício comercial em Bangcoc - Tailândia.....	43
Figura 19	Croqui esquemático de um jardim de chuva.....	44
Figura 20	Registro de jardins de chuva (a) Imagem geral (b) Guia com entrada de água e área para filtragem das impurezas.....	45

Figura 21	Registros de canteiros pluviais experimentais na cidade de Nova Iorque.....	46
Figura 22	Plantio de árvores ordenado pelo Plano de Arborização de Fortaleza.....	47
Figura 23	Croqui esquemático das recomendações para plantio de árvores no passeio.....	48
Figura 24	Mapa geral da cidade de Fortaleza com a ampliação da área de interesse.....	59
Figura 25	Recorte da área objeto de estudo.(Fza).....	60
Figura 26	Praça da Imprensa, nos arredores do trecho selecionado.(Fza).....	61
Figura 27	Verticalização no trecho selecionado.(Fza).....	61
Figura 28	Uso das edificações (a) Edificação de uso misto na Av. Antônio Sales (b) Edificações comerciais, de uso misto e residenciais.(Fza).....	62
Figura 29	Caracterização físico-ambiental da área selecionada.....	62
Figura 30	Ocupação no trecho selecionado.....	64
Figura 31	Cálculo da área da copa da árvore.....	65
Figura 32	Mapa esquemático com as intervenções propostas.....	66
Figura 33	Registro da área sugerida para aplicação de <i>pocket park</i>	67
Figura 34	Proposta de aplicação de <i>pocket park</i> , na área em destaque na figura 33.....	68
Figura 35	Perspectiva da área adequada à aplicação de <i>parklet</i> e jardim de chuva.....	69
Figura 36	Proposta de aplicação de <i>parklet</i> e jardim de chuva na área de estudo, apresentada no registro da figura 35.....	69
Figura 37	Terreno não utilizado, adequado à agricultura urbana.....	70
Figura 38	Aplicação de agricultura urbana por meio de pomar urbano.....	71
Figura 39	Edificação com fachada cega.....	72
Figura 40	Sugestão de parede verde em fachada cega.....	72
Figura 41	Vaga de veículo no leito carroçavel da via com potencial para aplicação de jardim de chuva.....	74
Figura 42	Proposta de aplicação e jardim de chuva na área destacada na figura.....	74

Figura 43	Perfis esquemáticos do passeio onde foi sugerida a arborização (a) Exemplo na Rua Joaquim Nabuco (a) Exemplo na Rua Dom Expedito Lopes.....	75
Figura 44	Pau-brasil, símbolo do Brasil.....	75
Figura 45	Pau-branco, espécie nativa da caatinga, ameaçada de extinção.....	75
Figura 46	Distribuição das propostas aplicadas na área de estudo.....	77
Figura 47	Croqui esquemático representando o conjunto de estratégias bioclimáticas de desenho urbano para áreas consolidadas.....	78
Figura 48	Vista superior da modelagem 3D da área de estudo.....	80
Figura 49	Perspectiva geral da modelagem 3D da área de estudo.....	81
Figura 50	Vista superior da modelagem 3D da proposta de aplicação da arborização na área de estudo.....	82
Figura 51	Perspectiva geral da modelagem 3D da área de estudo, após implementaçãoda arborização.....	82
Figura 52	Algoritmos utilizados no <i>ladybug</i> para gerar as simulações térmicas..	83
Figura 53	Fluxograma esquemático algoritmo ulizado ladybug para as simulações térmicas.....	84
Figura 54	Equinócio de outono, na situação atual.....	85
Figura 55	Equinócio de outono, na situação proposta.....	85
Figura 56	Solstício de inverno, na situação atual.....	86
Figura 57	Solstício de inverno, na situação proposta.....	86
Figura 58	Solstício de verão, na situação atual.....	87
Figura 59	Solstício de verão, na situação proposta.....	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Relação entre os objetivos específicos e os procedimentos metodológicos.....	18
Quadro 2	Quadro de condicionantes para as estratégias bioclimáticas.....	22
Quadro 3	Estratégias urbanas bioclimáticas integrando o sistema de espaços livres.....	29
Quadro 4	Análise da relação entre os instrumentos urbanísticos e as estratégias bioclimáticas de desenho urbano.....	53
Quadro 5	Quadro de condicionantes bioclimáticas para as estratégias de desenho urbano.....	56
Quadro 6	Estratégias bioclimáticas de desenho urbano integrando o sistema de áreas verdes da área de estudo.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EC	Estatuto da Cidade
EPW	<i>Energy Plus Weather</i>
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ONU	Organização das Nações Unidas
OMS	Organização Mundial de Saúde
OUC	Operação Urbana Consorciada
OODC	Outorga Onerosa do Direito de Construir
SBAU	Sociedade Brasileira de Arborização Urbana
ZOC	Zona de Ocupação Consolidada

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	15
2. INTRODUÇÃO	16
2.1 OBJETIVOS	20
2.2 METODOLOGIA.....	20
3 O URBANISMO BIOCLIMÁTICO E O DESENHO URBANO.....	25
3.1 Princípios bioclimáticos e qualidade ambiental urbana	26
3.1.1 Os princípios bioclimáticos e a importância das áreas verdes para o ecossistema urbano	27
3.1.2 Vazios urbanos como espaços de potencial bioclimático.....	35
3.2 Estratégias de desenho urbano para áreas urbanas consolidadas.....	37
3.2.1 <i>Pocket parks</i> e <i>parklets</i> para a inserção de áreas verdes no espaço urbano ..	37
3.2.2 Agricultura urbana	43
3.2.3 Paredes verdes	45
3.2.4 Jardins de chuva e canteiros pluviais, infraestrutura verde na pequena escala	48
3.2.6 Arborização urbana	50
3.3 Análise da relação entre as estratégias bioclimáticas e os instrumentos urbanísticos.....	52
3.4 Definição de estratégias bioclimáticas de desenho urbano para cidades de clima quente e úmido.....	59
4 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS EM ÁREAS URBANAS CONSOLIDADAS ...	61
4.1 Proposta de intervenção bioclimática em área urbana consolidada.....	61
4.1.1 Seleção da área, objeto de estudo	62
4.1.2 Caracterização físico-ambiental urbana	65
4.2 Análise de resultados parciais.....	68
4.2.3. Conclusão parcial.....	81
5. MODELOS TÉRMICOS PARA VALIDAÇÃO DE ESTRATÉGIA DE DESENHO URBANO.....	84
6 CONCLUSÃO	93
REFERÊNCIAS.....	95

1. APRESENTAÇÃO

O presente trabalho compõe a dissertação exigida no mestrado em Ciências da Cidade, Universidade de Fortaleza, na linha de pesquisa de Ciências e Tecnologias de Cidades, abordando o tema: Área verde como estratégia bioclimática em áreas urbanas consolidadas. Análise para a cidade de Fortaleza. A seguir, a Introdução contextualiza a conjunção de problemas enfrentada, indicando um objetivo geral, seguido de objetivos específicos, que visam a ser atingidos com suporte na metodologia desenvolvida.

2. INTRODUÇÃO

As paisagens urbanas são cenários que se configuram, com frequência, antagônicos às paisagens naturais, reforçando equivocadamente o aspecto destruidor das cidades em relação à Natureza, como se cidade e Natureza não pudessem dividir o mesmo espaço de maneira harmônica. Em pleno século XXI, a construção civil continua contribuindo para a produção de um espaço urbano que não prioriza, na maioria das vezes, o meio ambiente e a qualidade de vida urbana, visando, prioritariamente, ao lucro. Em seu livro *Natureza e Cidade*, Hough (1998, p. 1) acentua que “[...] os valores tradicionais do desenho urbano tradicional que moldaram a formação das paisagens das cidades, contribuíram muito pouco com a saúde do meio ambiente e para o conceito de lugares civilizados e enriquecedores para se viver.”

Em tais circunstâncias, cidades de todo o mundo buscam reverter o quadro de degradação ambiental onde estão inseridas, tentando executar diversas ações, a fim de permitir o desenvolvimento urbano de modo sustentável, influenciando positivamente na qualidade de vida urbana. No ano de 1972, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo a importância da qualidade ambiental foi amplamente discutida, sendo a primeira tentativa, no âmbito mundial, de tornar a matéria ambiental parte das agendas políticas das nações (GURSKI; GONZAGA; TENDOLINI, 2012). Possibilitou, ainda, considerar a qualidade ambiental como direito fundamental e indispensável para proporcionar impactos positivos sobre a qualidade de vida da humanidade, aproximando os direitos humanos e o meio ambiente (GURSKI; GONZAGA; TENDOLINI, 2012).

Vinte anos depois, a cidade do Rio de Janeiro sediou a (RIO-92), a Conferência das Nações Unidas e formulou a Agenda 21, instrumento de planejamento participativo elaborado para incentivar o estabelecimento de sociedades sustentáveis, conciliando proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica, remodelando, assim, o desenvolvimento econômico vigente daí em diante (BRASIL - MMA, 2019).

Desde então, a Organização das Nações Unidas (ONU) contribui significativamente para o aspecto ambiental, mostrando os 17 objetivos para o desenvolvimento

sustentável. Em meio a eles, existe relação com esta pesquisa, e seu escopo geral é conter as mudanças climáticas e preservar a vida sobre o Planeta (NAÇÕES UNIDAS, 2017). “Em toda cidade, as condições climáticas gerais estão modificadas, pelo que parece ser um microclima característico das áreas urbanas, denominado “microclima urbano” [...]” (HIGUIERAS, 2006, p. 115). Esse microclima demonstra, segundo a autora, temperaturas mais altas que do que o entorno local, alteração do regime de ventos, assim como do nível de umidade. Esta última decorre, em grande parte, da grande área construída, em detrimento das áreas verdes e cursos de águas, contribuindo para uma evapotranspiração quase nula, além da baixa permeabilidade do solo e redução no sombreamento (HIGUIERAS, 2006). Em regiões de clima quente e úmido, como na cidade de Fortaleza, nordeste do Brasil, materiais como concreto, asfalto, pedra e tijolo substituem a cobertura vegetal, que vem sendo paulatinamente destruída. Como consequência, o calor é absorvido de modo mais rápido e conservado em quantidades maiores do que as plantas, solo e água (SPIRN, 1995). É nessa realidade, onde há intensa relação entre urbanização e perda de cobertura vegetal, que se encontra a cidade de Fortaleza, oferecendo área urbana consolidada em parte da sua malha urbana, o que dificulta a inserção de grandes áreas verdes. A Zona de Ocupação Consolidada (ZOC) é reconhecida no Plano Diretor da Cidade, considerando-a no artigo 87 como zona com “[...] predominância da ocupação consolidada, com focos de saturação da infraestrutura; destinando-se a contenção do processo de ocupação intensiva do solo.” (FORTALEZA, 2009, p. 35).

Na esfera municipal, com o objetivo de melhorar a qualidade ambiental urbana, a Prefeitura de Fortaleza implementa programas - como a Certificação Fator Verde - na tentativa de amenizar as influências da construção civil, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos (FORTALEZA, 2015).

Há muito a ser feito, todavia, no que tange à promoção da qualidade ambiental urbana, com algumas intervenções para aumentar a área verde da cidade, cujo déficit é reflexo direto do processo de urbanização e produção imobiliária que devastou significativamente grande parte de sua cobertura vegetal, ignorando

características naturais como fauna, flora, recursos hídricos e solo (FORTALEZA, 2015).

Assim, a cidade de Fortaleza não alcançou um aumento da relação área verde por habitante considerado adequado, indicando até o ano de 2015 metragem insuficiente em relação ao recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (FORTALEZA 2015). Admitindo que boa parte da cidade de Fortaleza está densamente ocupada, dotada de poucos vazios urbanos, surge o seguinte questionamento: como promover o aumento de área verde em áreas urbanas consolidadas? Aumentar a área verde de uma cidade nesta circunstância torna-se algo desafiador e instiga esta pesquisa.

Haja vista o que se remeteu até aqui, divisa-se, desde já, que este experimento possui natureza exploratória e visa a promover a requalificação ambiental em áreas urbanas consolidadas, proporcionando o incremento de áreas verdes mediante estratégias bioclimáticas de desenho urbano. Nesse sentido, é necessário, inicialmente, investigar a potencialidade do emprego dessas estratégias urbanísticas, tais como: *pocket parks*, *parklets*, jardins de chuva, canteiros pluviais, agricultura urbana, paredes verdes e arborização, na promoção de melhorias ambientais e inserção de áreas verdes para a cidade e, ainda, identificar a distribuição de área verde e se existem vazios urbanos adequados à implementação de algumas das estratégias selecionadas em um determinado recorte da cidade de Fortaleza. Além disso, convém buscar os instrumentos urbanísticos em curso ou identificar a necessidade de criação de outros que possibilitem aplicar as estratégias bioclimáticas de desenho urbano, E, então, com base nisso, validar as estratégias por meio de modelos térmicos, utilizando as contrapartidas ambientais como uma das modalidades de garantir sua implementação pelos empreendedores imobiliários, empresários ou proprietários de lotes privados.

Para tanto, será realizada uma pesquisa bibliográfica, a respeito das estratégias urbanas mencionadas há pouco, verificando a viabilidade dessas hipóteses para o incremento de área verde nas áreas consolidadas da cidade. Em seguida, será procedida à caracterização físico-ambiental de um trecho selecionado para análise, mapeando a vegetação e identificando, ainda, a existência ou não de vazios urbanos

nesse recorte para orientar os pontos frágeis e adequados às estratégias selecionadas. Uma breve análise dos instrumentos urbanísticos também será realizada, tentando estabelecer uma relação entre os instrumentos disponíveis e as estratégias de desenho urbano selecionadas. Por fim, a validação ou não da proposta será realizada mediante simulações de modelos térmicos que verificam a temperatura na superfície, permitindo comparar a situação atual do lugar e a proposta de incremento de área verde, recorrendo à arborização, como estratégia de desenho urbano.

Portanto, esta dissertação se estrutura em capítulos. Sua terceira seção é intitulada *O urbanismo bioclimático e a qualidade ambiental urbana*, que aborda os problemas enfrentados pelas cidades quanto à qualidade ambiental do espaço urbano, orientada pelos princípios bioclimáticos. Expressa o referencial teórico, representado pelas estratégias de desenho urbano utilizadas por diversos autores sob os fundamentos dos princípios bioclimáticos, com o objetivo de verificar a viabilidade das estratégias urbanísticas nas áreas urbanas consolidadas.

O quarto capítulo, *Estratégias bioclimáticas em áreas urbanas consolidadas*, reporta-se à caracterização físico-ambiental de um recorte na cidade de Fortaleza, propondo, com amparo na definição das estratégias bioclimáticas, a implementação destas no trecho selecionado. A análise dessa proposta expressa os dados obtidos, comparando-os com a situação anterior do local.

Por fim o quinto capítulo, *Modelos térmicos para validação da proposta para aumento de área verde* - demanda verificar por via de simulações realizadas no software *Rhinoceros 3D*, utilizando, mais precisamente, o *grasshopper* e *ladybug*, para simular modelos que expressem a eficiência térmica alcançada com o acréscimo de arborização proposto para a área selecionada para estudo objeto de referência do capítulo imediatamente anterior. Validará, então, ou deixará de o fazer, a hipótese de que as estratégias de desenho urbano selecionadas podem contribuir, não somente no aumento e distribuição de área verde de modo mais igualitário, bem como na melhoria do microclima urbano.

2.1 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa consiste em aprimorar a possibilidade de inserção de áreas verdes em espaços urbanos consolidados, com esteio na implementação de estratégias bioclimáticas de desenho urbano, utilizando como objeto de análise uma área na cidade de Fortaleza.

Como ações necessárias para alcançar o objetivo geral, foram definidos objetivos específicos, consoante está expresso na sequência.

- Pesquisar estratégias bioclimáticas de desenho urbano capazes de permitir o incremento de área verde nas áreas urbanas consolidadas.
- Analisar a relação entre os instrumentos urbanísticos e as estratégias de desenho urbano selecionadas.
- Definir as possíveis estratégias de desenho urbano com amparo nos princípios bioclimáticos.
- Elaborar proposta a partir da caracterização físico-ambiental da área selecionada.
- Elaborar simulações de modelos térmicos para a área selecionada, na situação em curso e proposta.
- Verificar o impacto que a proposta pode, ou não, causar em relação ao tempo de exposição à luz solar.

2.2 METODOLOGIA

Em áreas urbanas consolidadas, promover o aumento de área verde constitui algo desafiador. Esse é o grande entrave enfrentado nesta investigação. Com base nessa ideia, suscita-se a hipótese de que estratégias de desenho urbano fundamentadas nos princípios bioclimáticos podem contribuir significativamente para o incremento de áreas verdes em áreas urbanas densamente ocupadas, onde são escassos os vazios urbanos.

Em virtude da caracterização do problema e da formulação de uma hipótese, foi procedida à pesquisa bibliográfica acerca, inicialmente, do problema identificado, oportunidade em que se observaram iniciativas da Prefeitura de Fortaleza, no

sentido de alcançar um índice de área verde por habitante mais próximo do recomendado pela Organização Mundial de Saúde. Foram observadas ações, integrantes de um conjunto de iniciativas propostas pelo Poder Municipal, como: a Certificação de Fator Verde, o Plano de Arborização de Fortaleza, o Eixo 5, Agricultura Urbana do Plano Fortaleza 2040. Essas iniciativas buscam mudar a realidade, no tocante às áreas verdes da cidade, entretanto ainda há muito a ser feito para oferecer uma cobertura vegetal mais abundante, inclusive nas áreas urbanas consolidadas, mais perto do desejável e que influencie direta e positivamente na qualidade ambiental urbana. Efetivamente, pois, o grande desafio desta pesquisa está conformado nesta indagação: - **Como distribuir áreas verdes em áreas urbanas consolidadas?**

A elaboração do quadro 1 tem como principal função facilitar o entendimento do trabalho, organizado em capítulos, mencionando os objetivos específicos e seus respectivos procedimentos metodológicos, além dos resultados esperados em cada um dos segmentos capitulares.

A revisão bibliográfica realizada no Capítulo 3 resultou no estabelecimento de uma relação entre os princípios bioclimáticos, com enfoque nas áreas verdes, e as estratégias de desenho urbano utilizadas em diversos estudos, como: *pocket parks*, *parklets*, agricultura urbana, jardim de chuva, canteiro pluvial, paredes verdes e arborização. Dessa maneira, escolheu-se no capítulo 4 um trecho para análise, na cidade de Fortaleza, para a caracterização físico-ambiental, utilizando a metodologia adotada por Katzchner (1997), que considera a ocupação dos lotes, a distribuição de áreas verdes, o traçado das vias, orientação geográfica e a ventilação dominante. Ainda no prefalado capítulo, foram definidas as estratégias bioclimáticas de desenho urbano que poderiam ser utilizadas na elaboração da proposta para a área selecionada para exame, sugerindo a aplicação das estratégias viáveis. Com âncora na proposta, foi realizado o quantitativo estimado de áreas verdes existentes e obtidas após a implementação das estratégias. (QUADRO 1)

Para verificar as possíveis influências térmicas produzidas pela implementação das estratégias de desenho urbano, o capítulo 5 exprime os modelos térmicos elaborados que permitem análise, mediante simulações em três períodos distintos,

medindo a temperatura da superfície, verificando se o influxo causado com a proposta é relevante na melhoria do microclima urbano. A relação de interdependência dos capítulos fica evidente no fluxograma representado pela figura 1, que possibilita compreender como estão relacionadas as etapas que configuram este experimento acadêmico *stricto sensu*. (QUADRO 1)

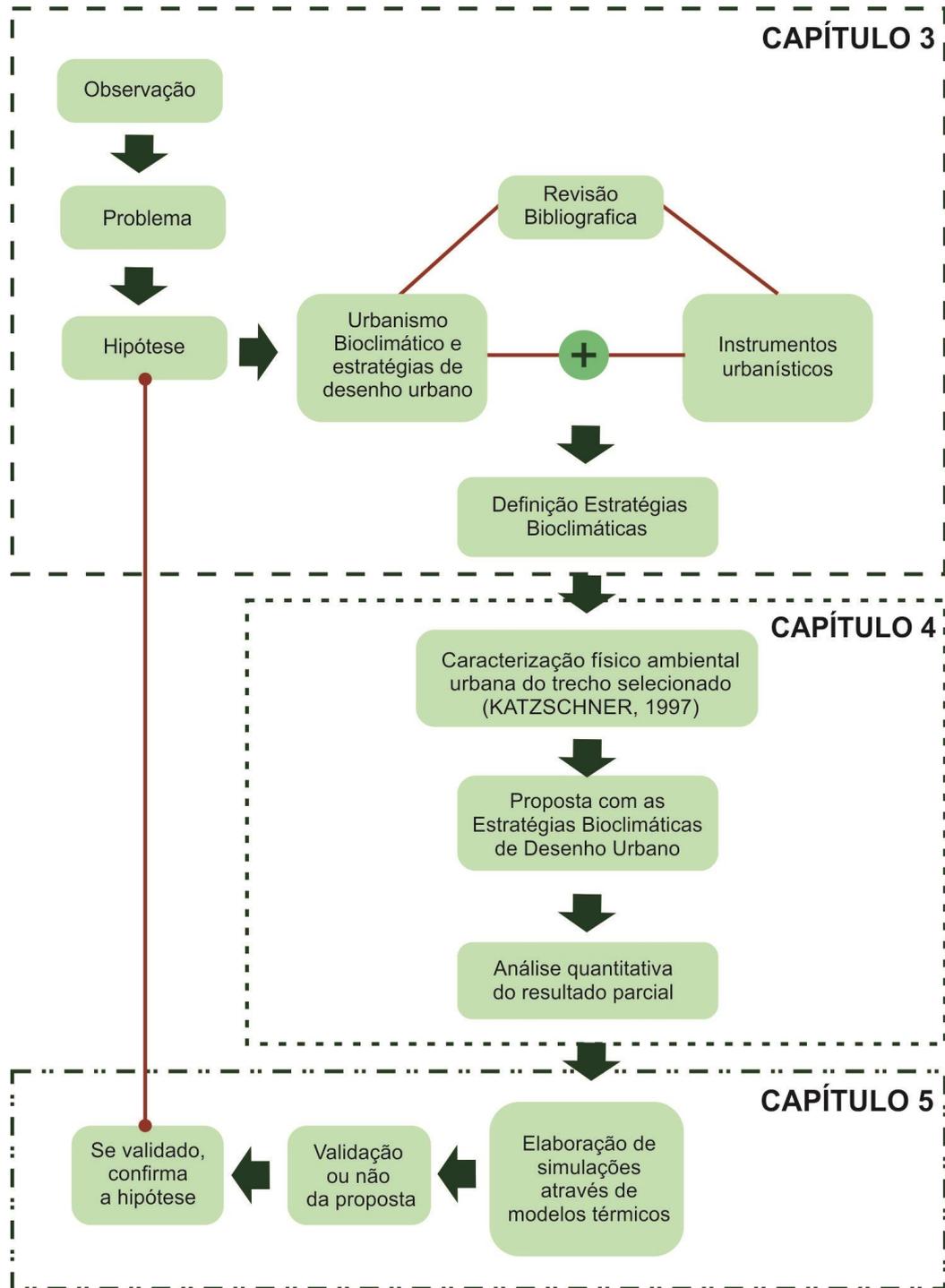
Quadro 1: Relação entre objetivos específicos e procedimentos metodológicos

	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	RESULTADOS ESPERADOS
CAPÍTULO 3 (Referencial Teórico)	<p>Pesquisar estratégias bioclimáticas de desenho urbano capazes de aumentar a área verde.</p> <p>Pesquisar sobre a existência de instrumentos urbanos que permitam a viabilização dessas estratégias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão bibliográfica sobre urbanismo bioclimático e a cerca das estratégias de desenho urbano utilizadas em diversos estudos no âmbito nacional e mundial. - Definição das estratégias de desenho urbano com suporte em condicionantes bioclimáticas. 	Elaborar um quadro apresentando as estratégias bioclimáticas definidas com amparo nas condicionantes ambientais.
CAPÍTULO 4	<p>Elaborar a caracterização físico ambiental urbana de um trecho selecionado.</p> <p>Elaborar proposta, aplicando as estratégias de desenho urbano definidas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterização da área selecionada, considerando orientação geográfica, traçado das vias, ventilação dominante, ocupação dos lotes e vegetação. - Elaboração de proposta de implementação das estratégias bioclimáticas selecionadas. - Análise do resultado parcial do incremento de áreas verdes, alcançado por intermédio da proposta. 	Comparar os resultados parciais alcançados a partir da proposta no trecho selecionado, comparando a situação em curso com o que foi sugerido para o incremento de áreas verdes.

	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	RESULTADOS ESPERADOS
CAPÍTULO 5	<p>Elaborar simulações a partir de modelos térmicos para o trecho analisado, na situação existente e proposta.</p> <p>Verificar os possíveis impactos térmicos gerados pela aplicação de estratégia de desenho urbano a partir das simulações dos modelos térmicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação das simulações de modelos térmicos. - Análise da estratégia de desenho urbano arborização por meio dos modelos em cada período, traçando um paralelo entre o que foi proposto e o comportamento térmico observado na proposta. 	<p>Validar ou não a estratégia de desenho urbano com suporte nas simulações de modelos térmicos elaborados.</p>

Fonte: Elaboração própria.

Figura 1: Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

O conteúdo desta pesquisa está conectado a um problema que, por conseguinte, deriva de conhecimentos a respeito dos princípios bioclimáticos e de possíveis estratégias de desenho urbano que possam permitir o incremento de área verde nas áreas urbanas consolidadas, utilizando para isso instrumentos urbanísticos que são parte da legislação (FIGURA 1).

3 O URBANISMO BIOCLIMÁTICO E O DESENHO URBANO

O urbanismo bioclimático propõe a melhoria da qualidade de vida das pessoas por intermédio de um planejamento urbano capaz de aproveitar os recursos disponíveis, ajudando a controlar os efeitos nocivos ao meio ambiente no que se refere a clima, energia, paisagem e também em relação aos aspectos socioeconômicos (HIGUIERAS, 2006). Spirn aborda a relação entre natureza e cidade como algo natural, onde as forças da natureza não deveriam ser encaradas necessariamente como negativas.

A natureza permeia a cidade, forjando relações entre ela e o ar, o solo, a água e os organismos vivos em seu interior e a sua volta. Em si mesmas, as forças da natureza não são nem benignas nem hostis à humanidade. Reconhecidas e aproveitadas, representam um poderoso recurso para a conformação de um habitat urbano benéfico; ignoradas ou subvertidas, ampliam os problemas que há séculos castigam as cidades, como enchentes, deslizamentos e a poluição do ar e da água. (SPIRN,1995, p.15)

Spirn (1995) acredita que, apesar de os avanços da tecnologia permitirem um grande conhecimento a respeito da natureza na cidade, pouco foi feito com o objetivo de planejar uma cidade mais benevolente com a natureza. Nesse sentido, é perceptível, segundo Romero (2000, p.11), uma visão similar que revela o quão insuficiente é a relevância da natureza no planejamento: “A prática do desenho urbano tem se dado sem levar em conta os impactos que provoca no ambiente, repercutindo não só no desequilíbrio do meio, como também no conforto e salubridade das populações urbanas.” A autora sugere, ainda, que o desenho urbano deve considerar as características do meio, adaptando-se a topografia, revestimento do solo, latitude, objetos tridimensionais e clima (ROMERO, 2000). Em suma, para os autores mencionados, bem como para Higuieras (2006, p. 15) é necessário “Para cada lugar um planejamento.”

Portanto, o urbanismo bioclimático representa-se por estratégias de desenho urbano quando orientadas por diretrizes bioclimáticas, estabelecendo princípios que “[...] levem em conta as inter-relações meio-físico-espaco construído”. (ROMERO, 2000, p. 12).

3.1 Princípios bioclimáticos e qualidade ambiental urbana

O urbanismo bioclimático é compreendido como parte integrante do planejamento de desenvolvimento sustentável, interferindo diretamente na qualidade ambiental urbana e, conseqüentemente, na qualidade de vida das pessoas (HIGUIERAS, 2006). Os princípios que orientam o urbanismo bioclimático são definidos por Higuieras (2006, p.16) e mostrados sucintamente no quadro 2, enfatizando a adequação às condições climáticas locais citadas também em Romero (2006), como: ventilação, insolação, relevo e orientação geográfica.

Quadro 2: Princípios do Urbanismo Bioclimático

Princípios do Urbanismo Bioclimático	
Princípios geradores	Condicionantes
Traçado das vias	Adequado às condições de insolação e ventilação
Vias adaptadas ao relevo	Adequado às condições de insolação e ventilação
Zonas Verdes	Adequadas às necessidades de umidade e evaporação
Morfologia urbana	Permitindo fachadas bem orientadas em relação ao clima local
Parcelamento urbano	Permitindo edificações bem orientadas em relação ao clima local
Tipologia das edificações	Diversificada, adequada às condições de insolação e ventilação

Fonte: Elaboração própria, com suporte em Higuieras (2006, p.16).

As condicionantes descritas no quadro 2 frequentemente são ignoradas, produzindo a realidade de desequilíbrio ambiental enfrentado por diversas cidades. Nesse contexto, evidencia-se a produção imobiliária sem controle como setor que interfere diretamente na qualidade ambiental urbana, à medida que constrói um espaço urbano onde a mais-valia constitui objetivo primordial, em detrimento da preservação e respeito ao meio ambiente, desconsiderando muitas das características naturais que há no local.

Portanto, a visão de Hough (1995, p. 2), reafirma o que foi exposto quando considera que “O ambiente urbano foi transformado por uma tecnologia cujos objetivos são econômicos e não ambientais ou sociais.” As cidades são modificadas nesse sentido, e, como consequência, a qualidade ambiental urbana é afetada: as

áreas verdes foram reduzidas, o ciclo hidrológico é objeto da supressão de áreas permeáveis, e, em suma, o microclima é constantemente alterado, provocando mudanças climáticas significativas.

Essas alterações pelas quais o clima urbano transita, precisamente nas áreas densamente ocupadas, se manifestam mediante um fenômeno chamado **ilha urbana de calor**, apontado nos estudos de Oke (1973 e 1982) e definido como a diferença de temperatura do ar entre regiões urbanas e não urbanas. Na compreensão de Fialho (2012, p. 66), “[...] a cidade altera o ritmo de aquecimento e resfriamento da superfície em função do adensamento urbano, associado à atividade humana e as propriedades físicas dos materiais de construções.”, ou seja, as áreas urbanas consolidadas, interesse desta dissertação, e a grande diversidade de materiais em suas edificações certamente, contribuem para a formação das ilhas de calor.

Essas edificações que densamente ocupam a cidade resultam de uma produção imobiliária descontrolada que exerce papel preponderante no processo de urbanização e podem impactar negativamente na qualidade ambiental urbana, interferindo no microclima, áreas verdes, incentivando a formação e manutenção dos vazios urbanos. Estes últimos são espaços ociosos que não desempenham a função social da propriedade, nem mesmo uma função ambiental e, ainda, contribuem para o acúmulo indevido de resíduos sólidos, causando a contaminação do solo e da água, poluindo o ar e propiciando o aparecimento de doenças.

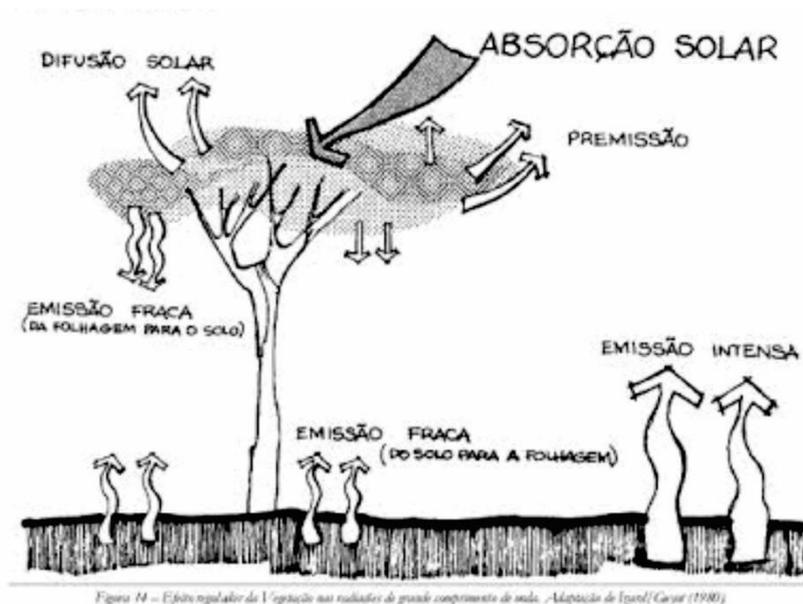
Como meio de amenizar o problema citado, analisam-se estratégias de desenho urbano capazes de aumentar a área verde da cidade e incentivar a ocupação desses espaços vazios e em situação de vulnerabilidade, promovendo melhorias ambientais para áreas urbanas consolidadas.

3.1.1 Os princípios bioclimáticos e a importância das áreas verdes para o ecossistema urbano

“As plantas são a base da vida na Terra. Elas produzem todo o oxigênio da atmosfera terrestre; proporcionam alimento e o habitat que sustenta todos os seres através da fotossíntese.” (HOUGH, 1995, p. 97) Essas são as funções essenciais

da vegetação para os seres vivos, dentre outras contribuições, desempenhando papel de grande relevância ao influenciar o microclima, consistindo em um importante fator climático. Assim, as áreas verdes merecem cada vez mais destaque e, de acordo com Romero (2000), elas são capazes de estabilizar os efeitos do clima em relação aos arredores mais próximos (FIGURA 2). “A vegetação auxilia na diminuição da temperatura do ar, absorve energia, favorece a manutenção do ciclo oxigênio-gás carbônico essencial à renovação do ar.” (ROMERO, 2000, p. 32). Portanto, a existência de áreas arborizadas no espaço urbano representa uma estratégia de alta eficiência na modificação do microclima de uma cidade.

Figura 2: Efeito regulador da vegetação nas radiações de grande comprimento de onda



Fonte: ROMERO (2000)

Nesse sentido a OMS define

Área verde urbana como componente da infraestrutura verde. Uma importante parte dos espaços livres públicos e serviços comuns fornecidos por uma cidade e pode promover a saúde dos habitantes da comunidade urbana. Portanto, é necessário garantir a população áreas verdes facilmente acessíveis a toda a população e distribuída equitativamente pela cidade. (2017, p.2).

Considera, ainda, um amplo conjunto de intervenções urbanas, em diversas escalas no espaço público ou privado, que desempenham importante papel, melhorando o meio ambiente no que se refere a qualidade, quantidade e acessibilidade das áreas verdes urbanas. A OMS (2017) menciona algumas intervenções urbanas, dentre elas: vegetação na estrada e barreiras vegetais à extensão de ruas e ferrovias; pequenas áreas verdes urbanas e *playgrounds*; tetos e paredes verdes; parques e prados urbanos; vias e corredores verdes; trilhas costeiras, ribeirinhas, conectando o verde às águas; jardins comunitários para recreação e agricultura urbana e acesso livre aos bosques urbanos, florestas e áreas de vida selvagem (FIGURA 3).

Figura 3 – Inserção de áreas verdes por meio de intervenções urbanas. (A) Arborização urbana (B) Pequena área verde urbana, como *pocket park*.

(A)



(B)



Fonte: OMS, 2017

Diante disso, afirma-se que a eficiência das intervenções urbanas no intuito de promover a melhoria ambiental passa, dentre outras opções, obrigatoriamente, pela arborização das cidades. Com efeito, faz-se necessário considerar que, para uma cidade atingir uma qualidade satisfatória para os seus habitantes, existem recomendações propostas, inclusive pela OMS, com o objetivo de nortear o processo de arborização no contexto mundial. “A OMS e FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) no Brasil, consideram ideal que cada habitante disponha de 12m² de área verde. Já a SBAU (Sociedade Brasileira de

Arborização Urbana) estabelece um ideal de 15m² de área verde por habitante.” (FORTALEZA, 2015).

Em relação à cidade de Fortaleza, números revelam que o Município perdeu cerca de 90% da sua cobertura natural, no período de 1968 a 2003, dado fornecido pela SEUMA (FORTALEZA, 2015). A figura 4 representa, graficamente, que uma grande área verde é destruída na cidade. O sensoriamento remoto aplicado a geotecnologias, a cada dia, se torna mais utilizado no meio acadêmico, principalmente em razão do acesso a *softwares* de sistemas de informações geográficas (GIS) e imagens de satélites de modo gratuito. Essas imagens são geradas desde o satélite Landsat 5 para dados anteriores a 2013 e do Landsat 8 para dados após 2013. No caso da figura 4, as imagens de satélite coletadas no dia 17 de agosto, nos anos de 1995 e 2019, revelam o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e a aparente tendência de perda de cobertura vegetal mencionada anteriormente, que perdura até os dias atuais. Na tentativa de mudar essa realidade, a Prefeitura de Fortaleza tem proposto ações estratégicas utilizando-se de um Plano de Arborização, com o objetivo de reverter o quadro de perda de vegetação, por meio da arborização.

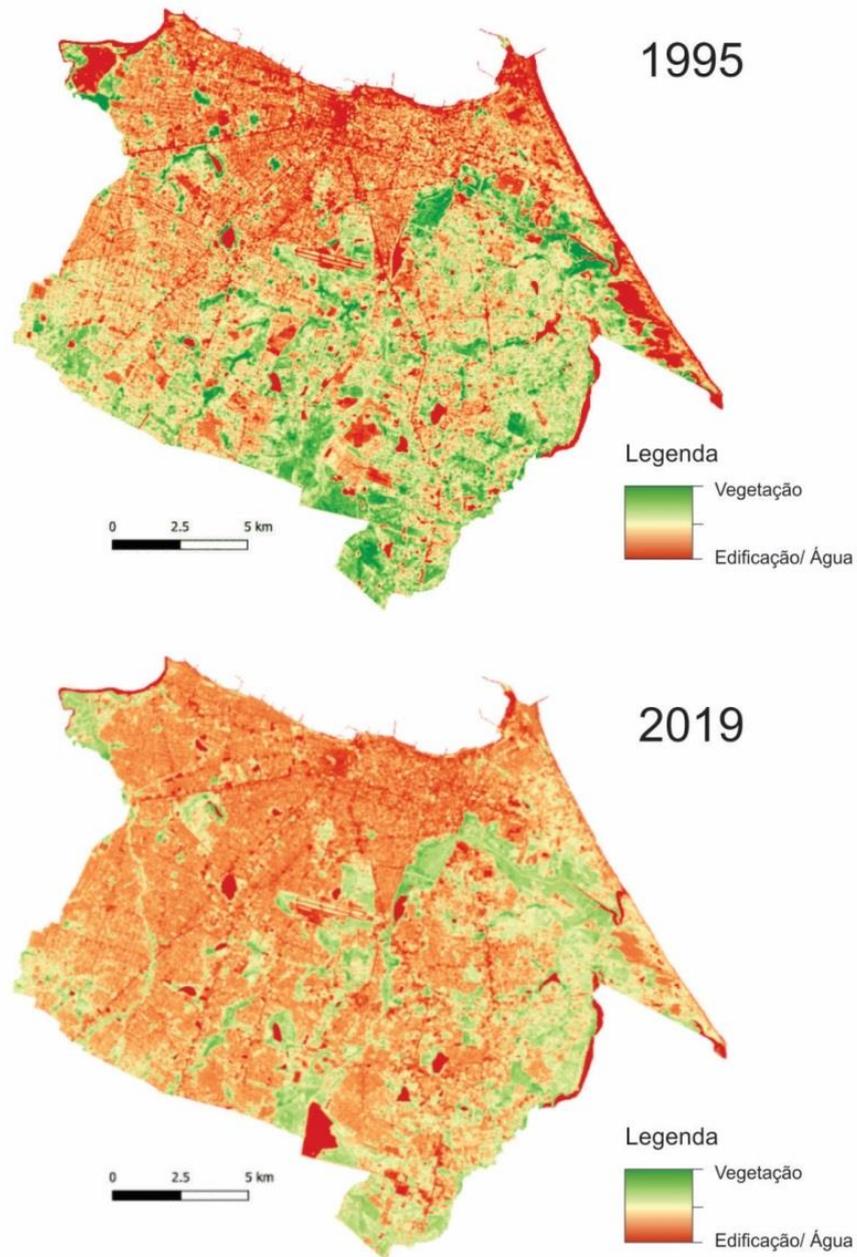
Nesse sentido, a Prefeitura de Fortaleza através de lei municipal traça objetivos e diretrizes para a política de Áreas Verdes da cidade e a define.

[...] consideram-se Área Verde os espaços do domínio público ou privado, de uso público, particular ou restrito, com predomínio de vegetação, preferencialmente, nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, cultura, melhoria de qualidade ambiental urbana, proteção dos corpos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bem e manifestações culturais. (FORTALEZA, 2017, p. 20).

Dentre os objetivos, merecem destaque a criação e a implementação de áreas públicas arborizadas, além da melhoria da qualidade ambiental do Município. As diretrizes preveem, dentre outras, a adoção de medidas capazes de reduzir os impactos da urbanização nos ecossistemas naturais; o incentivo de parcerias como o Programa de Adoção de Praças e Áreas Verdes; valorização e implementação de

vegetação nativa na arborização urbana e incorporação de áreas particulares ao Sistema Municipal de Áreas Verdes (FORTALEZA, 2017).

Figura 4: Índice de vegetação por diferença normalizada

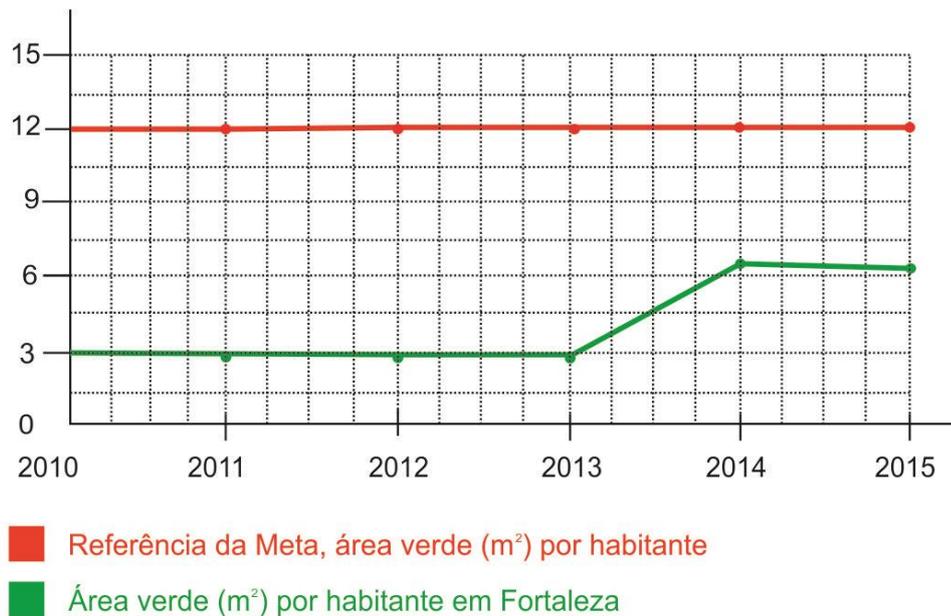


Fonte: UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Landsat Project. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em 22 ago. 2019.

A definição de Áreas Verdes, explícita na lei, possibilita compreender mais claramente como são realizados os cálculos da relação área verde (m²) por habitante, ou seja, tudo o que engloba as Áreas Verdes é somado em metro

quadrado e dividido pelo número de habitantes da cidade. Este cálculo, no entanto, utilizado em âmbito nacional e internacional como parâmetro para medir a cobertura vegetal de uma cidade por habitante, reflete uma realidade equivocada, quando ante uma distribuição pouco equilibrada da vegetação. E, ainda, quando o que é considerado a área verde é variável, de acordo com a legislação vigente no local, grandes áreas de vegetação de uma cidade podem ser suprimidas ou acrescentadas, a depender do que está incluído como área verde nesse cálculo. Portanto, não ocorre uma unificação no método para cálculo desse tipo de índice, gerando números que na maioria das vezes não poderiam ser comparados entre si.

Tabela 1



Fonte: <https://20132016indicadores.cidadessustentaveis.org.br/br/CE/fortaleza/area-verde-por-habitante>. Acesso em 10 jul. 2020.

Na cidade de Fortaleza, nota-se, por meio da tabela 1, a evolução compreendida dos anos 2010 a 2015, no que se refere à área verde em m² por habitante. Não fica evidente, todavia, se o aumento de área verde que o gráfico exprime é fruto de acréscimo de áreas verdes novas, ou apenas a inclusão de áreas verdes instaladas, antes desconsideradas na soma. Nos anos de 2014 e 2015, respectivamente, o total de áreas verdes somado é significativamente elevado em relação aos anos anteriores (QUADRO 3) Esse acréscimo, no entanto, não é percebido na vivência da

cidade, o que faz parecer um aumento desequilibrado, que proporciona benefícios pouco perceptíveis e que termina não contribuindo para melhorar, dentre outros aspectos, o microclima da cidade. A legislação somente definiu as áreas verdes no ano de 2017, explicando, em parte, o acréscimo indicado desde esse período.

Quadro 3

Ano	Número total, em m ² , de áreas verdes	População Total	Valor da fórmula (m ² /habitante)
2010	6.666.142	2.452.185	2,7184
2011	6.666.142	2.476.589	2,6917
2012	6.666.142	2.500.194	2,6662
2013	6.666.142	2.551.806	2,6123
2014	16.515.917	2.571.896	6,4217
2015	16.515.917	2.591.188	6,3739

Fonte: adaptado pela autora. <https://20132016indicadores.cidadessustentaveis.org.br/br/CE/fortaleza/area-verde-por-habitante>. Acesso em 10 jul. 2020.

Dando prosseguimento, no ano de 2020, a Prefeitura de Fortaleza oferece o programa Fortaleza Mais Verde, com o objetivo de aumentar a Área Verde da cidade por via de novo programa de arborização. Um dado intrigante que consta na apresentação do programa é o índice atual de 18m² de área verde por habitante fornecido pela SEUMA (2019). A cidade, no ano de 2015, contava com pouco mais de 6m² de área verde por habitante e conseguiu triplicar esse índice. Para tanto, a Prefeitura destaca a regulamentação de 23 novos parques urbanos, na tentativa de justificar o notório acréscimo de áreas verdes.

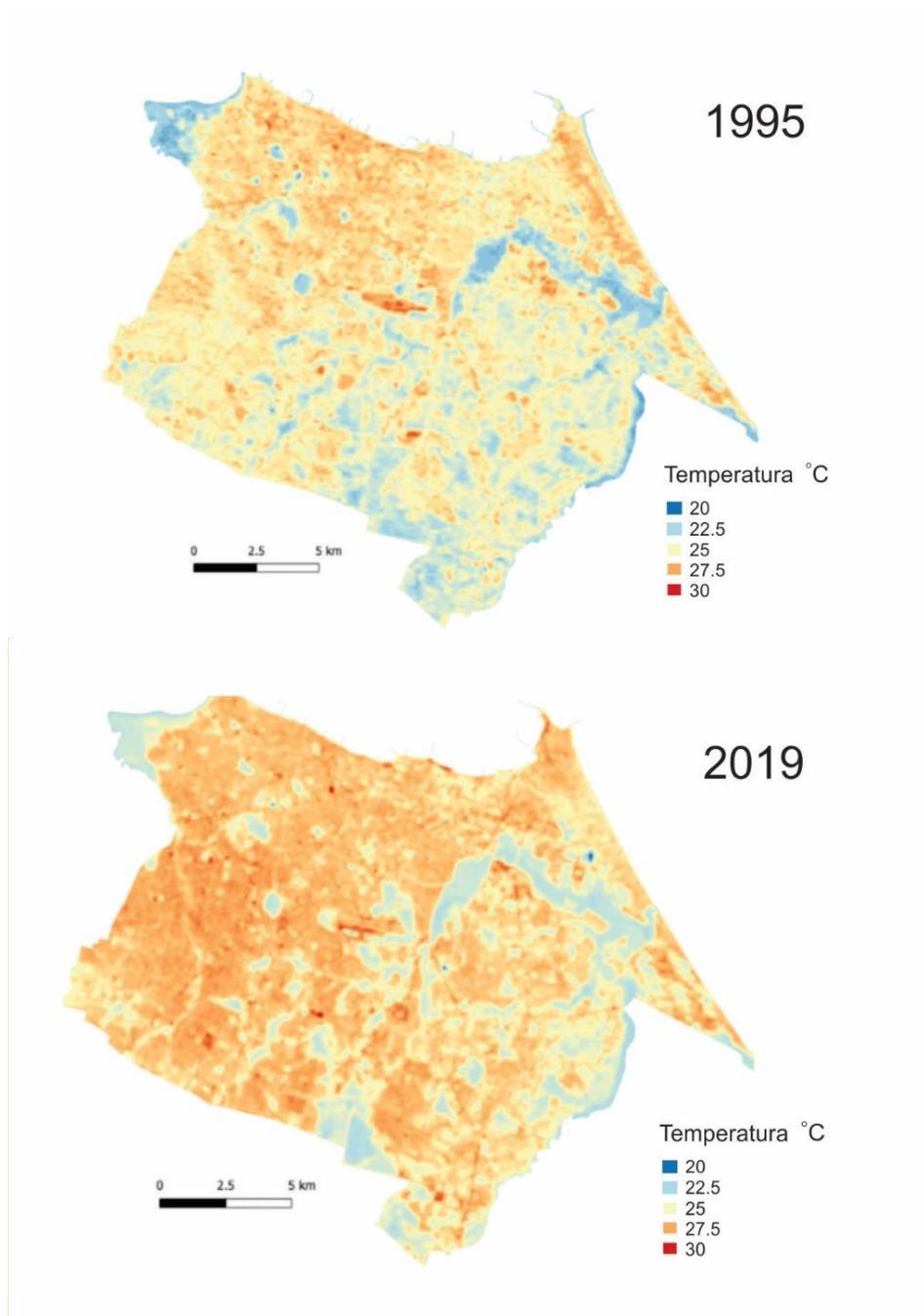
Nestas circunstâncias, nota-se a relevância da arborização como estratégia para ampliar a cobertura vegetal de uma cidade, e, ainda, alterar índices, provocando resultados quantitativos de impacto. O papel das áreas verdes, todavia, vai além dos números, que, pelos motivos mencionados anteriormente, não representam a realidade da cidade como um todo. No que se refere às árvores e áreas urbanas, um comparativo entre essas e as cidades é traçado por Adler e Tanner

Como uma árvore, as áreas urbanas mudam os habitats a sua volta e importam e concentram recursos para um conjunto de propósitos intencionais. A concentração desses recursos e os produtos resultantes deles geram uma série de consequências não intencionais. (2015, p.9).

As cidades, porém, utilizam recursos provenientes de regiões de maior alcance, ocasionando efeitos em áreas muito extensas, quando comparadas às árvores (ADLER E TANNER, 2015). Fazendo uma análise comparativa entre as figuras 4 e 5 , é notória a extensa consequência citada pelos autores, estabelecendo uma relação entre a perda de cobertura vegetal e o perceptível aumento de temperatura observado na cidade de Fortaleza, nos anos de 1995 e 2019.

Na tentativa de minimizar essas consequências que o desenvolvimento urbano quase sempre enseja, o aumento de área verde ocupando, quando possível, os vazios urbanos restantes nas áreas urbanas densamente ocupadas seriam exemplos positivos para a cidade, capazes de exercer uma boa “acupuntura urbana”, expressão utilizada por Lerner para identificar intervenções pontuais na cidade. São opções capazes de permitir uma melhor qualidade ambiental em áreas urbanas consolidadas, propondo vegetação para as brechas da cidade. Lerner (2011) assinala que cidades que não oferecem atrativos conseguem mudar significativamente o seu panorama, apenas com a arborização. O autor ressalta, ainda, a falta de continuidade que os chamados vazios urbanos provocam na cidade, com a ausência de atividade, seja ela residencial ou comercial, e considera imprescindível sua ocupação. Dessa maneira, os vazios urbanos, apesar de escassos nas áreas urbanas consolidadas, possibilitariam ocupações diversas, incluindo a inserção de áreas verdes, no sentido de aproximar as perspectivas de melhorias ambientais à sociedade propriamente dita.

Figura 5 : Temperatura da superfície estimada na cidade de Fortaleza, comparando os anos de 1995 e 2019.



Fonte: UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Landsat Project.
Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em 22 ago. 2019.

3.1.2 Vazios urbanos como espaços de potencial bioclimático

A expressão *vazios urbanos* aparece na literatura com frequência, representando os terrenos ociosos que se multiplicam na malha urbana. Não cabe, restringi-los à

situação de não ocupação ou não utilização de um lote, pois esses espaços admitem situações diversas. As várias circunstâncias em que existem vazios urbanos são descritas por Beltrame:

Expressando sua multiplicidade de significados, os vazios urbanos abrangem desde a inexistência de construção, à não ocupação, à desocupação, à decadência, ao não uso e ao subaproveitamento dos espaços, sejam eles terrenos ou edificações considerados como urbanos.”(2013, p. 115).

Nesse contexto, percebe-se que a situação dos imóveis urbanos, sejam eles não edificadas, subutilizados ou não utilizados, é consequência, muitas vezes, da especulação imobiliária. Existem áreas da cidade com valorizações diferenciadas, ocasionando um movimento especulatório, quando alguns imóveis ficam à espera de valorização, aguardando, por exemplo, investimentos do Poder Público em infraestrutura na referida área. Dessa maneira, esses terrenos contribuem para o crescimento exacerbado do perímetro urbano, alimentando a segregação socioespacial da cidade, à medida que a população menos favorecida economicamente passa a ocupar as regiões periféricas (ROLNICK, 1995).

Com efeito, na cidade de Fortaleza, levando-se em consideração o diagnóstico do “Fortaleza 2040”, constatam-se cerca de 2072 vazios urbanos na cidade, totalizando uma área aproximada de 38.956.257m². Em um município com 314.492.556m², com área urbana de 246.303.579m², percebe-se que aproximadamente 16% dessa área total são representados por vazios urbanos (FORTALEZA, 2018). O alvo desta pesquisa encontra-se, contudo, na porção consolidada, precisamente, a área que não pode receber grandes intervenções para aumento da área verde. Portanto, esses imóveis urbanos, sejam eles não utilizados, subutilizados ou não edificadas, representam algum potencial bioclimático nas áreas urbanas consolidadas, possibilitando a implementação de estratégias de desenho urbano, gerando o aumento da área verde. Apesar dos instrumentos propostos pelo Estatuto da Cidade (EC) como meio de controlar a especulação imobiliária, estimular a função social da propriedade e melhorar a condição ambiental, a legislação não é aplicada de modo eficiente e ainda existem imóveis nesta situação, mesmo nas áreas mais adensadas da cidade.

3.2 Estratégias de desenho urbano para áreas urbanas consolidadas

O contexto de desequilíbrio ambiental em que a cidade está inserida instiga esta dissertação a analisar estratégias urbanísticas capazes de contribuir na redução dos impactos ambientais sobre o espaço urbano, com suporte no aumento da área verde. Nesse sentido, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre algumas dessas estratégias utilizadas no âmbito nacional e internacional, que oferecem potencialidades para amenizar o desequilíbrio ambiental em áreas urbanas consolidadas, que não oferecem grandes espaços livres para intervenções.

Muitas estratégias aplicadas no espaço urbano, principalmente desde o ano de 2010, são denominadas de urbanismo tático. Por tal pretexto, será desenvolvida adiante breve reflexão sobre essa prática. Em seguida, serão analisadas opções de desenho urbano: *pocket parks*, *parklets*, agricultura urbana, paredes verdes, jardins de chuva, canteiros pluviais e arborização urbana, a fim de verificar a viabilidade dessas estratégias para a cidade de Fortaleza.

3.2.1 *Pocket parks* e *parklets* para a inserção de áreas verdes no espaço urbano

Sob a chancela de urbanismo tático, diversas intervenções urbanas são aplicadas nos espaços públicos nacionais e internacionais. Precisamente, com início em 2010, Mike Lydon e seus colaboradores passaram a defender essa prática urbana, onde uma ação a curto prazo enseja uma mudança a longo prazo. Para Lydon (2012), as intervenções na pequena escala assumem um papel de grande destaque, admitindo que a participação pública na formulação de melhorias para a cidade aumenta as chances de a mudança se tornar efetiva. Ele considera que as intervenções em grande escala demandam muito tempo, além de amplos recursos políticos, sociais e fiscais e, ainda, não oferecem a garantia de alcançar benefício social e econômico, nem mesmo no futuro distante. “Assim o urbanismo tático é mais eficaz quando usado em conjunto com os esforços de planejamento a longo prazo que casam com a urgência da ação instantânea com a sabedoria do investimento a longo prazo.” (LYDON, 2012, p. 8).

Apesar do caráter inovador que o urbanismo tático propõe, Lydon (2012) assevera que algumas ações antigas possuíam em sua essência características similares às

táticas urbanas contemporâneas, quando provocavam na cidade uma mudança de uso e comportamento com reivindicações do tipo *bottom up*, onde a população obriga o Estado a atender seus interesses. O caráter democrático que o movimento assume, porém, recebe diversas críticas, alegando contradições em seu discurso, como apontam Nogueira e Portinari (2016). Esses autores consideram simplista admitir que manifestações de apenas alguns representantes da sociedade civil de fato, representem a opinião de toda uma comunidade. E, ainda, consideram negativa a oposição completa que a sociedade adota em relação ao Estado, à medida que o desresponsabiliza de muitas de suas competências, permitindo a ele adotar, cada vez mais, uma atitude passiva e confortável em decorrência da implementação de estratégias urbanas pela própria comunidade.

Ao caráter dessas reivindicações, entretanto, não cabe destaque nesta dissertação, não importando se são manifestações populares, do Poder Público ou parceria público-privada. Necessário, entretanto, é ressaltar as melhorias reais que o urbanismo considerado utópico por alguns promove, atuando simultaneamente em diversos pontos do complexo organismo que é a cidade, principalmente quando propõe intervenções de caráter permanente para o espaço urbano. As táticas urbanas, bem como as estratégias bioclimáticas de desenho urbano selecionadas nesta dissertação, decerto, agem em paralelo à ação do Estado, propondo estratégias de curto prazo, aliadas às de longo tempo, permitindo a efetivação de modo permanente de muitas intervenções. *Pocket parks* e *parklets* são algumas das táticas mencionadas a seguir, utilizadas como estratégias de desenho urbano e propostas no urbanismo tático, que admitem caráter permanente, permitindo analisar se tais intervenções expressam potencial para proporcionar efetivas melhorias ambientais, no tocante às áreas verdes em áreas urbanas consolidadas.

Nessas áreas urbanas consolidadas, os vazios surgem como locais propícios para o desenvolvimento de espaços livres públicos, contribuindo para uma cidade mais democrática. É nessa situação, em que a cidade aparece como local de encontro, e seus espaços são utilizados pela população em diversas atividades, que surge o *pocket park*, a possível alternativa de uso e, ainda, melhoria ambiental para um espaço sem vida (GEHL, 2015). A expressão *pocket park* há que ser substituída pelas expressões *mini-park*, *vesty park* ou *vest-pocket park*, consistentes em um

parque de tamanho compacto e de livre acesso à população. Ocupam vazios urbanos de caráter privado ou público e assumem diversas tipologias, em relação ao uso, tais como: áreas de contemplação, lazer, atividades físicas e infantis. Segundo Maluf e Gonçalves (2015), após análise de exemplos de *pocket parks*, os princípios que norteiam a implantação desses equipamentos ficaram definidos como sendo: acolhimento, área sombreada, subsistência, área de permanência e microclima. Esses pequenos parques oferecem brechas em áreas densamente urbanizadas, gerando áreas verdes públicas de qualidade.

Principalmente nas áreas urbanas consolidadas, os miniparques ou “parques de bolso”, como a tradução literal para o português sugere, são estratégias de desenho urbano implementadas em lotes urbanos compactos e sem uso, o que facilita a instalação e a execução, reduzindo, assim, o custo do investimento. Grandes áreas ou parques para aumentar a área verde da cidade não são opções razoáveis para os centros urbanos. Nesse sentido, o primeiro *pocket park*, *Pailley Park*, conforme mostra a figura 2, surgiu na cidade de Nova Iorque há cerca de quarenta anos, criado por Thomas Hoving, cujo objetivo era propor áreas livres e compactas para aquela metrópole (PEREIRA, 2017). As áreas urbanas consolidadas, ante o adensamento urbano que lhe é característico, são espaços que oferecem possibilidades para implementar esses pequenos parques, uma vez que os grandes parques urbanos se tornam inviáveis.

Figura 6: Pailley Park, Nova Iorque.



Fonte: parks-novo-e-compacto-modelo-aos-espacos-publicos. Acesso em: 05 maio 2018.

Figura 7: Pracinha da Oscar Freire.



Fonte: <https://www.zoom.arq.br/pracinha-oscar>. Acesso em: 18 abr. 2018.

Desse modo, segundo Pereira (2017), os *pocket parks* são “[...] novos e alternativos espaços às cidades brasileiras”. No Brasil, o primeiro *pocket park* implantado foi a Praça da Amauri, em São Paulo, projetada por Isay Weinfeld no ano de 2002. Outro exemplo de sucesso nacional é a Pracinha da Oscar Freire (figura 3), projetada pelo escritório Zoom Urbanismo Arquitetura e Design, que propõe uma praça temporária, enquanto o terreno particular não é utilizado para a construção de um empreendimento imobiliário. (ZOOM, 2018)

Figura 8: Praça Canuto 1000, vista geral



Fonte: <https://www.motamachado.com.br/praca-canuto1000>. Ace.sso em 14 dez. 2018.

Figura 9: Áreas livres e de convivência, Praça Canuto 1000



Fonte: <https://destakeventos.com/inauguracao-praca-canuto-1000-mota-machado/>. Acesso 05 mai. 2020.

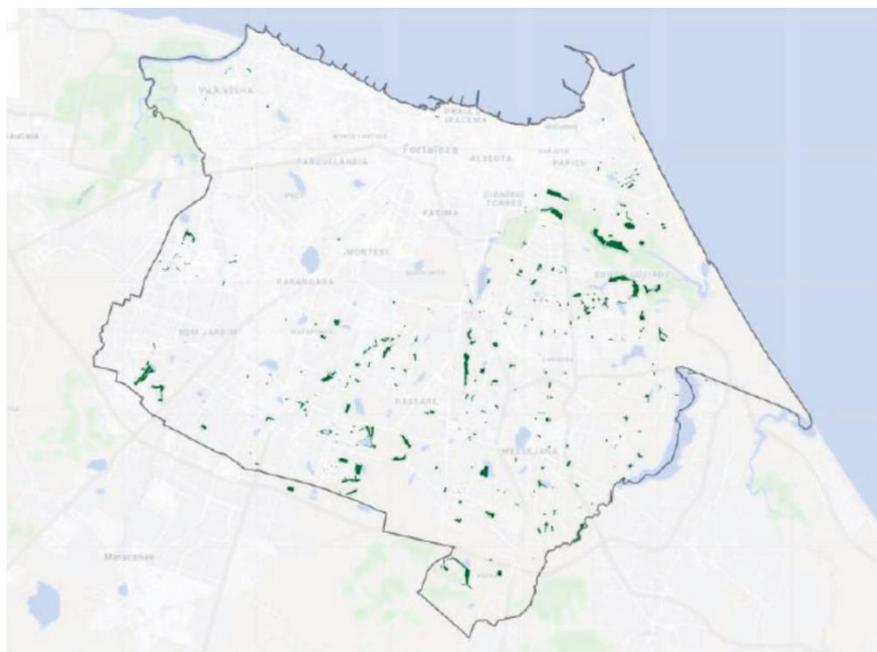
A existência de *pocket parks* na cidade de Fortaleza ainda não é algo frequente. Um espaço, porém, foi inaugurado em março de 2018, representando esse tipo de equipamento, a Praça Canuto 1000 (FIGURA 8), situada no Meireles, bairro nobre. O equipamento, apesar de não ser compacto, mede 2.440m², é dotado de *playground*, bicicletário, espaço para *food trucks*, palco permanente e *wi-fi*. (FIGURA 9) A Praça Canuto 1000, desativada nos dias atuais, foi fruto da iniciativa de uma construtora local, cuja intervenção propôs uso público temporário para um terreno particular que representava apenas mais um vazio urbano à espera de investimento.

Tratando-se de uma iniciativa privada, percebe-se que o equipamento admite usos diferenciados quando comparado às praças públicas de um modo geral. Estava cercado por gradis, controlando entradas e saídas dos usuários e determinando horários de funcionamento. Malgrado algumas particularidades, no entanto, essa

estratégia de desenho urbano denota aspectos positivos ao oferecer uso e áreas verdes à cidade, entretanto o caráter temporário da proposta estimularia a permanência, acarretando melhorias ambientais e de qualidade de vida da população de modo mais efetivo.

A Prefeitura de Fortaleza, recentemente, propôs a utilização dos *pocket parks* por meio do programa de arborização intitulado *Fortaleza Mais Verde*, como meio de aumentar a cobertura vegetal (FORTALEZA, 2020). Essa proposta prioriza a porção mais periférica da cidade, dotada de um maior número de vazios urbanos, como aponta a figura 10. A área destacada em verde representa os 300 microparques, assim denominados, onde a Prefeitura pretende implementá-los, ampliando a cobertura vegetal em 400 hectares. Na verdade, esses microparques não se mostram compactos, uma vez que o ganho de cobertura vegetal estimado é vultoso. Em relação aos *pocket parks* mencionados neste referencial teórico, se caracterizam pelas dimensões reduzidas, peculiaridade que torna a estratégia adequada à porção densamente ocupada da cidade.

Figura 10: Micro Parques propostos pelo programa Fortaleza Mais Verde



Fonte: Prefeitura de Fortaleza. Acesso em 05 ago. 2020.

Outra estratégia que merece destaque é configurada nos *parklets*, opções para ampliar o passeio, com a instalação de plataforma móvel sobre o que seria uma

vaga de automóvel à extensão da via pública. Esses equipamentos, pela legislação possuem caráter temporário e oferecem função recreativa ou manifestações artísticas. O primeiro *parklet* foi instalado na cidade de São Francisco – Califórnia - EUA, reforçando o valor do espaço público para o pedestre. No Brasil, o primeiro *parklet* surgiu na cidade de São Paulo, no ano de 2013, em caráter experimental, por apenas quatro dias. A cidade de Fortaleza regulamentou essa prática, por intermédio do Manual de Implantação, cuja lei foi aprovada no ano de 2015. Isso ocorreu após experiência de sucesso com o *parklet* instalado na Avenida Beira-Mar, como mostram as figuras 5 e 6, trazendo uma nova opção de uso do espaço para o pedestre. A justificativa para utilizar os *parklets* é incentivar o uso dos espaços públicos, mediante a criação de áreas de lazer temporárias por dois anos, prorrogáveis por mais dois. Além disso, eles se integram ao sistema de áreas verdes e espaços ao ar livre da cidade. A regulamentação desses equipamentos propõe critérios de implantação, orientando a localização adequada nas vias, diretrizes para projeto e construção do *parklet*. As figuras 11 e 12 exibem um exemplo de estrutura, atualmente vedada no manual, não sendo permitida a utilização de coberturas, pergolados ou estruturas que se projetem sobre o *parklet* (FORTALEZA, 2015).

Figuras 11 e 12: Parklet instalado experimentalmente, antes da regulamentação, na Avenida Beira-Mar



Fonte: <https://www20.opovo.com.br/app/revistas/social/2016/12/20/notrsocial,3675719/estruturas-em-madeirageram-interacao-em-espacos-da-cidade.shtml> Acesso em 12 out. 2019.



<https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/parklet-da-beira-mar-promove-atividades-em-janeiro-com-arte-e-cinema>. Acesso em 14 dez. 2018.

Diante do exposto, percebe-se que os *pocket parks* e os *parklets* são estratégias de desenho urbano para utilização nas cidades, principalmente nas áreas urbanas consolidadas, como é o caso de Fortaleza, contribuindo significativamente por meio de ações isoladas em áreas urbanas consolidadas, na esfera do microplanejamento urbano. Dessa maneira, essas estratégias contribuem para uma distribuição mais equitativa da vegetação na cidade, aumentando áreas permeáveis e melhorando o microclima, além de, no caso dos *pocket parks*, aumentar as áreas livres, permitindo a ocupação dos vazios urbanos que, apesar de escassos, ainda existem na cidade. Ambas as estratégias, contudo, no intuito de proporcionar benefícios mais duradouros para a cidade, deveriam ser implementadas de modo permanente.

3.2.2 Agricultura urbana

Uma estratégia de desenho urbano para ocupação dos vazios urbanos em áreas urbanas consolidadas, seria introduzir a agricultura urbana nos espaços ociosos, proporcionando melhoria na qualidade ambiental das cidades, aumentando, ainda, a área verde. Rosa (2011) faz uma reflexão a respeito das distintas estratégias urbanas adotadas em alguns projetos realizados na cidade de São Paulo. A agricultura urbana, como estratégia, permite uma grande variedade de locais para ser implementada, facilitando sua viabilização nas áreas consolidadas ao oferecer possibilidades variadas.

A agricultura urbana é praticada em diversos locais, como: residências, quintais, lajes, terraços, telhados, lotes, chácara, sítios, terrenos baldios, laterais de estradas, ruas e por áreas públicas não ocupadas por residências ou outros equipamentos urbanos tradicionais. (FORTALEZA, 2016, p. 5).

No Brasil, ações de agricultura urbana tiveram início em meados dos anos de 1990, sendo atualmente, na esfera municipal, considerada como estratégia pública de desenvolvimento social, ambiental e econômico, integrante do Plano Municipal de Desenvolvimento Integrado, Sustentável e Solidário da Agricultura Urbana. (FORTALEZA, 2016) A Prefeitura de Fortaleza instituiu em junho de 2016 o projeto

Hortas Sociais, que propõe a inclusão de milhares de idosos, por meio da agricultura urbana, no Conjunto Ceará (FIGURA 13).

O setor privado, na cidade de Fortaleza, utiliza a agricultura urbana de modo temporário, como é o caso da Praça do Bem Melodia (FIGURA 14), no bairro Cocó. O projeto *Ser do Bem*, desenvolvido pela empresa C. Rolim Engenharia, propôs, em parceria com a empresa Muda Meu Mundo, a primeira horta urbana compartilhada, inaugurada em janeiro de 2018. É um espaço cercado por grades e com horário de funcionamento, mas capaz de trazer a comunidade para os espaços livres, incentivando o cultivo de plantas em um terreno que antes estava sem uso, aguardando o empreendimento imobiliário que ali seria erguido. Dessa maneira, a empresa confere uso ao espaço, antes de começar as atividades de construção de um empreendimento imobiliário (PRIMEIRA, 2018).

Figura 13: Horta social na cidade de Fortaleza.



Fonte: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/hortas-sociais-da-prefeitura-de-fortaleza-beneficiam-mais-de-3-mil-idosos-e-incentivam-agricultura-urbana>. Acesso em 20 out. 2019.

Figura 14: Praça do Bem Melodia



Fonte: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/metro/online/primeira-horta-urbana-e-compartilhada-em-praca-e-inaugurada-em-fortaleza-1.1886513> Acesso em 16 dez. 2018.

Assim, utilizar a terra urbana para o cultivo consiste em estratégia aparentemente contemporânea que estimula a produção de alimentos livres de agrotóxicos e hábitos de vida mais saudáveis. A agricultura urbana, entretanto, já era vista como alternativa há muitos anos. Hough (1998, p. 212) já considerava a capacidade produtiva da terra urbana, “Parece bastante claro que as cidades tenham um significativo potencial para a agricultura de pequena escala, através da qual se pode construir um meio ambiente urbano mais rico e produtivo.” A figura 13 ilustra uma experiência na cidade de Fortaleza, onde hortas sociais incentivam mais de 3000

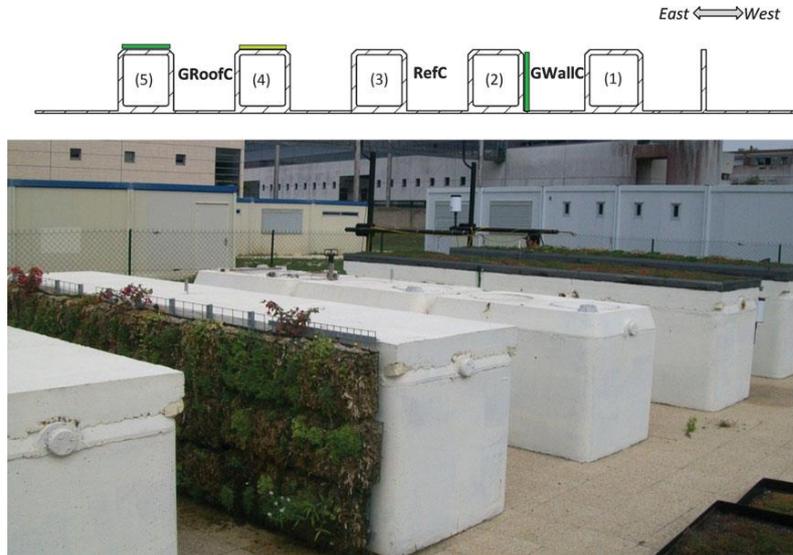
idosos em região periférica da cidade. Nessas áreas, ainda há vazios urbanos que se harmonizam à implementação dessa estratégia, como prevê o Eixo 5 da agricultura urbana.

Em contrapartida, em áreas urbanas consolidadas, utilizar os lotes ociosos para implementar agricultura urbana conforma-se alternativa viável que, além de trazer benefícios com o aumento de área verde, estimula a produção de alimentos livres de pesticidas, gerando uma atividade de trabalho e possível renda para uma parcela da população. Com amparo nas considerações de Hough (1998) sobre agricultura urbana, visualizam-se os mercados agrícolas, inclusive como um jeito de revitalizar os centros urbanos. Vale ressaltar o fato de que, na ausência de espaços livres, ainda se usufrui das variadas maneiras de praticar a agricultura urbana para viabilizá-la, inclusive aproveitando espaços de praças, *pocket parks* e ruas para sugerir o plantio de culturas frutíferas, plantas ou árvores frutíferas, a fim de compor o paisagismo produtivo.

3.2.3 Paredes Verdes

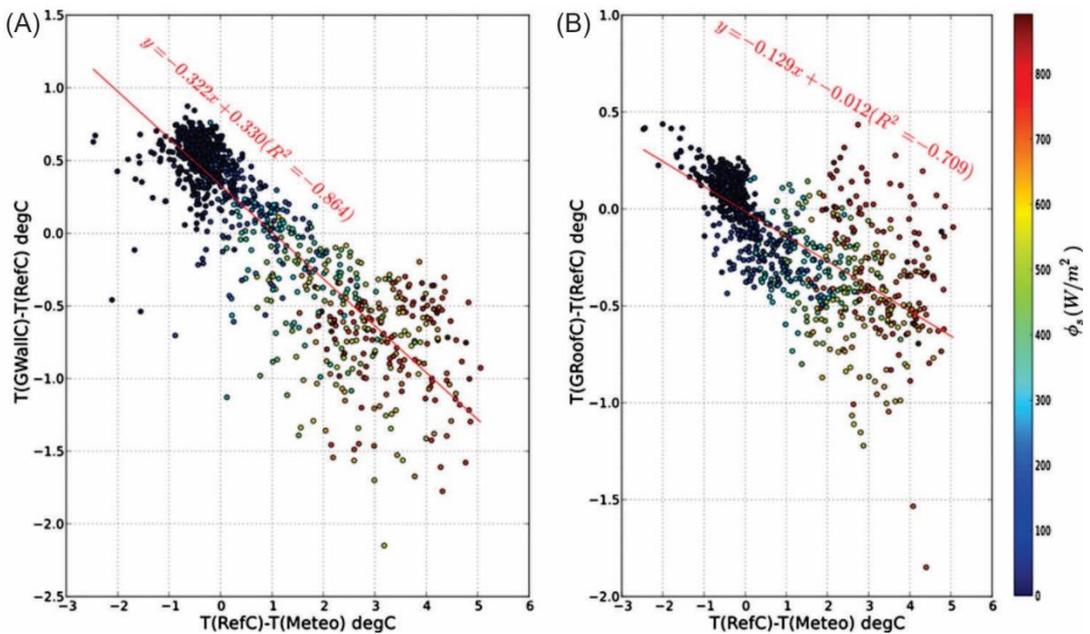
Como meio de aprimorar as possibilidades de aumento da área verde nas áreas urbanas consolidadas, as paredes verdes oferecem alternativa dotada de potencial para a melhoria do microclima urbano do entorno, diminuindo os efeitos da ilha de calor urbana, como mostram os experimentos realizados na Universidade de La Rochelle, na França, mostrados na figura 15 (DJEDJIG; BONZONNET; BELARBIR, 2006) O teto-jardim, também, é mencionado nesses estudos, como eficiente para melhorar o conforto térmico. Esse efeito, no entanto, é mais expressivo para o interior das edificações. A figura 16 expressa a comparação entre o potencial de mitigação do microclima entre a parede verde e o teto-jardim, analisando o impacto térmico que as edificações vegetadas produzem no espaço urbano. As paredes verdes são consideradas mais eficazes para promover melhorias no nível da escala humana e, conseqüentemente, no microclima urbano.

Figura 15 : Plataforma para experimentos com paredes verdes e tetos jardins



Fonte: Djedjig, Bonzonnet, Belarbir (2006)

Figura 16: Potencial de mitigação do microclima da parede verde (A) e do teto jardim (B)



Fonte: Djedjig, Bonzonnet, Belarbir, 2006

Essa estratégia é propícia às áreas urbanas densamente ocupadas, onde se torna difícil propor grandes intervenções a fim de aumentar a área verde. A figura 17 exhibe uma edificação verticalizada com uma grande parede verde aplicada na cidade de São Paulo, no entorno do viaduto mais conhecido como Minhocão.

Figura 17: Parede Verde no Edifício Bonfim em São Paulo



Fonte: <https://conapa.com.br/jardins-verticais-no-minhocao>. Acesso em 12 out. 2019.

Figura 18: Pavimento térreo de edifício Comercial em Bangcoc- Tailândia



Fonte: <http://www.2030palette.org/vegetative-cooling/> Acesso em 12 out. 2019.

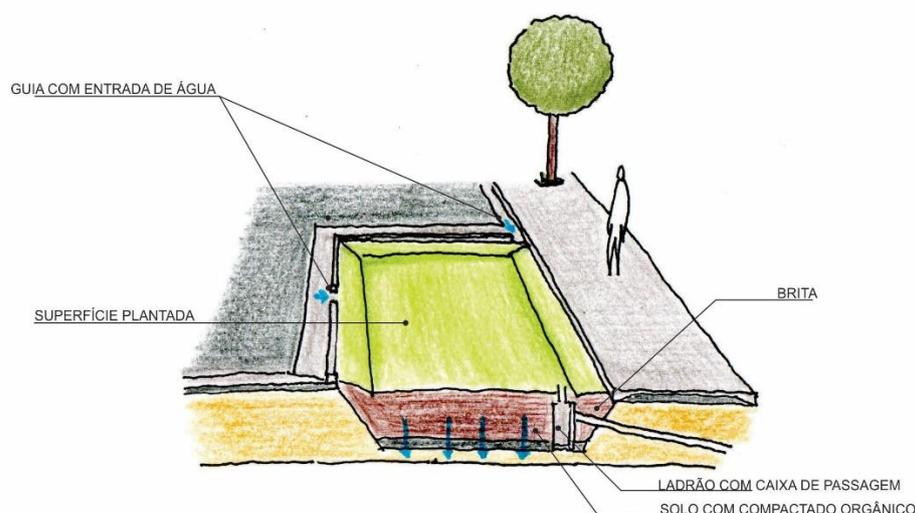
Outra proposta de parede verde em área consolidada, no âmbito internacional, é o edifício Met, situado em Bangcoc. Essa edificação, erguida em local de clima tropical, aproveita a condição climática predominante e orienta o partido arquitetônico, dispensando o uso do modelo importado dos países de clima temperado (FIGURA 18). Nesse caso, o térreo da edificação possui área verde distribuída à extensão da fachada, privilegiando as áreas mais próximas da rua, influenciando positivamente no microclima urbano do entorno (ARCHDAILY, 2013).

Portanto, com esteio nas pesquisas desenvolvidas por Djedjig, Bonzonnet e Belarbir (2013), que estuda os efeitos ocasionados pela vegetação nas cidades, observam-se a diminuição da temperatura do ar e o aumento da umidade do ar que as paredes jardins provocam no microclima urbano. Esses autores demonstram como resultado a redução de um terço do superaquecimento do *canyon* da rua, confirmando a possibilidade de que paredes verdes aplicadas em fachadas cegas ou muros em áreas urbanas consolidadas, como na cidade de Fortaleza, são passíveis de oferecer resultados significativos, melhorando o conforto térmico do entorno.

3.2.4 Jardins de chuva e canteiros pluviais, infraestrutura verde na pequena escala

Alternativa para inserção de áreas verdes está conformada nos jardins de chuva e canteiros pluviais, exemplos de infraestrutura verde, expressão que, segundo Bonzi (2017), surgiu em 1994, defendendo os sistemas naturais, substituindo a tradicional infraestrutura cinza. “A infraestrutura verde é, a um só tempo, um conceito de configuração espacial (rede de áreas verdes interconectadas) e a designação de um processo (planejamento sistemático e estratégico para conciliar conservação da natureza e solo).” (BONZI, 2017, p. 16). Vale destacar neste referencial teórico os integrantes dessa infraestrutura verde, considerados de pequena escala, como jardins de chuva e canteiros pluviais, que se adaptam perfeitamente à infraestrutura urbana já implantada, bem como a áreas urbanas consolidadas, influenciando positivamente na qualidade ambiental dessas áreas (CORIMER e PELLEGRINO, 2008; BONZI, 2017). Na perspectiva de Cormier e Pellegrino (2008, p.128), os jardins de chuva são definidos como “[...] depressões topográficas, existentes ou reafeiçoadas especialmente para receberem o escoamento da água pluvial proveniente de telhados e demais áreas impermeabilizadas limítrofes.” A figura 19 mostra um croqui esquemático do jardim de chuva e o modo como ocorre a absorção da água pluvial e seu escoamento através do ladrão com caixa de passagem.

Figura 19 : Croqui esquemático de um jardim de chuva



Fonte: Adaptado pela autora, com base em esquema de Nathaniel Cormier, (CORMIER; PELLEGRINO, 2008)

O canteiro pluvial constitui um jardim de chuva de tamanho reduzido, funcionando com extravasador, ou dependente apenas da evaporação, evapotranspiração e transbordamento; adequa-se facilmente a áreas densamente construídas (CORMIER E PELLEGRINO 2008).

A universidade de Columbia, em Nova Iorque, desenvolve experiências, instalando jardins de chuva e canteiros pluviais em um bairro da cidade, conforme registrado nas figuras 20 e 21. O jardim de chuva registrado na figura 20 (A) ocupa uma parte do leito carroçável da via e o detalhe ampliado na figura 20 (B) mostra a guia com entrada para a água e filtragem das impurezas trazidas pela água pluvial. A figura 21 mostra um exemplo de canteiro pluvial em experiência na cidade de Nova Iorque, onde ocupa parte do passeio e recebe o escoamento superficial entre a rua e a calçada; ainda na figura 21, o detalhe da área que recebe água pluvial.

Figura 20 : Registros de Jardins de Chuva (A) Imagem geral (B) Guia com entrada de água e área para filtragem das impurezas

(A)



(B)



Fonte: Registro feito pessoalmente, 18 jun. 2019.

Figura 21 : Registros de Canteiros Pluviais experimentais na cidade de Nova Iorque



Fonte: Registro procedido pessoalmente, 18 jun. 2019.

3.2.6 Arborização urbana

A arborização urbana, para Spirn (1995), representa a estratégia de maior investimento nas cidades, porquanto

Elas influenciam o clima, a qualidade do ar e a aparência dos lugares onde as pessoas vivem e trabalham. O passeio foi por muito tempo uma recreação urbana apreciada, e ruas margeadas por árvores serviram a esse propósito por, no mínimo, quatro séculos, senão mais.

(P. 207).

Além da relação que se estabelece entre a árvore e o meio urbano onde está inserida, ela traz influxo significativo na qualidade ambiental urbana, gerando sombra, absorvendo a radiação solar, aumentando a umidade, com base na evapotranspiração, produzindo oxigênio, absorvendo gás carbônico, mantendo a umidade do solo, dentre outras vantagens (ROMERO, 2000).

Nesse contexto, a arborização pode ser considerada como uma das principais estratégias capazes de mitigar o aquecimento nos grandes centros urbanos, como acentua Stone (2012 *apud* SHINZATO; DUARTE, 2018). A influência da vegetação no clima urbano é apontada por diversos autores (ROMERO 2000), (ADLER; TANNER, 2015), (SHINZATO; DUARTE, 2018), (SPIRN, 1995) sendo consenso,

também, entre eles, a consequência que a urbanização provoca no clima urbano. Portanto, o plantio de árvores é deveras importante e representa estratégia de desenho urbano, geradora de influxo reduzido em áreas urbanas consolidadas.

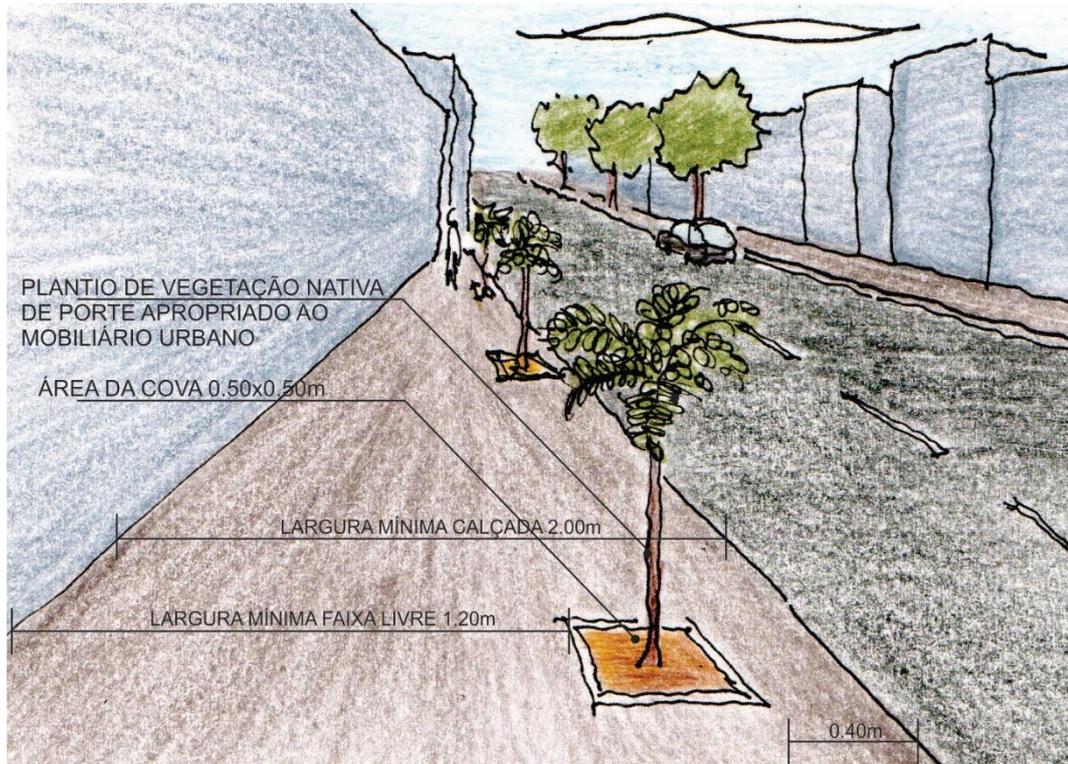
Com o objetivo de aumentar a cobertura vegetal da cidade, a Prefeitura de Fortaleza, em maio de 2014, lançou o *Plano de Arborização*, criado pelo Poder Público Municipal para promover a arborização de modo ordenado na Capital do Ceará. Vários órgãos da Prefeitura se responsabilizam pelo planejamento, execução e manutenção da área verde da cidade, por via de seis projetos, dentre eles a *Árvore na minha calçada* (FORTALEZA, 2019). A Prefeitura, no ano de 2014, afirma ter plantado ou doado cerca de 90 mil árvores para a cidade, todavia, apesar de haver o planejamento, não ficou claro o modo como ocorreu a distribuição dessas árvores (FIGURA 22). No ano de 2015, o *Manual de Arborização Urbana de Fortaleza* foi aprovado para “[..] promover a qualidade técnica e gerencial do plantio, conservação e manutenção da arborização de passeios, canteiros centrais das ruas e avenidas, praças e parques no município de Fortaleza.” (FORTALEZA, 2015) As recomendações do *Manual* auxiliam no planejamento, implantação e manejo de árvores no Município; como mostra o croqui esquemático contendo sugestões de recuo e largura mínima do passeio.

Figura 22: Plantio de árvores ordenado pelo Plano de Arborização de Fortaleza.



Fonte: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/tag/Arboriza%C3%A7%C3%A3o> Acesso em 12 out 2019

Figura 23 : Croqui esquemático das recomendações para plantio de árvores no passeio



Fonte : Elaboração própria, com suporte no *Manual de Arborização* (FORTALEZA, 2020)

Por fim, a arborização urbana se caracteriza como estratégia de alto potencial bioclimático para as áreas urbanas consolidadas, permitindo, mediante inserções orientadas, contribuir na melhoria do microclima, nos diversos pontos da cidade onde venha a ser aplicada. Ampliar a metragem de área verde pela cidade de modo desequilibrado, contudo, certamente, não produzirá melhorias significativas no microclima urbano.

3.3 Análise da relação entre as estratégias bioclimáticas e os instrumentos urbanísticos

As estratégias de desenho urbano, orientadas pelos princípios bioclimáticos mencionadas neste referencial teórico se expressam como possibilidades para melhoria ambiental, precisamente, para a inserção de área verde na porção consolidada da cidade de Fortaleza, reflexo do processo migratório, que estimulou a expansão urbana e social para a periferia, culminando na aglomeração urbana em favelas (ARAÚJO; CARLEIAL, 2001). A malha urbana registra vazios que se tornam escassos, à medida que se aproxima da área central e de espaços considerados

nobres. Em áreas urbanas consolidadas, as intervenções de grande porte, propondo grandes parques urbanos, ocupando vastas áreas livres, se tornam dispendiosas ou, até mesmo, inviáveis, sendo as ações de microplanejamento urbano a alternativa para enfrentar essa realidade de maneira mais adequada.

A cidade de Fortaleza denota área consolidada definida no Plano Diretor pelo zoneamento como ZOC, estabelecendo diversos objetivos em tal artigo 88 no sentido de conter nessa zona o processo de ocupação intensiva do solo (FORTALEZA, 2009) Dentre eles, encontra-se controlar o adensamento construtivo, minimizando os impactos relativos à qualidade da paisagem e do conforto ambiental, bem assim implementar instrumentos de uso e ocupação do solo. Esses objetivos, especificamente, vão ao encontro das estratégias bioclimáticas de desenho urbano já utilizadas em diversos estudos - como *pocket parks*, *parklets*, agricultura urbana, paredes verdes, jardins de chuva, canteiros pluviais e arborização - e contribuem na correção do déficit de área verde, melhorando a qualidade ambiental e o conforto térmico do espaço urbano.

Com vistas a implementar essas estratégias, é imprescindível ressaltar a importância dos instrumentos urbanísticos, uma vez que regulam o planejamento urbano, uso e ocupação do solo. De efeito, a legislação urbana concorre para viabilizar as estratégias bioclimáticas, utilizando as diretrizes do EC, bem como os instrumentos urbanísticos regulamentados no Plano Diretor de Fortaleza de 2009.

Para tanto, uma breve pesquisa sobre a legislação urbana, vigente na cidade de Fortaleza, conduzirá à identificação de possíveis instrumentos urbanísticos com potencial de contribuir para a viabilização das propostas bioclimáticas. A seguir, mostrar-se-á a maneira como cada estratégia de desenho urbano se relaciona com esses instrumentos urbanísticos. Daí, então, se avaliará, qualitativamente, quais desses instrumentos ajudam na viabilização de cada uma das propostas bioclimáticas, verificando se, para isso, é necessária a criação de outros instrumentos urbanísticos.

Ante o exposto, a análise das estratégias de desenho urbano mencionadas permite considerá-las como opções com viabilidade de implementação em áreas urbanas

consolidadas, como na cidade de Fortaleza. Os *pocket parks*, pequenas praças de tamanho reduzido, ocupam os vazios urbanos privados, de modo temporário ou não, devolvendo espaços livres e públicos à cidade (WEISNHOF, 2015). *Parklets* permitem que uma vaga de automóvel no leito carroçável da via seja utilizada conforme a legislação para a instalação de um pequeno espaço livre público, durante dois anos, renovável por mais dois (FORTALEZA, 2015). A utilização da agricultura urbana visa a aproveitar ou reaproveitar de modo eficiente e sustentável os recursos e insumos locais por meio de produção, extrativismo e coleta agrícolas (FORTALEZA, 2016). Em relação às paredes verdes e à arborização, essas são estratégias que, além de aumentar a área verde da cidade, auxiliam na melhoria do microclima urbano (DJEDJIG, BONZONNET e BELARBI, 2015).

Com a finalidade de viabilizar essas estratégias de desenho urbano a partir do microplanejamento da cidade, é fundamental pesquisar os instrumentos urbanísticos que denotem potencial para adequá-las aos princípios bioclimáticos. Exemplo disso é o instrumento expresso no Plano Diretor de Fortaleza, que considera passíveis de parcelamento, edificação ou utilização compulsórias os imóveis não edificados, subutilizados ou não utilizados. Os proprietários desses imóveis deveriam receber notificações, registradas no cartório de registro de imóveis, e teriam que obedecer os prazos descritos na lei para aprovar e executar projeto de parcelamento ou edificação. E, ainda, no caso de descumprimento das obrigações, etapas e prazos estabelecidos, prever-se a aplicação da alíquota progressiva do Imposto Predial Territorial e Urbano (IPTU). Decorrido o prazo de cinco anos, se as obrigações não forem cumpridas, poderá ser aplicada a desapropriação do imóvel (FORTALEZA, 2009). Villaça (2005), entretanto, comenta que nenhum proprietário de imóvel subutilizado, não utilizado ou não edificado havia sido notificado no ano de 2005, quatro anos após aprovação do EC.

Outro possível instrumento urbanístico é a Outorga Onerosa do Direito de Construir (OODC), que contribui para a regulação do mercado e complementa o financiamento urbano, permitindo a construção acima do coeficiente de aproveitamento básico adotado, mediante contrapartida a ser prestada pelo beneficiário (BRASIL, 2001). O Plano Diretor determina a fórmula de cálculo da cobrança, os casos de isenção da outorga e a contrapartida do beneficiário. A lei aponta, ainda, o destino que deve ser

dado aos recursos angariados, permitindo a criação, dentre outros itens, de espaços públicos de lazer e áreas verdes, que compreendem as estratégias em análise (FORTALEZA, 2009).

O Plano Diretor de Fortaleza define outro instrumento urbanístico - a Operação Urbana Consorciada (OUC) - que conforma o

[...] conjunto de intervenções e medidas coordenadas pelo Município, com a participação dos proprietários, moradores, usuários permanentes e investidores privados, com o objetivo de promover a ocupação adequada de áreas específicas de acordo com o cumprimento das funções sociais da cidade e a requalificação do ambiente urbano. (FORTALEZA, 2009, p.87).

A OUC foi criada por lei municipal específica, onde se definem plano, programa, parâmetros e projetos urbanos básicos de uso e ocupação específicos para as áreas de cada OUC (FORTALEZA, 2009). Apesar do aparente potencial que a OUDC - citada anteriormente - e a OUC expressam, é necessário refletir sobre a realidade onde Estado e produção imobiliária desempenham importantes papéis na produção do espaço urbano, compreendendo a síntese do conceito da gestão social da valorização da terra.

[...] a regulação que o poder público deve fazer para recuperar para a coletividade parte da valorização da terra promovida por ações públicas ou privadas- como obras públicas, alterações da norma urbanística (mudança de uso do solo) ou mudanças de classificação do solo- que são absorvidas de forma privada. (SANTORO; CYMABALISTA, 2005, p.14).

Nesse sentido, o EC propõe diretrizes e instrumentos, a fim de permitir a gestão social da valorização da terra. Consoante entende Alfonsin (2001), o EC representa o rompimento da regulação tradicional do direito de propriedade. Essas diretrizes e instrumentos do documento, entretanto, não são aplicados efetivamente, e, apesar de pretenderem corrigir as distorções sociais e espaciais, não consegue conter a especulação imobiliária, expressão definida por Albuquerque (2015) como retenção de uma terra de modo intencional à espera de valorização.

O EC tenta combater essa especulação e atender os interesses da maioria, oferecendo ao Poder Público Municipal, dentre outros, o direito de preempção para adquirir imóvel urbano objeto de alienação onerosa entre particulares, quando necessitar criar espaços públicos de lazer e áreas verdes, dentre outras situações estabelecidas no documento. (BRASIL, 2001) O direito de preempção tem potencial para permitir ao Poder Público implementar todas as estratégias citadas.

Ainda sobre os instrumentos urbanos disponíveis com potencial de viabilizar as estratégias urbanas mencionadas anteriormente, percebe-se que a cidade de Fortaleza já possui, por exemplo, lei municipal, regulamentando a implementação dos *parklets*. A justificativa para utilizar os *parklets* é incentivar o uso dos espaços públicos, mediante a criação de áreas de lazer temporárias, por dois anos, prorrogáveis por mais dois. Além disso, eles se integram ao sistema de áreas verdes e espaços livres da cidade (FORTALEZA, 2015).

As áreas verdes da cidade de Fortaleza, conquanto estejam comprometidas, contam com algum amparo legal. Nesta pesquisa, vale destacar o *Manual de Arborização Urbana de Fortaleza*, que possui uma finalidade mais técnica no que se refere ao plantio, conservação e manutenção da arborização nas áreas livres públicas do Município. Ainda vale destacar o *Plano Fortaleza 2040*, desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Fortaleza em 2016, que trata da Agricultura Urbana, como política pública, capaz de transformar a cidade (FORTALEZA, 2016).

A identificação dos instrumentos urbanísticos que denotem potencial na viabilização das propostas bioclimáticas permite relacioná-los com cada estratégia de desenho urbano, avaliando qualitativamente a relação ocorrente entre eles, classificando-a como intensa, moderada ou baixa. Essa análise é apenas uma escala estimada que permite visualizar a posição que essas estratégias ocupam diante desses instrumentos urbanos. A relação instrumento e estratégia foi considerada intensa, quando ocorre estreita relação entre eles, permitindo a viabilização com muita clareza. A classificação moderada compreende uma relação que exprime algumas condições, que interferem ou não na viabilidade. Foi considerada baixa a relação que acontece de modo distante, ou até mesmo não contribuindo significativamente para a implementação da proposta.

O quadro 4 dispõe as estratégias e revela que alguns instrumentos possuem intensa relação com as estratégias de desenho urbano dotadas de potencial bioclimático. Por exemplo, a aplicação do IPTU progressivo poderia permitir a dispensa no pagamento da alíquota, mediante a concessão de uso temporário do lote ocioso para implementar um *pocket park* ou agricultura urbana, o que resulta numa relação intensa desse instrumento com essas estratégias. O direito de preempção permite ao Município a prioridade para adquirir os imóveis, a fim de viabilizar todas as estratégias, que se encaixam como áreas verdes ou áreas livres de lazer, gerando uma relação intensa (BRASIL, 2001). Os instrumentos OODC e OUC receberam classificação moderada, pois as estratégias selecionadas, de algum modo, são solicitadas pelo Município por meio de contrapartidas ambientais dotadas de potencial para contribuir no aumento de áreas verdes e, conseqüentemente, na melhoria ambiental do espaço urbano, tentando inserir o conjunto de estratégias bioclimáticas durante essas negociações, resultando em mais benefícios para a coletividade. O quadro 4 contém, ainda, poucas análises consideradas baixas, o que leva a crer que o rol de instrumentos urbanísticos com potencial é, de fato, significativo.

Quadro 4: Análise da relação entre os instrumentos urbanísticos existentes e as estratégias bioclimáticas de desenho urbano.

Estratégias Bioclimáticas	Instrumentos Urbanísticos					
	IPTU progressivo	OODC	OUC	Direito de Preempção	Manual de Arborização	Manual de Implantação dos Parklets
Pocket Park	Intensa	Moderada	Moderada	Intensa	Intensa	Baixa
Parklet	Baixa	Moderada	Moderada	Intensa	Moderada	Intensa
Agricultura Urbana	Intensa	Moderada	Moderada	Intensa	Baixa	Baixa
Parede Verde	Moderada	Moderada	Moderada	Intensa	Baixa	Baixa
Jardim de chuva	Moderada	Moderada	Moderada	Intensa	Baixa	Baixa
Canteiro Pluvial	Moderada	Moderada	Moderada	Intensa	Baixa	Baixa
Arborização	Moderada	Moderada	Moderada	Intensa	Intensa	Moderada

Fonte: Elaboração própria.

Essas estratégias, utilizadas como contrapartidas ambientais devem ser regulamentadas pelo Estado, desde que haja um real comprometimento em implementar as estratégias de desenho urbano, não representando apenas práticas falaciosas, permitindo contribuição valiosa não somente para o espaço urbano, bem como para a qualidade de vida de seus habitantes; todavia, “O mito do discurso competente, supostamente formulado em conhecimentos técnicos científicos, por sua própria ideologia e autoritarismo não soluciona os problemas da cidade.” (ACCIOLY, 2008, p.271). Assim, o rol de instrumentos, apesar de vasto e suficiente para viabilizar a implementação das estratégias bioclimáticas, por si, não as viabiliza. É necessário o envolvimento do Poder Público nesse sentido, para que todos usufruam do potencial a existir na consolidação dos interesses público-privados em prol de uma cidade mais democrática, que não represente exclusivamente os muitos interesses de poucos.

Os instrumentos urbanos, contudo, são desvirtuados, na prática, não permitindo a concretização dos ideais contidos no EC, pois são utilizados, na maioria das vezes, em favor do interesse dos empreendedores imobiliários. A análise da possível relação traçada entre as estratégias de desenho urbano e os instrumentos destacados permitiu visualizar que todas as estratégias são passíveis de implementação, restando o desafio de garantir que esses instrumentos priorizem a coletividade, a cidade. As parcerias público-privadas, certamente, indicam o caminho para a viabilização das propostas, desde que as contrapartidas ambientais exigidas pelo poder público sejam mais generosas com a cidade e com o meio ambiente.

Dado o exposto, os instrumentos urbanísticos disponíveis no EC, *Plano Diretor de Fortaleza, Manual de Arborização*, dentre outros, são viabilizadores das estratégias bioclimáticas de desenho urbano mencionadas, adequadas às áreas urbanas consolidadas, contribuindo na melhoria da qualidade ambiental urbana.

Desse modo, espera-se que *pocket parks*, *parklets*, agricultura urbana, paredes verdes, jardins de chuva, canteiros pluviais e arborização sejam parte do desenho da cidade por meio do microplanejamento urbano, permitindo que a concepção de

uma rede de áreas verdes propicie melhorias ambientais para a cidade como um todo.

Por fim, no que diz respeito aos instrumentos urbanísticos, as estratégias bioclimáticas em áreas urbanas consolidadas serão implementadas com suporte no aparato legal disponível, não havendo a necessidade de instituir legislação específica para sua viabilização.

3.4 Definição de estratégias bioclimáticas de desenho urbano para cidades de clima quente e úmido

A definição de estratégias de desenho urbano adequadas às cidades de clima quente e úmido foi realizada a fim de buscar opções capazes de aumentar a área verde da cidade, integrando essas intervenções ao microplanejamento urbano de áreas urbanas consolidadas. Foram seguidos os princípios do urbanismo bioclimático, levando em consideração diversas condições inerentes à cidade de Fortaleza. Segundo Romero (2000), o desenho dos espaços urbanos deve se adaptar às características do meio, e ainda estar condicionado a elementos como: topografia, ecologia e clima, dentre outros.

Nesse sentido, os princípios bioclimáticos de Romero (2000) para o planejamento urbano de regiões tropicais de clima quente e úmido foram considerados, configurados em localização, ventilação, insolação e morfologia. E, ainda, os critérios de Maluf e Gonçalves (2015) para implantação de um *pocket park* também contribuíram na definição das condicionantes. As autoras utilizaram em sua matriz de critério as seguintes condicionantes: área, clima, orientação geográfica, contiguidade, ponto de interesse, vizinhança imediata e morfologia. Portanto, recorrendo às condicionantes de Romero (2000) e Maluf e Gonçalves (2015), o quadro 2 considera para uma cidade de clima quente e úmido as condicionantes - dimensão, localização, ventilação, orientação geográfica, umidade e morfologia.

Quadro 5- Quadro de condicionantes bioclimáticas para as estratégias de desenho urbano

Estratégias de desenho urbano	Condicionantes Bioclimáticas					
	Dimensão	Localização	Orientação Geográfica	Ventilação	Umidade	Morfologia
Pocket Park	Lote compacto (MALUF e GONÇALVES, 2015) < 0,4ha (HIGUIERAS, 2006)	Lote livre, público ou privado (MALUF e GONÇALVES, 2015)	Evitar áreas voltadas para o poente (ROMERO, 2000)	Locais abertos à ventilação, de preferência altos (ROMERO, 2000)	Evitar espelhos d'água (ROMERO, 2000)	Integrar sistema de áreas livres (MALUF e GONÇALVES, 2015)
Parklet	23m ² (FORTALEZA, 2015)	Leito carroçável da via (FORTALEZA, 2015)	Áreas de sombra (FORTALEZA, 2015)	Locais abertos à ventilação, de preferência altos	Garantir a drenagem das águas pluviais (FORTALEZA, 2015)	Ampliar o passeio (FORTALEZA, 2015)
Agricultura Urbana	Lote compacto, quando área urbana consolidada (FORTALEZA, 2009)	Lote ocioso, público ou privado (FORTALEZA, 2009)	Determina o tipo de vegetação adequada (FORTALEZA, 2009)	Determina o tipo de vegetação adequada (FORTALEZA, 2009)	Garantir a drenagem das águas pluviais (ROMERO, 2000)	Ocupar lotes ociosos (FORTALEZA, 2009)
Parede Verde	Variada, a depender da área disponível	Muros e fachadas cegas (DJEDJIG, BOLZONNET e BELARBI, 2006)	Pode influenciar na escolha das espécies vegetais	Frear a velocidade do vento (HIGUIERAS, 2006)	Aumenta a evapotranspiração (CORMIER e PELLEGRINO, 2008)	Ideal em Áreas urbanas consolidadas, escassez de áreas livres (ROSSETI, et al. 2013)
Jardim de Chuva	Variada, a depender da área disponível (CORMIER e PELLEGRINO, 2008)	Calçadas ou leito carroçável da via (CORMIER e PELLEGRINO, 2008)	Pode influenciar na escolha das espécies vegetais	Frear a velocidade do vento (HIGUIERAS, 2006)	Aumenta a evapotranspiração (CORMIER e PELLEGRINO, 2008)	Permite diversos padrões formais (CORMIER e PELLEGRINO, 2008)
Canteiro Pluvial	Dimensão reduzida, menor que o jardim de chuva (CORMIER e PELLEGRINO, 2008)	Calçadas (CORMIER e PELLEGRINO, 2008)	Pode influenciar na escolha das espécies vegetais	Frear a velocidade do vento (HIGUIERAS, 2006)	Aumenta a evapotranspiração (CORMIER e PELLEGRINO, 2008)	Adequado às áreas urbanas densamente construídas (CORMIER e PELLEGRINO, 2008)
Arborização	Em passeios, 1 a 3 árvores por habitante (HIGUIERAS, 2006) 12m ² , metragem mínima, área verde recomendada pela OMS (FORTALEZA, 2015)	Vias públicas e/ ou áreas livres, áreas privadas de uso público ou não (FORTALEZA, 2015)	Áreas voltadas para o poente, podem ser protegidas (ROMERO, 2000)	Vegetação para favorecer a ventilação (ROMERO, 2000)	Aumenta a evapotranspiração, o que diminui a temperatura (ROMERO, 2000)	Áreas urbanas consolidadas, escassez de áreas livres (ROSSETI, et al. 2013)

Fonte: Elaboração própria.

Essas condicionantes foram analisadas de acordo com cada uma das estratégias de desenho urbano definidas: *pocket park*, *parklet*, agricultura urbana, parede verde, jardim de chuva, canteiro pluvial e arborização. Uma vez que todas essas estratégias já foram alvo de estudos neste referencial teórico, o preenchimento do quadro 2 foi realizado com base em pesquisa bibliográfica em vários autores, manuais e legislação, estando devidamente referenciados.

4 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS EM ÁREAS URBANAS CONSOLIDADAS

A presente pesquisa possui natureza exploratória e visa a propor estratégias bioclimáticas que promovam o incremento de área verde, orientando o desenho urbano em áreas consolidadas. Para tanto, será selecionada na cidade de Fortaleza uma área, objeto de estudo, e escolhidas as estratégias bioclimáticas de desenho urbano definidas no quadro 5, que serão aplicadas na proposta de intervenção que compreende um trecho, pertencente à ZOC. Essas estratégias - representadas por: *pocket parks*, *parklets*, agricultura urbana, parede verde, jardins de chuva, canteiros pluviais e arborização – dão o ensejo de se avaliar a possibilidade de adotá-las com o objetivo de promover um desenho urbano adequado às características bioclimáticas e também à morfologia da cidade de Fortaleza. O complexo sistema de espaços livres da citada Capital, composto por áreas livres e áreas verdes, será palco para essas intervenções.

Os resultados alcançados, em razão da possível utilização das estratégias bioclimáticas de desenho urbano, serão analisados por intermédio da estimativa de cálculo referente ao incremento de áreas verdes que essas intervenções provocam no espaço urbano. Apresenta, por fim, as conclusões parciais obtidas com a aplicação das estratégias e dos resultados alcançados com a proposta para a área selecionada para análise, enfrentando a dificuldade de viabilizar soluções para as áreas urbanas consolidadas, que possuem uma condição de ocupação que inviabiliza a implementação de grandes intervenções.

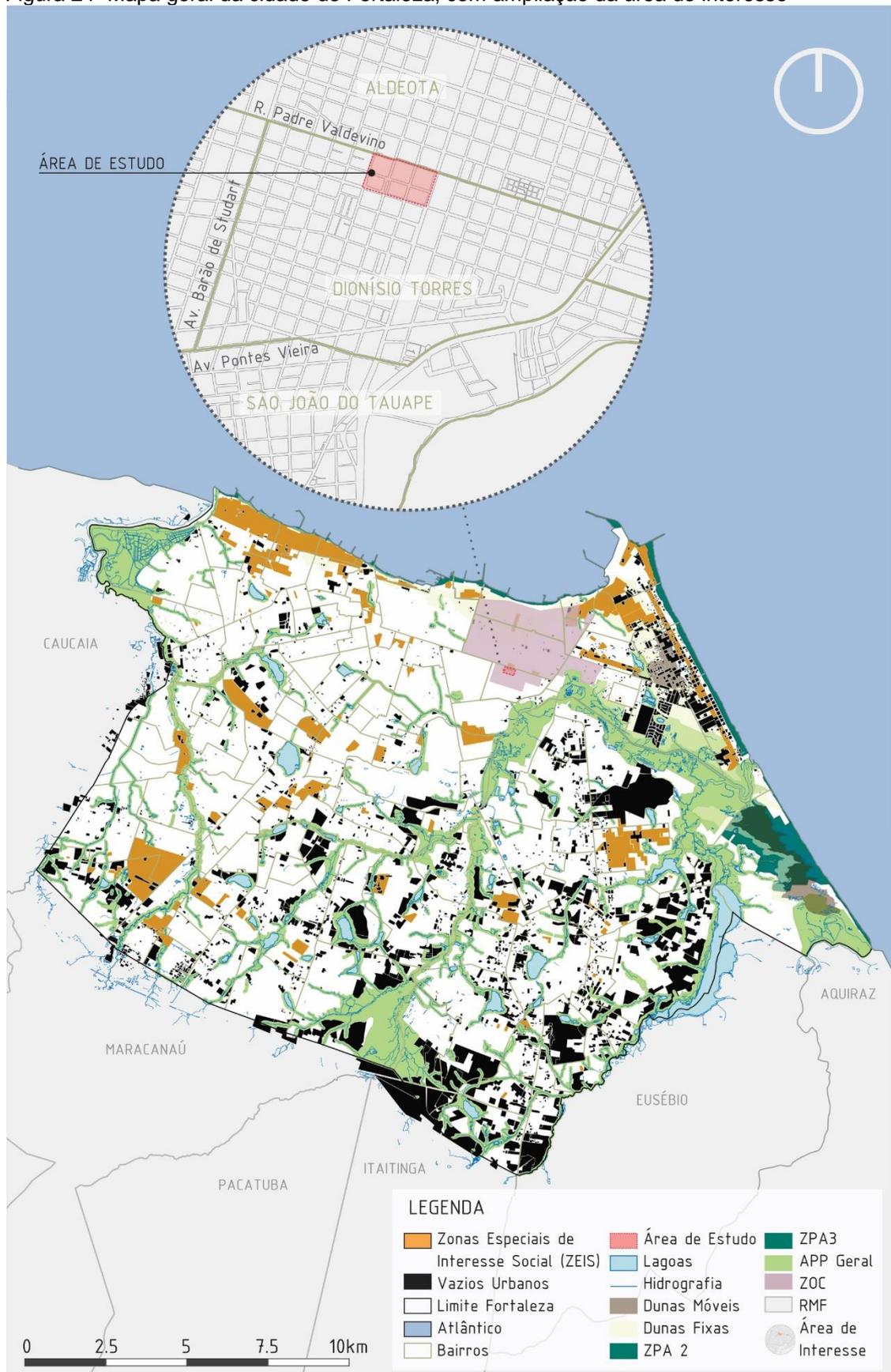
4.1 Proposta de intervenção bioclimática em área urbana consolidada

Como mencionado acima, será elaborada uma proposta de intervenção para um trecho selecionado na cidade de Fortaleza, dotado de área urbana densamente ocupada, onde será sugerida a aplicação das estratégias bioclimáticas expressas anteriormente, que são: *pocket parks*, *parklets*, agricultura urbana, paredes verdes, jardins de chuva, canteiros pluviais e arborização. Para tanto, será, inicialmente, indicada a área, objeto de análise, seguida da caracterização físico-ambiental urbana, aplicando as estratégias bioclimáticas que melhor se harmonizam às condicionantes apontadas.

4.1.1 Seleção da área, objeto de estudo

A cidade de Fortaleza possui clima quente e úmido, classificada pelo Zoneamento Bioclimático como (Z8) Zona . Aí ocorrem pequenas variações de temperatura durante o dia, sendo os dias quentes e úmidos (ABNT, 2003, p. 3). À noite, a temperatura é mais amena e a umidade aumenta. Basicamente, existem somente duas estações bem definidas, sendo elas verão e inverno, e, em virtude da umidade aumentada, a radiação difusa elevada é contida pela grande quantidade de vapor d'água que se acumula nas nuvens, evitando a radiação direta intensa (ROMERO, 2000). A área de interesse desta pesquisa se caracteriza como área urbana consolidada, o que é possível verificar na figura 24, onde a malha urbana exprime a definição no mapa da ZOC. O espaço ampliado no mapa mostra que a área selecionada para análise, localizada no Bairro Dionísio Torres, pertence à zona de ocupação consolidada definida no Plano Diretor vigente (FORTALEZA, 2009). Essa porção mais central, bem como a área mais próxima ao litoral, revelam uma menor quantidade de vazios urbanos, em virtude da especulação imobiliária, que reforça a intensa valorização dos imóveis localizados nessas áreas consideradas como nobres (FIGURA 24).

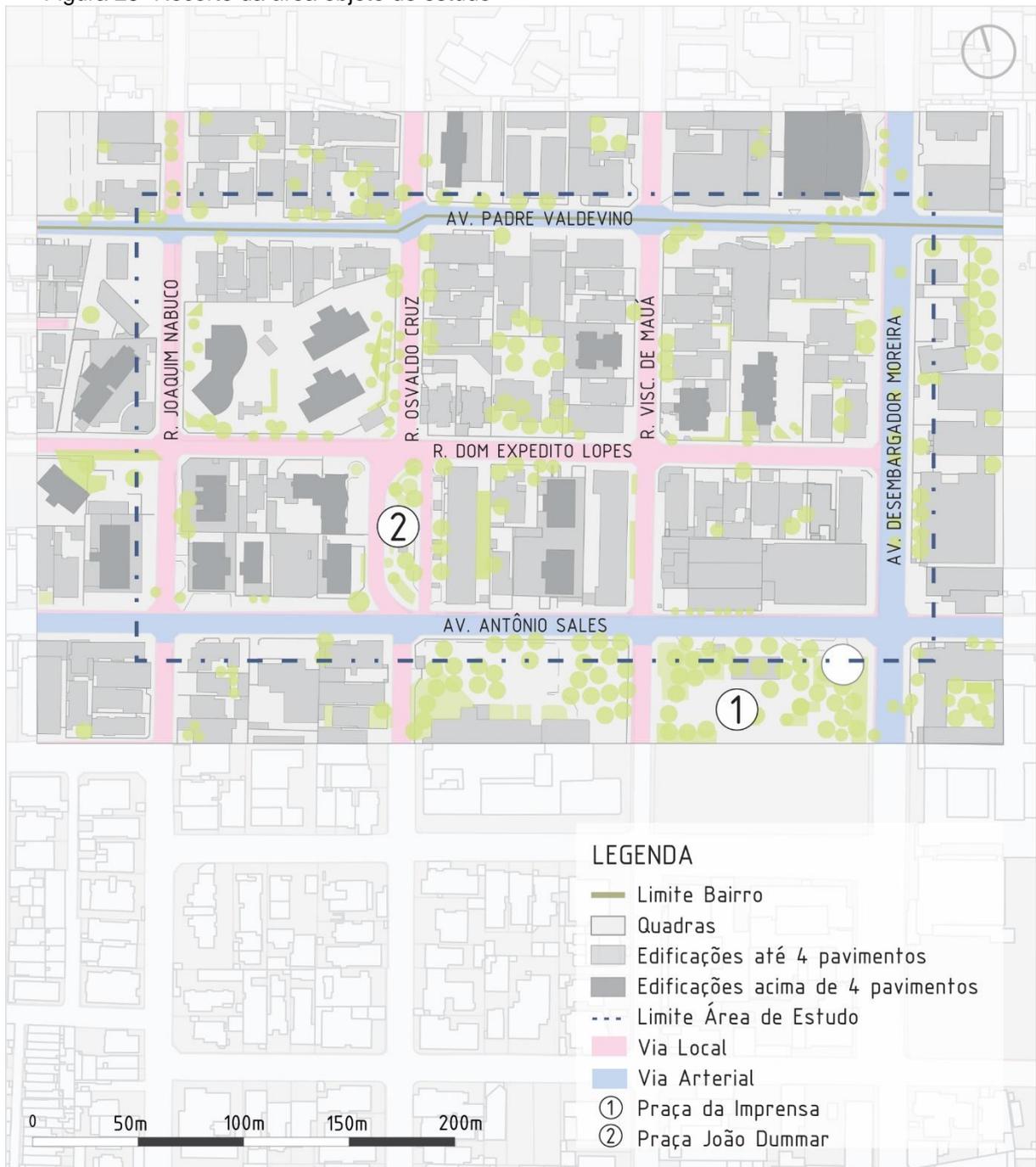
Figura 24- Mapa geral da cidade de Fortaleza, com ampliação da área de interesse



Fonte: <http://mapas.fortaleza.ce.gov.br/#/2018>. Acesso em 16 dez. 2018, adaptado pela autora.

Ante a realidade predominante na cidade de Fortaleza, foi selecionado um trecho que representa a situação que se repete em grande parte da paisagem urbana, ou seja, uma área consolidada, caso que merece ser analisado, porquanto possibilita intervenções restritas no que tange ao desenho urbano, em virtude da densa ocupação dos lotes. A área, objeto de estudo desta dissertação, é formada por um polígono situado no Bairro Dionísio Torres, compreendido entre as Avenidas

Figura 25- Recorte da área objeto de estudo



Fonte: Elaboração própria.

Desembargador Moreira, Antônio Sales, Padre Valdevino e a Rua Joaquim Nabuco, como mostra a figura 25. Trata-se de um bairro predominantemente residencial, segundo levantamento do Fortaleza 2040, contemplado pelo Plano de Arborização de 2014 de modo pouco expressivo (FORTALEZA, 2018). Nos arredores da área de

Figura 26- Praça da Imprensa nos arredores do trecho selecionado.



Fonte: <https://pt.foursquare.com/v/praca-da-imprensa>. Acesso em 12 out. 2019

Figura 27- Verticalização no trecho selecionado.



Fonte: Registro da Autora, 13 abr. 2019

estudo, áreas livres e áreas verdes compõem o espaço urbano, a mais expressiva das quais é a Praça da Imprensa (FIGURA 26), dotada de grande cobertura vegetal, localizada na porção sudeste do trecho. Outra importante área é a Praça João Dummar, que, embora compacta, modifica a paisagem urbana com sua vegetação.

4.1.2 Caracterização físico-ambiental urbana

A caracterização físico-ambiental da área selecionada foi realizada utilizando-se a metodologia adotada por Katzschener (1997), por meio da classificação qualitativa das características espaciais urbanas, considerando a ocupação dos lotes, a distribuição de áreas verdes, o traçado das vias, a orientação geográfica e a ventilação dominante. Para tanto, efetivaram-se visita ao local, levantamento fotográfico e busca de imagens no Google Earth, facilitando desse modo a elaboração do mapa expresso na figura 25. A partir dele, nota-se o polígono demarcado, limite com o bairro Aldeota, através da Avenida Padre Valdevino, que

fica ao norte. A orientação da Rua Dom Expedito Lopes, Avenida Antônio Sales e Avenida Pe. Valdevino encontra-se a favor dos ventos dominantes.

As figura 28 representa um trecho cuja verticalização ocorre de modo equilibrado, sendo as edificações classificadas em edificações com até quatro pavimentos e acima de quatro pavimentos. E, ainda, é possível verificar na figura 27 as edificações residenciais com mais de quatro pavimentos. Quanto ao uso predominante no recorte, trata-se de uma área densamente ocupada por edificações residenciais, comerciais e de uso misto, restando poucas áreas livres ao largo do

Figura 28- Imagens mostram o uso das edificações (A) Edificação de uso misto na Av. Antônio Sales (B) Edificações comerciais, de uso misto e residenciais.



Fonte: Registro fotográfico pessoal. 13 abr. 2019

tecido urbano. A classificação das vias está representada na figura 25 mediante as vias arteriais e coletoras que compõem o traçado viário da área examinada. A caracterização físico-ambiental da área selecionada é visualizada no mapa e nas legendas criadas na figura 29.

Figura 29: Caracterização físico-ambiental da área selecionada

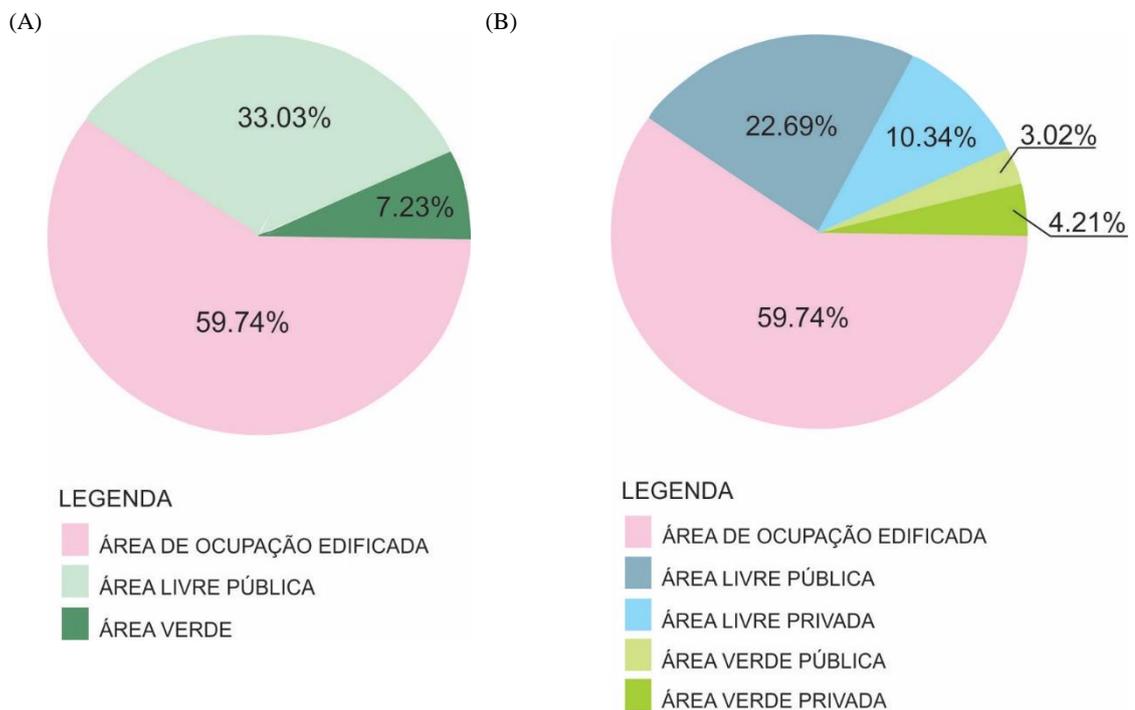


Fonte: Elaboração própria.

Neste experimento, foram consideradas as áreas livres, compostas por espaços livres públicos e privados que, na perspectiva de Queiroga *et al.* (2011) constituem o sistema de espaços livres tão importantes para as cidades. O sistema de espaços livres considera lotes privados, inseridos em áreas particulares ou públicas (MALUF; GONÇALVES, 2015). Essa distinção entre os espaços sobra clara na figura 30, mostrando por meio dos gráficos (A) e (B) que as áreas verdes privadas são

superiores às públicas e que as áreas livres públicas superam as áreas livres privadas, ratificando a densa ocupação do espaço urbano representado pelo percentual de 59,74% de área edificada. As áreas expressas nos gráficos foram estimadas por intermédio do *site* Google Earth, utilizando a ferramenta de dimensionamento em m².

Figura 30 – Ocupação no trecho selecionado. (A) Ocupação e Sistemas de Espaços Livres (B) Ocupação e Sistema de Espaços Livres públicos e privados



Fonte: Elaboração própria.

4.2 Análise de resultados parciais

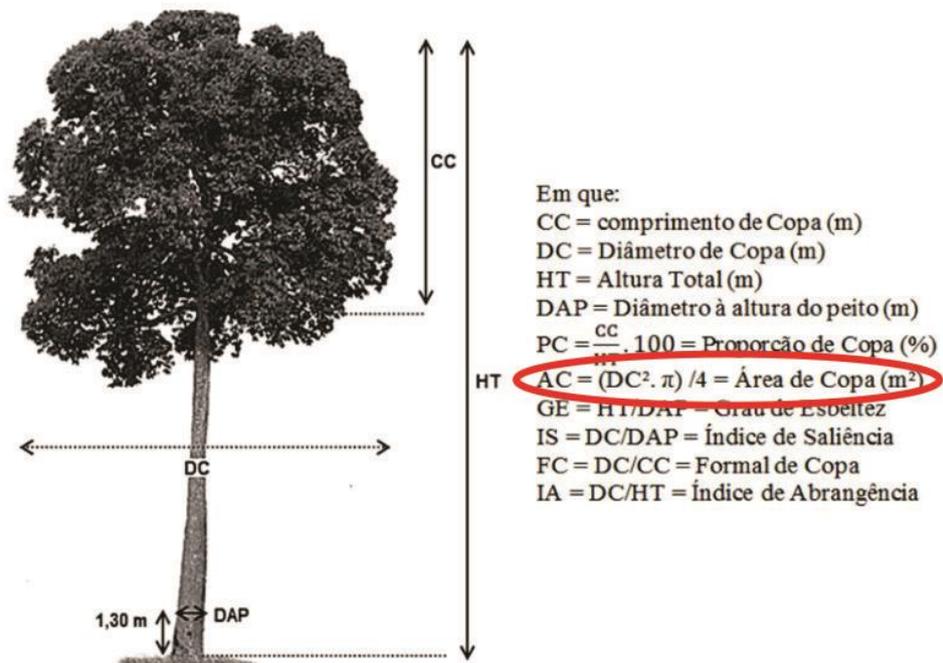
Com amparo no exercício metodológico desenvolvido, sugeriu-se a aplicação das estratégias urbanas definidas e orientadas pelo urbanismo bioclimático, demonstrados no quadro 5. A seguir, serão indicados os resultados obtidos por meio da implementação de *pocket park*, *parklet*, agricultura urbana, paredes verdes, jardins de chuva e arborização ao longo do trecho selecionado nesta dissertação. A fim de permitir a compreensão, a figura 32 oferece um mapa esquemático, ilustrando as estratégias de desenho urbano citadas anteriormente conforme a legenda. Considerando que a rede de áreas verdes e áreas livres deve compor a espinha dorsal de qualquer intervenção, essas propostas têm como objetivo promover

melhorias na qualidade ambiental do espaço urbano, mediante a inserção de áreas verdes na área de estudo (HIGUIERAS, 2006).

Nesse sentido, as intervenções propostas aplicadas no recorte da figura 32 são quantitativamente visualizadas no quadro 6, mais adiante, onde é perceptível o incremento de vegetação alcançado. O cálculo de áreas verdes foi realizado de maneira estimada, considerando a área ocupada pelo diâmetro da copa das árvores – as já existentes e as propostas - somando ainda as áreas de vegetação rasteira e as áreas verticais das paredes verdes sugeridas.

As áreas correspondentes à vegetação rasteira e as paredes verdes foram estimadas utilizando-se o dimensionamento disponível no *site* Google Earth, calculando a área em m². A estimativa da área arborizada, contudo, foi realizada com esteio na Equação 1 proposta por Dionísio *et al.* (2017), que permitiu definir a área de ocupação de cada árvore real, utilizando o diâmetro aproximado da copa das árvores encontradas na imagem de satélite (FIGURA 31).

Figura 31: Cálculo da área da copa da árvore



Fonte: Dionísio *et al* (2017)

Equação1 $AC=(DC^2 \cdot \pi)/4$, onde:

AC é a área de copa [m^2];

DC é o diâmetro da copa [m];

π é a razão entre a circunferência de qualquer círculo e seu diâmetro [3,14].

Figura 32: Mapa esquemático com as intervenções propostas.



Fonte: Elaboração própria.

A figura 32, então, mostra no mapa, conforme a legenda, a aplicação de um *pocket park* em um terreno privado, com área aproximada de 1.168m² que posteriormente receberá uma edificação por empresa privada de construção civil, informação verificável na figura 33. Nesta proposta, seria disponibilizado para uso público um espaço privado, mesmo que temporariamente. Para garantir o máximo de área verde ao espaço, a sugestão seria aproveitar a arborização, acrescentando paredes verdes e vegetação rasteira ao lote, ocupando, aproximadamente, a metade da área do lote com área verde (FIGURA 34). “A vegetação está presente nas áreas urbanizadas através de jardins, espaços livres, espaços recreativos e hortas, principalmente.” (HIGUIERAS, p.174, 2006) Nesse sentido, o *pocket park* proposto na figura 34, apesar de temporário, permite o acréscimo de 584m² de área verde. Vale ressaltar que esse tipo de estratégia ofereceria melhorias ambientais efetivas para o espaço urbano, se fosse de caráter permanente, todavia, nesta proposta, ele ocupa um lote privado, inviabilizando a permanência. Apesar disso, o potencial bioclimático do *pocket park* é expressivo, uma vez que permite agregar diversas estratégias de desenho urbano definidas no quadro 5.

Figura 33: Registro da área sugerida para aplicação de *pocket park*



Fonte: Registro fotográfico pessoal. 13 abr. 2019.

Figura 34: Proposta de aplicação de *pocket park*, na área em destaque na figura 33



Fonte: Elaboração própria.

Outra opção é a instalação de *parklets* ao longo do leito carroçável das vias, ampliando o passeio, respeitando as condições previstas em sua respectiva legislação (FORTALEZA, 2015). A figura 35 registra a área onde foi sugerida a implantação de um *parklet*, ocupando duas vagas de veículos, na área protegida da insolação poente, garantindo conforto aos seus usuários. Nesse caso, a proposta da figura 36 contém, ainda, o acréscimo de 30% de área verde para este equipamento, garantindo aproximadamente 7m² de vegetação por meio de vasos com arvoretas ou jardineiras. O manual dos *parklets* (FORTALEZA, 2015) não fixa nenhuma obrigatoriedade neste sentido, entretanto seria um meio de contribuir para o aumento da vegetação, principalmente se considerado o caráter permanente que essa estratégia é passível de admitir.

Figura 35: Perspectiva da área adequada à aplicação de *parklet* e jardim de chuva



Fonte: Registro fotográfico pessoal. 20 abr. 2020

Figura 36: Proposta de aplicação de *parklet* e jardim de chuva na área de estudo, apresentada no registro da figura 35



Fonte: Elaboração própria

A aplicação da agricultura urbana é sugerida em um lote particular que há anos não é utilizado, estando em situação de abandono, como mostra a figura 37, propiciando o acúmulo de resíduos sólidos em sua proximidade. Medindo aproximadamente

465m², esse lote daria lugar a um pomar urbano, ilustrado na figura 38, ideal para o plantio de árvores frutíferas, sempre que possível nativas e de fácil adaptação ao clima quente e úmido, priorizando frutas - como graviola, pitanga, acerola, caju anão e coco babão (EMBRAPA, 2020; MAIA, 2004). O coco babão merece destaque, pois representa a caatinga e, ainda, incentiva a biodiversidade, alimentando a fauna (MAIA, 2004). Dessas frutas, a acerola não é nativa, mas se adapta facilmente ao clima da região. No que tange ao plantio, possui como objetivo o aproveitamento máximo do tamanho compacto do lote, sendo sugeridas fileiras de árvores a cada 5m e 2,5m entre as árvores, deixando um corredor central para convidar a população a adentrar e experimentar o espaço e suas frutas (EMBRAPA, 2020). Outra estratégia bioclimática aplicada neste lote registrou-se nas paredes verdes dos muros que o cercam, contribuindo para a melhoria e conforto térmico do espaço (FIGURA 38).

Figura 37- Terreno não utilizado, adequado à agricultura urbana



Fonte: Registro fotográfico pessoal. 13 abr. 2019.

Figura 38: Aplicação de agricultura urbana, por meio de pomar urbano



Fonte: Elaboração própria

Quantitativamente, o pomar urbano permitiu o acréscimo de 24 árvores frutíferas, distribuídas no lote que me aproximadamente 456m². Dessa maneira, a agricultura urbana, na qualidade de estratégia bioclimática de desenho urbano, possibilitou adicionar duas outras estratégias, definidas no quadro 5, tais como arborização por via de frutíferas e paredes verdes nos muros que cercam o lote (FIGURA 38). Para compor o quantitativo que a agricultura urbana representou, foi subtraída a área de pavimentação do corredor central, da área total do lote, resultando no total estimado em 324,6m² de acréscimo de área verde.

A alternativa adequada às áreas urbanas consolidadas está nas paredes verdes, que viabilizam o aumento de áreas verdes. A figura 39 mostra o registro de uma edificação encontrada na área de estudo, ideal para implementação da estratégia. O mapa esquemático da figura 32 mostra a distribuição das paredes verdes na área, utilizando a legenda definida. De efeito, foi sugerida a aplicação de paredes verdes em faces cegas de muros e edificações particulares, como mostra a proposta para edificação residencial multifamiliar de três pavimentos (FIGURA 40), acrescentando, ao todo, cerca de 946m² de área verde (QUADRO 3).

Figura 39: Edificação com fachada cega.



Fonte: Registro fotográfico pessoal. 13 abr. 2019.

Figura 40: Sugestão de parede verde em fachada cega



Fonte: Elaboração própria

Ainda sobre as paredes verdes, nesta pesquisa, não foram definidas suas espécies ou seu modo de aplicação, acreditando-se na eficiência que as paredes verdes representam em relação à capacidade de redução térmica da edificação, bem como do entorno, comprovada por estudos como os de Morelli (2016) e Djedjig, Bonzonnet e Belarbi (2015).

A estratégia de desenho urbano integrante da infraestrutura verde denominada jardim de chuva foi aplicada na área de estudo, como mostra a legenda na figura 41. O jardim de chuva, conquanto permita padrões formais diversos, como afirmam Pellegrino e Moura (2017), ocupou nesta proposta oito vagas de veículo no leito carroçável da via, em duas vias locais, conforme a distribuição no mapa (FIGURA 32).

Figura 41: Vaga de veículo no leito carroçável da via com potencial para aplicação de jardim de chuva



Fonte: Registro fotográfico pessoal. 13 abr. 2019.

A estratégia denominada canteiro pluvial, que funciona como um jardim de chuva de tamanho reduzido, apesar de exprimir condicionantes que se harmonizam às áreas urbanas consolidadas, como mostra o quadro 5, não foi aplicada nesta proposta, pois sempre exigia uma readequação e/ou redução do passeio. Na área de estudo, há passeios pouco generosos, alguns deles padronizados no programa de regularização dos passeios, que acontece em alguns trechos na cidade de Fortaleza, o que dificulta o acréscimo na sua extensão. Sendo assim, a arborização, nesse caso, surge como alternativa mais vantajosa, por ser pontual e ainda proporcionar sombreamento. Essa estratégia, porém, embora não haja sido aplicada na proposta, certamente, é viável em outros recortes que porventura venham a ser estudados.

Figura 42: Proposta de aplicação de jardim de chuva na área destacada na figura 41

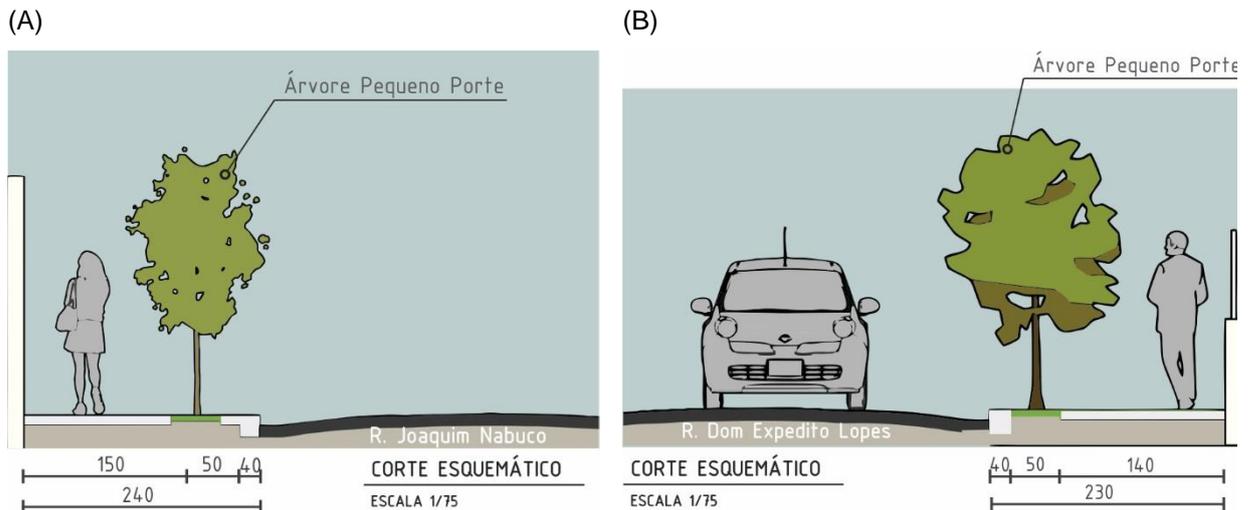


Fonte: Elaboração própria

A arborização, por sua vez, foi intensificada, utilizando-se algumas recomendações do *Manual de Arborização*, inserindo-se 37 árvores de médio porte, admitindo cerca de 4m diâmetro da copa e 23 árvores de pequeno porte com aproximadamente 2m diâmetro da copa, sempre que a dimensão do passeio permitia (FORTALEZA, 2020). A figura 45 A e B mostra exemplos de como a arborização foi aplicada nos passeios encontrados na área, os recuos adotados e os portes de árvores selecionados. Não foram indicadas árvores de grande porte, em decorrência da passagem da fiação aérea em boa parte da área de estudo, limitando o porte das árvores, entre pequeno e médio e, ainda, recomendando sua poda anual. As espécies selecionadas se enquadram em pequeno e médio porte, sendo proibido o plantio de espécies exóticas invasoras ou frutíferas que prejudiquem o trânsito ou conservação das vias públicas. As possíveis espécies, adequadas à proposta foram resultado de consulta à lista de espécies recomendadas pela SEUMA (FORTALEZA, 2020) e nativas da caatinga (MAIA, 2005). Ei-las: pau-branco, pau-brasil, catanduva e canafístula. O pau-brasil não pertence à caatinga, mas é uma espécie-símbolo do Brasil e se adapta bem à região. Entretanto, as demais espécies mencionadas são nativas da caatinga, merecendo destaque o pau-branco espécie necessária à preservação e ameaçada de extinção (MAIA, 2005). Vale salientar que a particularização das espécies não é foco desta dissertação e deve ser desenvolvida

por profissional especializado e devidamente habilitado. Para calcular a metragem alcançada com a arborização urbana, recorreu-se à Equação 1 (DIONÍSIO et al., 2017), totalizando uma área de 536m².

Figura 43: Perfis esquemáticos do passeio onde foi sugerida a arborização (A) Exemplo na Rua Joaquim N (B) Exemplo na Rua Dom Expedito Lopes



Fonte: Elaboração própria

Figura 44: Pau-brasil, símbolo do Brasil



<https://appverde.files.wordpress.com/2015/09/dsc01732.jpg> Acesso em 12 jul. 2020

Figura 45: Pau-branco, espécie nativa da caatinga, ameaçada de extinção.



http://www2.semas.pe.gov.br/web/semas/exibir_noticia?groupId=709017&articleId=43775131&templateId=2386863 Acesso em 12 jul. 2020

Dado o exposto, estima-se um incremento de 2.485,1m² no total de área verde, somando a área obtida com as estratégias de desenho urbano aplicadas na proposta, sendo elas: *pocket park*, *parklet*, agricultura urbana, arborização, paredes

verdes, jardins de chuva e arborização (QUADRO 6). Essa área total representa, em relação à área verde existente, um aumento de 56,9%, como mostra o quadro 6.

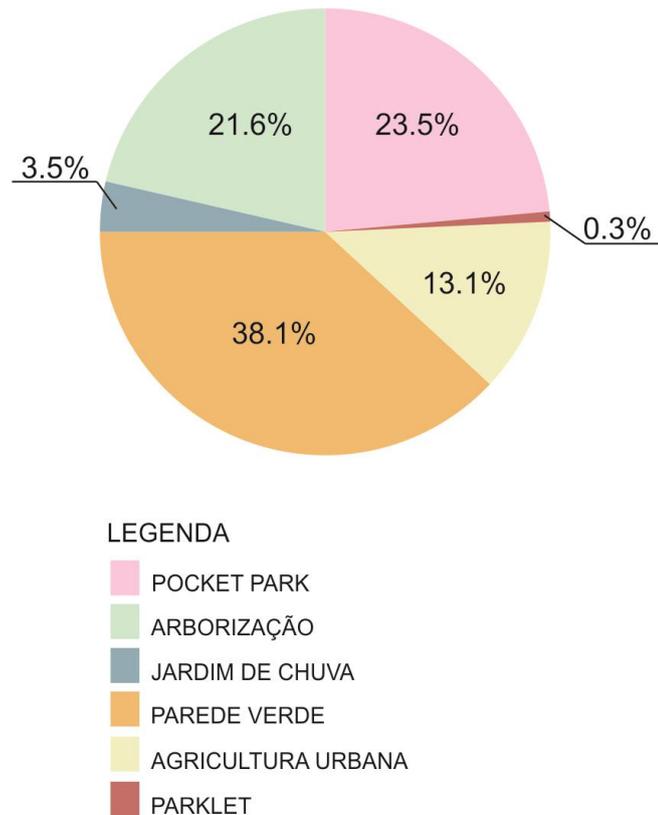
Quadro 6- Estratégias bioclimáticas de desenho urbano, integrando as áreas verdes na área de estudo

Situação Atual	Área (m ²)	Estratégias bioclimáticas de desenho urbano	Incremento de área verde parcial (m ²)	Incremento de área verde total (m ²)	Incremento de área verde em relação a situação existente (%)
Área verde existente (Pública e privada)	4.364	Pocket Park	584	2.485,1	56,9
		Parklet	7		
		Agricultura Urbana	324,6		
		Parede Verde	946		
		Jardim de Chuva	87,5		
		Arborização	536		

Fonte: Elaboração própria

O conjunto de estratégias bioclimáticas de desenho urbano aplicados na proposta é visualizado no gráfico da figura 46, que mostra em percentual como ocorreu a distribuição dessas estratégias, na área urbana consolidada, objeto de estudo da proposta. A parede verde representa 38,1% da área verde inserida no trecho, uma porção significativa. O *pocket park*, apesar de proporcionar um aumento expressivo de 23,5 %, nesta proposta, tem caráter temporário, o que o torna pouco efetivo como melhoria para o microclima urbano. A arborização compõe 21,6% da proposta, sendo uma estratégia de fácil viabilização em áreas urbanas consolidadas e com possibilidade de impactar não somente em relação ao acréscimo de área verde, bem como na temperatura do entorno.

Figura 46: Distribuição das propostas aplicadas na área de estudo



Fonte: Elaboração própria

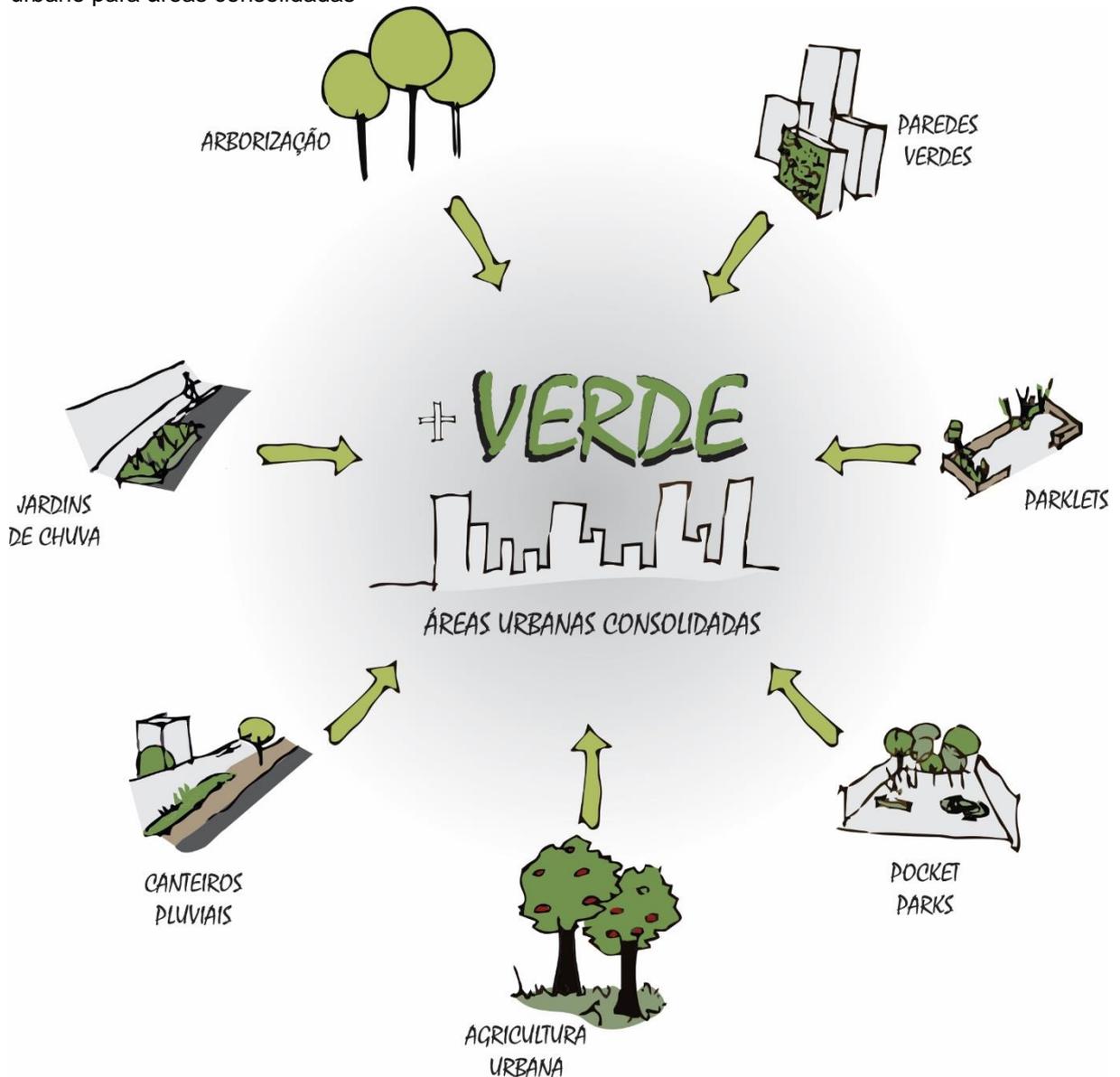
4.2.3. Conclusão parcial

De acordo com o resultado parcial expresso, foi observado um considerável incremento no total de áreas verdes no trecho analisado, considerando a proposta para área urbana consolidada, onde a implementação de intervenções de grande porte não seria viável em decorrência da intensa ocupação dos lotes.

Vale destacar o potencial bioclimático que essas estratégias de desenho desempenham, fazendo parte de uma rede conectada ao sistema de áreas verdes essenciais às cidades, sobretudo quando integradas ao microplanejamento urbano. Desse modo, a aplicação da proposta, utilizando o conjunto de estratégias bioclimáticas de desenho urbano, resultaria na ampliação das áreas verdes em diversos pontos da cidade, aumentando assim a cobertura vegetal nas áreas urbanas consolidadas, como mostra o croqui esquemático, na figura 47. Essas

estratégias seriam independentes entre si, entretanto, utilizá-las em conjunto poderia ampliar o resultado alcançado, como mostra a proposta.

Figura 47: Croqui esquemático representando o conjunto de estratégias bioclimáticas de desenho urbano para áreas consolidadas



Fonte: Elaboração própria

O capítulo seguinte visa a verificar os possíveis impactos térmicos gerados pela implementação de estratégias de desenho urbano na área de estudo, selecionando a arborização, como estratégia capaz de contribuir na melhoria do microclima da cidade e de alto potencial de viabilização. As demais estratégias de desenho urbano aplicadas na proposta não serão contempladas no capítulo seguinte, pois não passíveis de avaliação pelas simulações de modelos térmicos elaborados. Portanto,

as simulações a seguir visam a oferecer subsídios para a verificação de como a arborização urbana, adicionada ao passeio e ao pomar urbano na área de estudo desta pesquisa é factível de impactar no tempo de insolação que a superfície recebe.

5. MODELOS TÉRMICOS PARA VALIDAÇÃO DE ESTRATÉGIA DE DESENHO URBANO

Com o objetivo de verificar os possíveis impactos térmicos gerados pela implementação da arborização como estratégia de desenho urbano, este capítulo expressa os modelos térmicos elaborados que permitirão a análise, mediante simulações, considerando três períodos distintos no decurso do ano: solstício de inverno, equinócio de primavera e solstício de verão. Para isso, as simulações serão elaboradas com amparo em *softwares* que, ao fim, produzirão imagens que refletem a relação da radiação direta em um plano, sobre a volumetria da área.

Figura 48: Vista superior da modelagem 3D da área de estudo



Fonte: Elaboração própria

Inicialmente, foi elaborada a modelagem tridimensional da área de estudo, representando a situação atual e a proposta de implementação da arborização como estratégia de desenho urbano, utilizando-se o *software SketchUp*, programa que se presta à criação de modelos tridimensionais. A figura 48 mostra a vista superior da área de estudo modelada tridimensionalmente no *SketchUp*. Para isso, foram criadas volumetrias opacas que representam as edificações que ocupam a área de

estudo, em ambas as situações, atual e proposta. A figura 49 ilustra a perspectiva geral da situação atual encontrada na área, contemplando as edificações e a arborização. Para facilitar o desenvolvimento das demais etapas que necessitarão de outros *softwares*, a arborização teve sua copa representada por um cubo, respeitando o diâmetro aproximado de cada copa. Desse modo, o caule foi representado volumetricamente por um prisma retangular, com alturas que variam conforme o porte da árvore.

Figura 49: Perspectiva geral da modelagem 3D da área de estudo

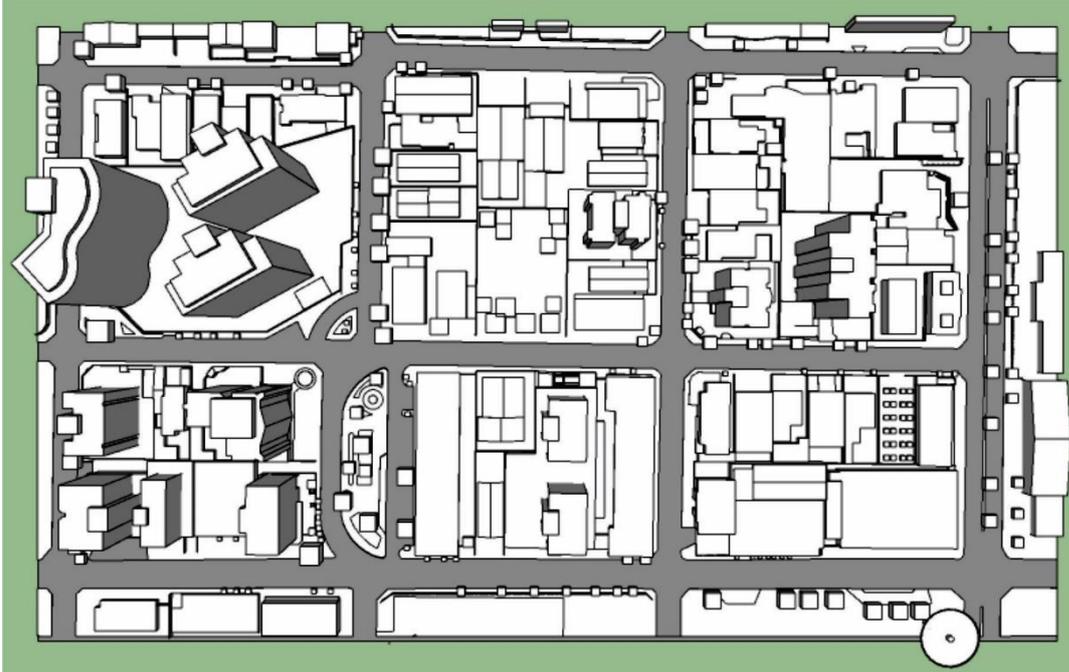


Fonte: Elaboração própria

Na situação proposta, foram acrescentadas as árvores que compõem a estratégia de arborização urbana sugerida para a área. A volumetria das árvores obedeceu aos critérios mencionados acima, transformando as copas e caules, respectivamente em cubos e prismas opacos, como é possível perceber na vista superior, conforme mostra a figura 50 e na perspectiva geral da figura 51.

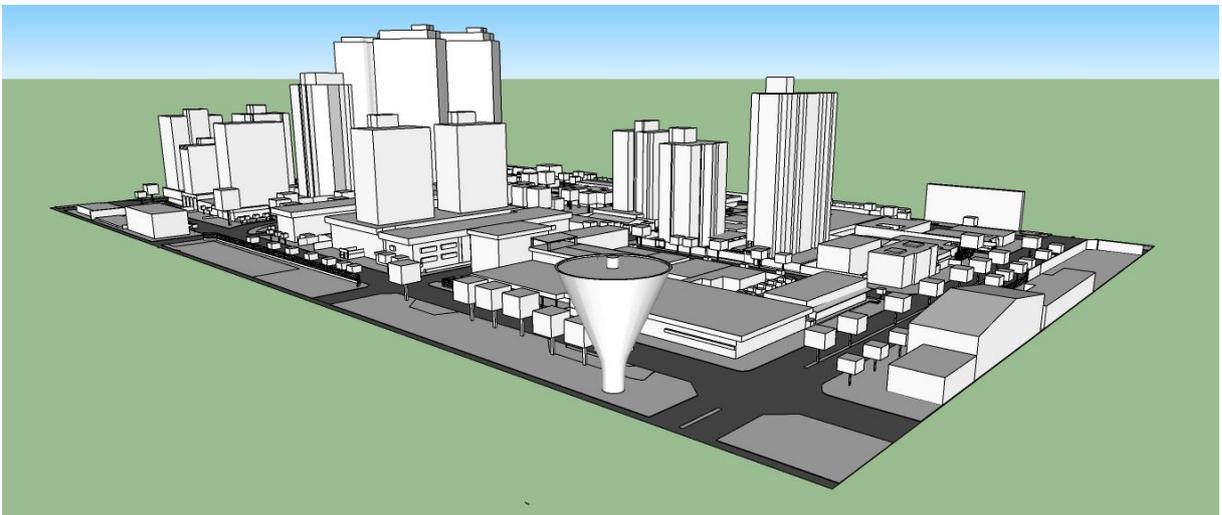
Em seguida, o software *rhinoceros 3d* mostra visualmente o que a ferramenta *grasshopper* calcula matematicamente; o conjunto de algoritmos chamado *ladybug tools* determina a incidência solar, utilizando arquivos *energy plus weather* (EPW) para georeferenciar a volumetria criada (LADYBUG, 2020). O *ladybug* desenvolve gráficos climáticos interativos, capazes de auxiliar na tomada de decisão de projetos analisados antecipadamente, mediante estudos de radiação solar, análises de visualização, modelagem de horas de luz solar (LADYBUG, 2020).

Figura 50: Vista superior da modelagem 3D da proposta de aplicação da arborização na área de estudo



Fonte: Elaboração própria

Figura 51: Perspectiva geral da modelagem 3D da área de estudo, após implementação da estratégia de arborização urbana.

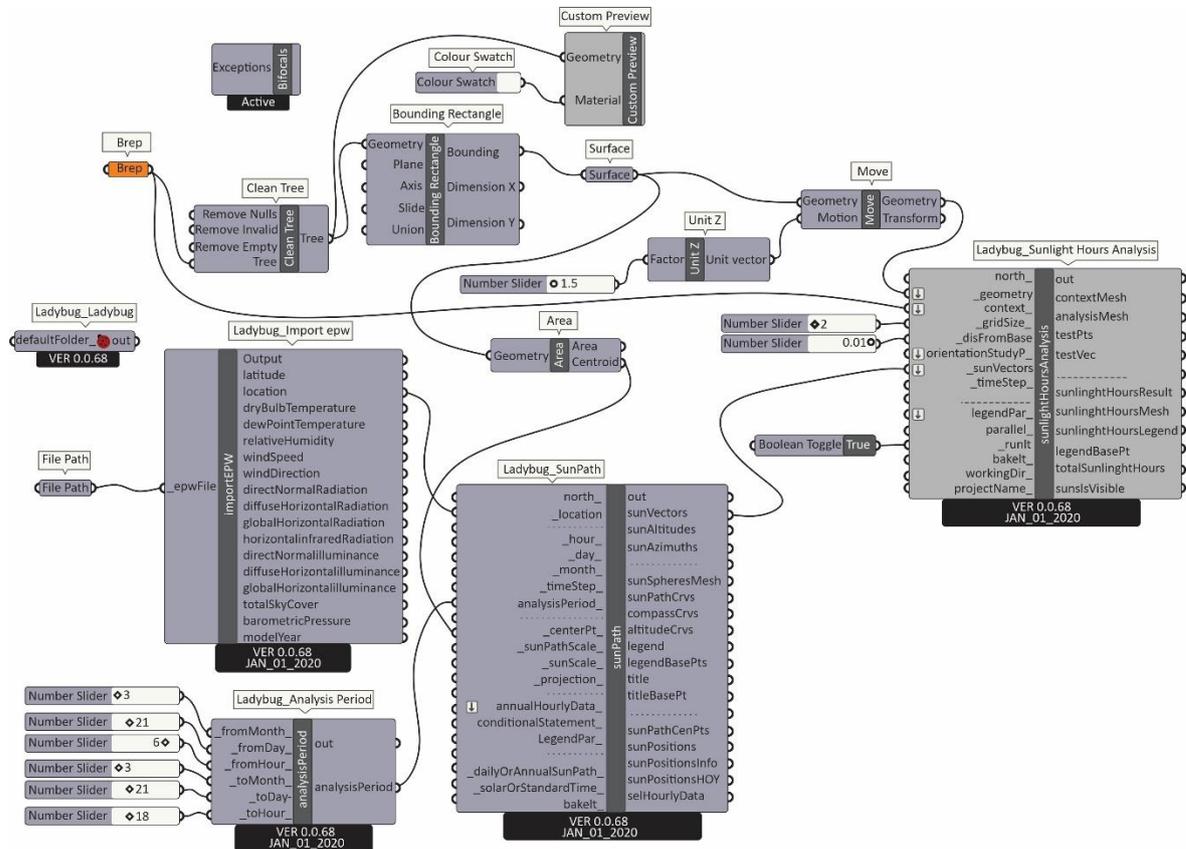


Fonte: Elaboração própria

Para gerar as simulações das figuras 55, 56, 57, 58 e 59, foram necessárias as coordenadas latitude e longitude, para localizar a área de estudo. Os algoritmos utilizados para gerar a imagem são observados na figura 52, utilizando informações fundamentais para analisar o número de horas em que a superfície fica exposta à

radiação solar. Portanto, resumidamente, um plano é gerado com apoio na Geometria, revelando por meio das cores como se comporta a exposição solar.

Figura 52: Algoritmos utilizados no ladybug para gerar as simulações térmicas

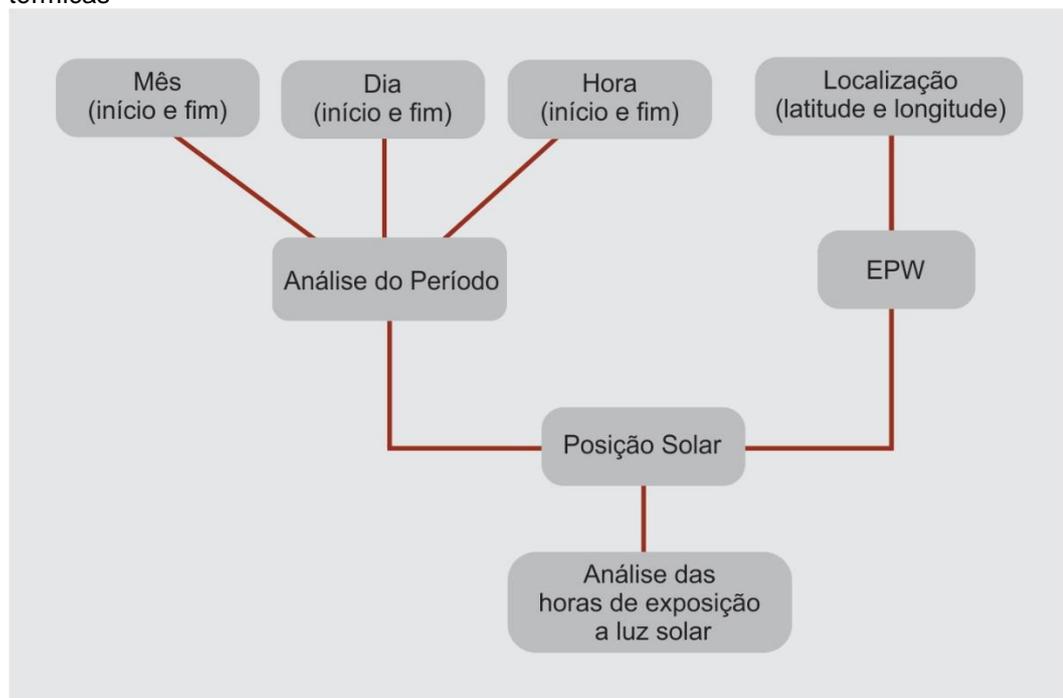


Fonte: Ladybug Acesso em: jul. 2020

A figura 52 mostra a aparente complexidade do algoritmo utilizado para desenvolver as simulações, com o objetivo de analisar as horas de exposição à luz solar. A figura 53, no entanto, representa, resumida e esquematicamente, o fluxograma com as informações determinantes para gerar as simulações. Primeiramente, a localização da área é feita por meio das coordenadas latitude e longitude, com procedência num arquivo EPW. Em seguida, é necessário determinar o período da análise que, no caso, compreende mês, data e hora, sempre considerando o início e fim de cada uma delas. As simulações foram realizadas em três datas: 22 de março, equinócio de outono; 22 de junho, solstício de inverno e 22 de dezembro, solstício de verão. A duração de horas da análise compreendeu o intervalo de 6 às 18 horas, fixando cada um dos dias mencionados para gerar a simulação. Esses dados, bem como a localização, se conectam à posição do sol, a fim de gerar a análise das horas de

exposição à luz solar. Essa análise resulta em um plano que, por via das cores, revela a quantidade de horas durante as quais a superfície foi exposta ao sol. Portanto, foram geradas simulações dos modelos térmicos para comparar a situação da área em estudo e na situação proposta, quando foi aplicada a arborização urbana. Ao todo, foram elaboradas seis simulações, três na área em curso e outras três na proposta, considerando, em ambas, equinócio de outono, solstício de inverno e solstício de verão, representados pelas figuras 54, 55, 56, 57, 58 e 59.

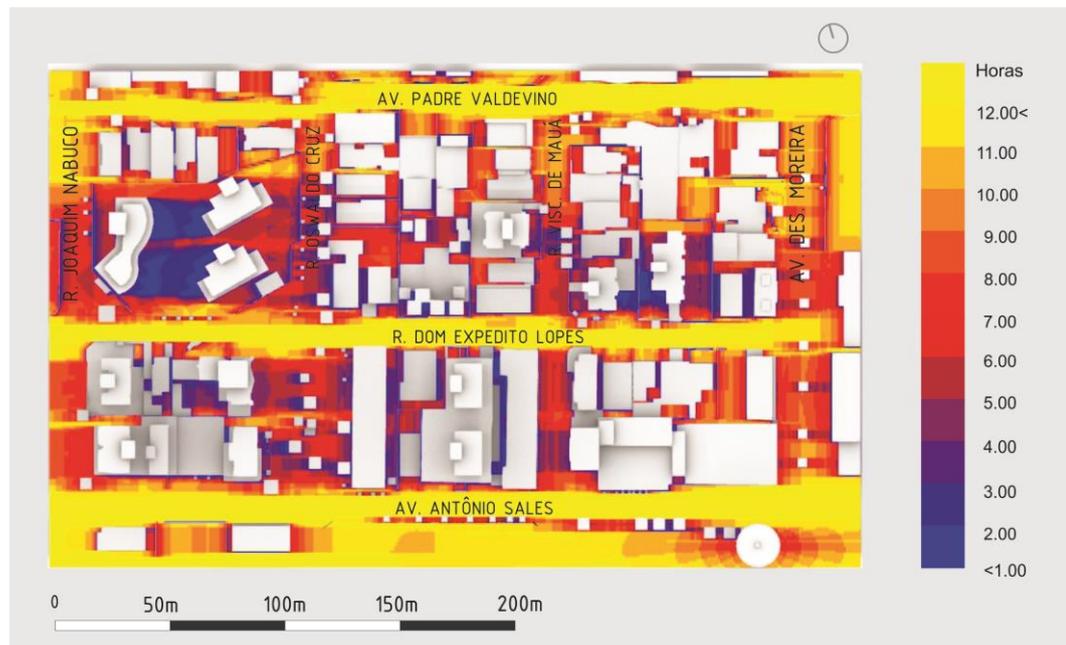
Figura 53: Fluxograma esquemático algoritmo utilizado no *ladybug* para as simulações térmicas



Fonte: Elaboração própria

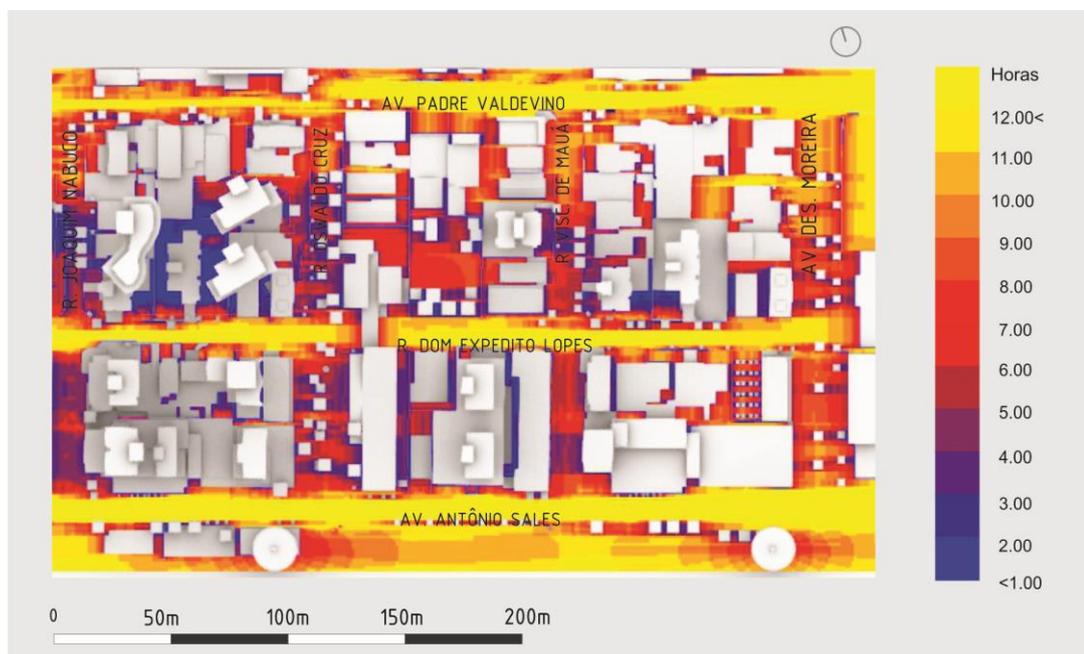
As figuras 54 e 55 mostram, respectivamente, as simulações da situação atual e proposta geradas no equinócio de outono. Volumetricamente, a diferença entre elas está nas árvores acrescentadas na proposta. Nessas figuras fica evidente a exposição solar máxima enfrentada pelas vias que estão no sentido leste-oeste - Av. Padre Valdevino, Rua Dom Expedito Lopes e Av. Antônio Sales. A Rua Dom Expedito Lopes recebeu árvores no passeio, bem como no pomar urbano, ficando evidente o quanto ocorre a diminuição da exposição solar na porção sudeste do mapa. Ao noroeste do mapa, foram inseridas árvores no passeio, interferindo na diminuição da exposição à luz solar nesse trecho.

Figura 54: Equinócio de Outono na situação atual



Fonte: Elaboração própria

Figura 55: Equinócio de outono na situação proposta

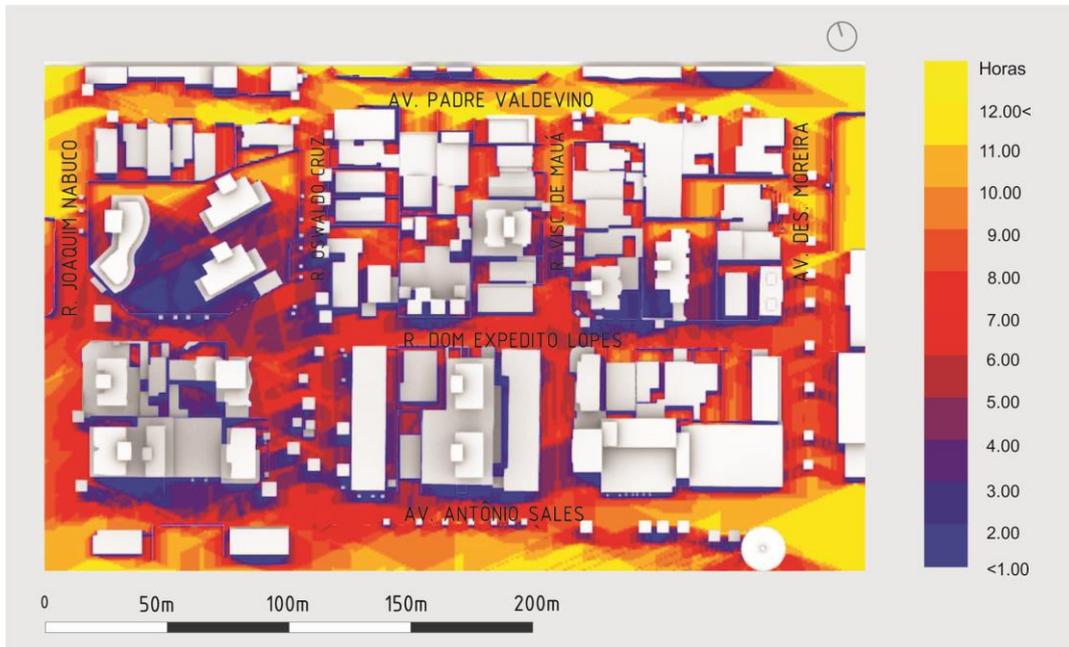


Fonte: Elaboração própria

As figuras 56 e 57 mostram, respectivamente, as simulações da situação atual e proposta geradas no solstício de inverno. Esse período analisado expressa uma condição mais confortável, com uma diminuição da exposição solar, inclusive nas vias que se encontram no sentido leste-oeste. A arborização impacta na diminuição

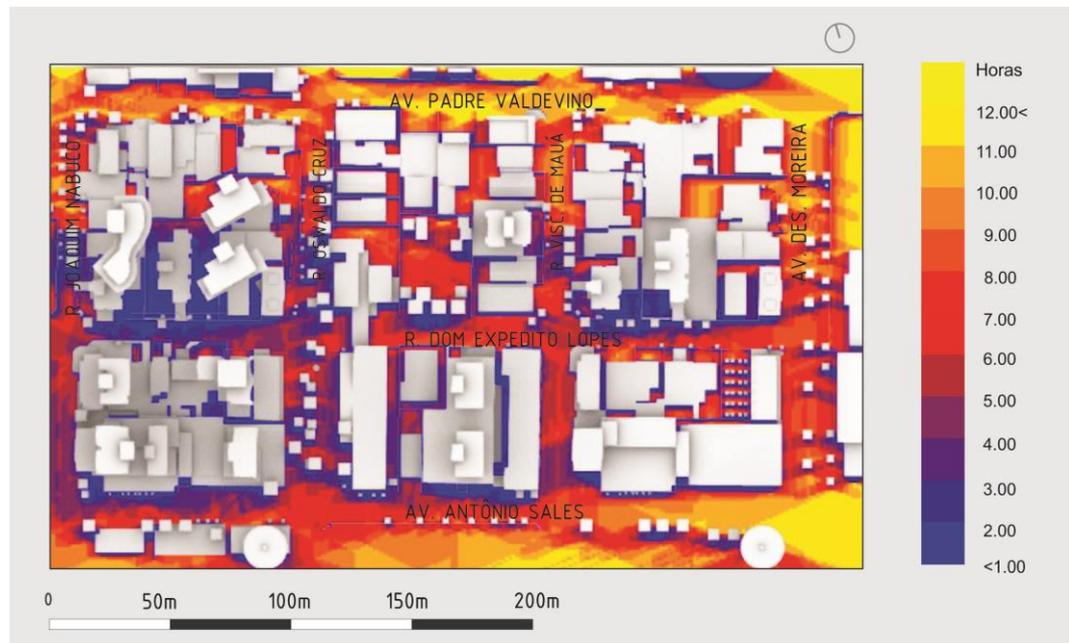
da exposição à luz solar, mas nesse período de modo mais discreto; contudo, ainda é possível perceber o impacto da arborização.

Figura 56: Solstício de inverno na situação atual



Fonte: Elaboração própria

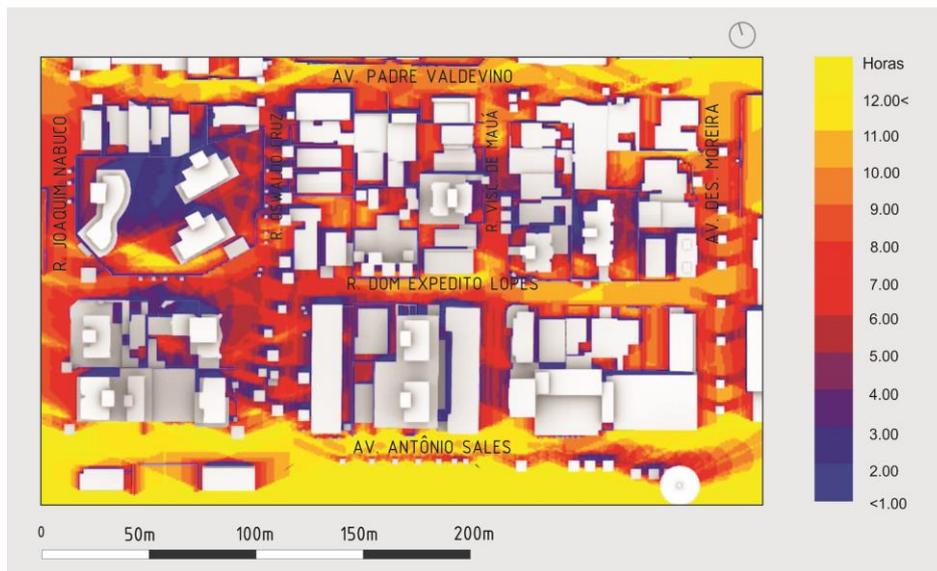
Figura 57: Solstício de inverno na situação proposta



Fonte: Elaboração própria

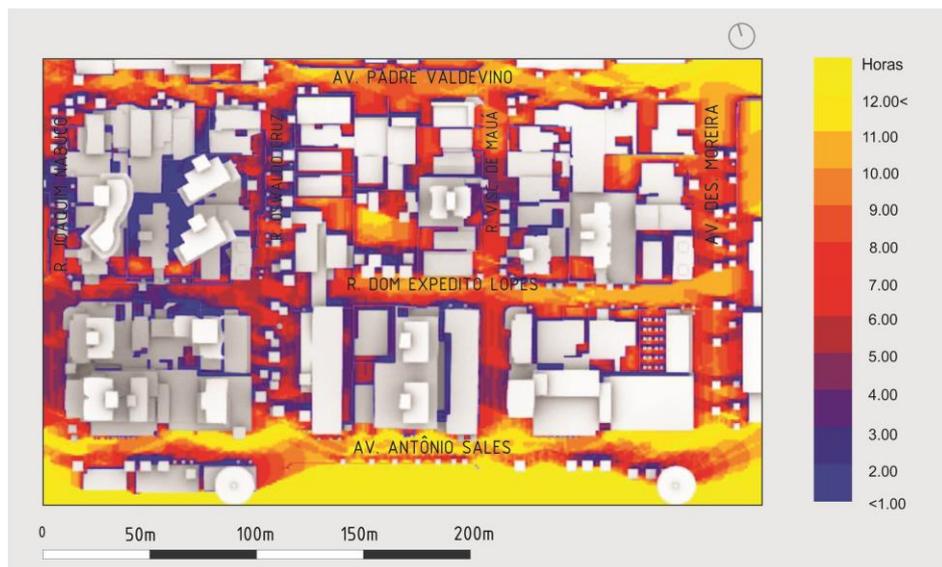
As simulações das figuras 58 e 59 da situação atual e proposta foram geradas no solstício de verão. O período analisado denota uma visível diminuição das horas de exposição ao sol na porção noroeste do mapa, onde foram inseridas árvores de porte médio. As vias que estão no sentido leste-oeste também ficam menos expostas à radiação. Ao longo da Av. Padre Valdevino, é perceptível um tom mais avermelhado, chegando ao azul, no lado onde foram inseridas as árvores no passeio. Nessa comparação, nota-se o impacto da arborização na diminuição da exposição à luz solar.

Figura 58: Solstício de verão, na situação atual



Fonte: Elaboração própria

Figura 59: Solstício de verão, na situação proposta



Fonte: Elaboração própria

Por fim, estabelecendo uma análise comparativa entre a situação atual da área objeto de estudo e a proposta com aplicação da arborização por meio das simulações dos modelos térmicos, nos referidos períodos, verifica-se o impacto que a volumetria das copas das árvores produz no espaço urbano, diminuindo significativamente o número de horas a que a superfície fica exposta a radiação solar. Nessa circunstância, a arborização urbana é validada pelas simulações como estratégia de desenho urbano dotada de alto potencial bioclimático, proporcionando impactos térmicos positivos, com possibilidade de amenizar a temperatura do entorno e, conseqüentemente, propiciar melhorias para o microclima urbano.

6 CONCLUSÃO

Com suporte nos resultados desta pesquisa, aumenta a possibilidade de inserção de área verde em áreas urbanas consolidadas, por meio da implementação de estratégias bioclimáticas de desenho urbano, analisando como objeto de estudo uma área, situada em área urbana consolidada da cidade de Fortaleza.

O incremento de área verde em uma cidade que já não detém grandes áreas disponíveis para a criação de parques urbanos como meio de ampliar a cobertura vegetal é algo a ser contornado, utilizando estratégias adequadas à escassez de áreas livres e às condicionantes bioclimáticas da região. A definição das estratégias de desenho urbano adequadas às condicionantes bioclimáticas das cidades de clima quente e úmido permitiu elaborar o quadro que orientou a aplicação dessas estratégias na área selecionada para análise.

A proposta de implementação das estratégias de desenho urbano assentiu que se aplicassem na área, objeto de estudo, um *pocket park*, um *parklet*, agricultura urbana, paredes verdes, jardins de chuva e arborização, com exceção do canteiro pluvial. A área verde alcançada com a implementação da proposta foi significativa. Vale salientar que, a fim de a proposta proporcionar melhorias efetivas para a cidade, as estratégias devem ser, sempre que possível, de caráter permanente. A arborização foi destacada como estratégia bioclimática, considerando o alto potencial de viabilização que denota, avaliando o impacto térmico que causaria.

Logo, as simulações dos modelos térmicos foram elaboradas e reforçaram o importante papel que as árvores exercem na proposta, diminuindo o tempo de exposição à radiação solar, por meio da arborização urbana.

Dado o exposto, o conjunto de estratégias bioclimáticas de desenho urbano expressa possibilidade de contribuir para o aumento de área verde nas áreas urbanas consolidadas, e, ainda, concorrer para a melhoria do microclima urbano. Integrantes do microplanejamento urbano, essas estratégias são passíveis de compor uma rede interconectada de áreas verdes para gerar melhorias de um modo mais abrangente, por meio de várias ações pontuais. Para tanto, os instrumentos

urbanísticos são aplicáveis, permitindo a implementação das estratégias mencionadas, não havendo a necessidade de instituir legislação específica para viabilizá-las.

É importante que estudos como este sejam realizados em outros pontos da cidade, pertencentes a área urbana consolidada, a fim de perceber como essas estratégias seriam aplicadas nas condições particulares de cada área analisada. E, ainda, a análise das estratégias aplicadas em realidades climáticas distintas, permitiria avaliar o desempenho das estratégias mediante outras condicionantes bioclimáticas.

No que tange à vegetação, recomenda-se um estudo mais detalhado a respeito das espécies utilizadas para o aumento de área verde em cada estratégia selecionada, verificando a possível influência que as espécies exerçam ou não no desempenho térmico das estratégias de desenho urbano.

Portanto, é possível concluir que a realidade das áreas urbanas consolidadas, embora se configure como cenário desafiador, ante a densa ocupação do solo que lhe é peculiar, permite ampliar a distribuição de área verde, promovendo melhorias para o microclima da cidade.

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, V.M. **Planejamento, planos diretores e expansão urbana: FORTALEZA_ 1960 – 1992.** 2008. Doutorado- Universidade Federal da Bahia, Salvador: 2008.

ADLER, F.R.; TANNER, C.J.T. **Ecosystemas urbanos:** princípios ecológicos para o ambiente construído. Tradução Maria Beatriz de Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ALBUQUERQUE, C.C.G. **Regimes de exceção e viabilização das mais-valias imobiliárias:** o caso das Operações Urbanas Consorciadas em Fortaleza-CE. 2015. Doutorado- Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. 2015.

ALFONSIN, B. **O estatuto da cidade e a construção de cidades sustentáveis, justas e democráticas.** Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/direito/article/view/2405>> Acesso: 05 set 2019.

ARAUJO, A.M.M; CARLEIAL, A.N. O processo de metropolização em Fortaleza: uma interpretação pela migração. *In:* Scripta Nova. **Anais eletrônicos.** Barcelona, 2001. Disponível em:<<http://www.ub.edu/geocrit/sn-94-73.htm>> Acesso: 10 set 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, p.3. 2003.

BELTRAME, G. Vazios urbanos: notas sobre a escassez social do imóvel urbano. **Interseções.** Rio de Janeiro v. 15 n. 1, jun. 2013, p. 113 a138.

BONZI, R.S.(Org.) Paisagem como infraestrutura . *In:* PELLEGRINO, P.; MOURA, N.B. **Estratégias para uma infraestrutura verde.** Barueri: Editora Manole, 2017.

BRASIL. Lei 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Brasília, Câmara dos Deputados, jul. 2001.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>> Acesso em: 02 out. 2019.

BURDETT, R.(Org.) Pensar a cidade para construir a cidade . *In*: ROSA, M.L. **Microplanejamento** práticas urbanas criativas. 2. Ed. São Paulo: Editora de Cultura, 2011.

CONSTRUTORA MOTA MACHADO. Praça Canuto 1000. Disponível em: <<http://www.motamachado.com.br/pracacanuto1000>> Acesso em: 10 dez. 2018

CORMIER, N.S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infraestrutura Verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *In*: **Paisagem Ambiente**: ensaios, São Paulo, 2008, n. 25, p. 127- 142. Disponível em: < <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i25p127-142>> Acesso em: 02 jun. 2020.

DIONISIO, L.F.S; CONDÉ, T.M.; GOMES, J.P.; MARTINS, W.B.R.; SILVA, M.W.; SILVA, M.T. Caracterização morfométrica de árvores solitárias de *Bertholetia excelsa* H.B.K. no sudeste de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line** Roraima: Universidade Federal de Roraima, 2017. v. 11, n.2, p.163-173. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/317684158_Caracterizacao_morfometrica_de_arvores_solitarias_de_Bertholetia_excelsa_HBK_no_sudeste_de_Roraima/download> Acesso em 10 abr. 2019

DJEDJIG, R.; BONZONNET, E.; BELARBI, R. Experimental study of the urban microclimate mitigation potential of green roofs and green walls in street canyons. **Int J Low-Carbon Tech** 2015.

Edifícios de escritórios- Bangcoc, Tailândia. **Archdaily**, 24 de junho 2013. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-122>> Acesso em 12 out. 2019.

MÜLLER, C. H.; KATO, A. K.; DUARTE, M. de L. R. Manual prático do cultivo de frutíferas. 1981. **EMBRAPA**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/379780/manual-pratico-do-cultivo-de-fruteiras>> Acesso em 10 jul. 2020.

FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. *In*: ACTA Geográfica, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica. **Anais eletrônicos**. Universidade Federal de Viçosa, 2012. p. 61-76. Disponível em:<<https://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/10940>> Acesso em: 10 jun. 2020.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. Tradução Anita di Marco. 3. Ed.. São Paulo: Perspectiva, 2015.

GURSKI, B.; GONZAGA, R.; TENDOLINI, P. Conferência de Estocolmo: um marco na questão ambiental. *In*: ADMINITRAÇÃO DE EMPRESAS EM REVISTA, Curitiba. **Anais eletrônicos**. Curitiba: Unicuritiba, 2012. v. 11 n. 12. Disponível em:<<http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/466/0>>

GOOGLE EARTH-MAPAS. Disponível em: < <https://mapas.google.com>>. Acesso em 08 abr. 2019.

HIGUIERAS, E. **Urbanismo bioclimático**. Barcelona:Gustavo Gili, 2006

HOUGH, M. **Naturaleza e Ciudad**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

KATZSCHNER, L. “Urban Climate Studies as Tools for Urban Planning and Architecture”, *In*: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Salvador, 1997... **Anais ...** Salvador: FAUFBA/LACAM – ANTAC, 2001, p. 49-58. Tradução de José Dias de Medeiros Filho e Profª Roseane Dias de Medeiros Vidal DARQ/CT/UFRN

LADYBUG. Disponível em: <<https://www.ladybug.tools/ladybug.html>> Acesso em: 07 jul. 2020

LERNER, J. **Acupuntura Urbana**. 5.ed. Rio de Janeiro: Record, 2011.

LYDON, M.; KHAWARSAD, A.; BARTMAN, D; WOULDSTRA, R. **Urbanismo Tático: Ação a curto prazo, mudança a longo prazo**. Vol. 2 Disponível em : <https://issuu.com/streetplanscollaborative/docs/tactical_urbanism_vol_2_final> Acesso em: 14 dez. 2018.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004.

MALUF, C. S.; GONÇALVES, T. E. C. Pocket park: Matriz de critérios para implantação. In: PROJETAR, Natal. **Anais eletrônicos**.

MORELLI, D. D. O. **Desempenho de paredes verdes como estratégias bioclimáticas**. Tese (doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade – Universidade Estadual de Campinas) São Paulo, 2016.

NAÇÕES UNIDAS 12 abr. 2017 <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>

NOGUEIRA, P.C.E.; PORTINARI, D.B. Urbanismo tático e a cidade neoliberal. **Arcos Design**. v. 9 n. 2, des. 2016. Disponível em: < [https:// www.e-publicacoes.eurj.br/index.php./arcosdesign](https://www.e-publicacoes.eurj.br/index.php./arcosdesign)> Acesso em: 10 dez. 2018.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric environment**, v. 7, p.769-779, 1973.

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

PEREIRA, M. Pocket Parks: novo e compacto modelo aos espaços públicos. **Archdaily**, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/877993/pocket-parks-novo-e-compacto-modelo-aos-espacos-publicos>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

PIZA, M.L.; SANTORO, P.; CYMBALISTA, R. Estatuto da Cidade: uma leitura sob a perspectiva da recuperação da valorização fundiária. *In*: SANTORO, Paula *et al* (Org.) **Gestão social da valorização da terra**. São Paulo: Instituto Polis, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **Agricultura Urbana**. Dinamização econômica e inclusão produtiva. Eixo 5, vol. 7, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **Certificação fator verde**. Fortaleza. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **Fortaleza Mais Verde** - programa de arborização. Fortaleza, 2020. 55 slides.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **Manual de Arborização**. Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente de Fortaleza, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **Lei 10.619, de 2017**. Política Municipal do Meio Ambiente de Fortaleza. Fortaleza. 2017.

PREFEITURA DE FORTALEZA. **Lei 13.654, de 2015**. Parklets de Fortaleza Manual de Implantação. Fortaleza. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. IPLANFOR. **Fortaleza 2040**. 2018

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **Fortaleza em mapas**. Disponível em:< <http://mapas.fortaleza.ce.gov.br/#/2018>. Acesso em: 16 dez. 2018

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **Plano de Arborização**. Disponível em:< <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/infocidade/56-plano-de-arborizacao>> Acesso em: 16 set. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA, **Plano Diretor Participativo de Fortaleza** (Lei 062, de 2009), Fortaleza. 2009.

PRIMEIRA horta urbana e compartilhada em praça é inaugurada em Fortaleza. **Diário do Nordeste on line**, Fortaleza 28 de janeiro de 2018. Disponível em: <<http://www.diariodonordeste.com.br>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

QUEIROGA, et al. Notas gerais sobre os Sistemas de Espaços Livres da Cidade Brasileira. *In* **Sistemas de espaços livres: conceito, conflitos e paisagens/ organização** Ana Cecília Arruda Campos, Eugenio Fernandes Queiroga, Fany Galender, Helena Napoleon Degreas, Rogério Akamine, Silvio Soares Macedo, Vanderli Custodio. – São Paulo: FAUUSP, 2011, pp 11-20.

ROLNICK, R. **O que é cidade**. 6. ed. São Paulo: Brasiliense, 1995.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 2 ed. São Paulo Pro Editores, 2000.

ROSA, M. L.(Org.) **Microplanejamento** práticas urbanas criativas. 2. Ed. São Paulo: Editora de Cultura, 2011.

ROSSETI, K. A. C.; NOGUEIRA, M. C. J. A. ; NOGUEIRA, J. S. Interferência Microclimática na Utilização do Telhado Verde Para regiões tropicais: Estudo de Caso em Cuiabá, MT, **Rev. Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** v(9), nº 9, p. 1959 a 1970, FEV, 2013 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/223611707702>> Acesso em 21 abr. 2019.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Anais eletrônicos**. Porto Alegre, 2018. p. 1-19. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000200250>> Acesso em: 05 ago. 2019.

SPIRN, A. W. **O jardim de granito: A Natureza do Desenho da Cidade**. São Paulo: Edusp, 1995.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). **Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8**: data de passagem 04/08/2013 EUA. Acesso em 22 agosto 2019. Disponível em <<https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat>>

VILLAÇA, F. **As ilusões do Plano diretor**. São Paulo. 2005.

WEISNHOF, N. Pocket park: um olhar sobre o vazio esquecido. In: 1º Congresso Internacional de Espaços Públicos. **Anais eletrônicos**. Porto Alegre: UFRS, 2015. p. 1-9. Disponível em: <http://livrozilla.com/doc/831731/120_b-pocket-park--um-olhar-sobre-o-vazio-esquecido> Acesso em: 10 set 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Urban green spaces**: a brief for action. Europe. 2017.

ZOOM URBANISMO ARQUITETURA E DESIGN. Disponível em: <<https://www.zoom.arq.br/pracinha-oscar>>. Acesso em: 18 abr. 2018.