

ANÁLISE DA INTER-RELAÇÃO ENTRE A LEGISLAÇÃO URBANÍSTICA E AS ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS RECOMENDADAS PARA A REGIÃO DE CLIMA QUENTE E ÚMIDO

ANÁLISIS DE LA INTERRELACIÓN ENTRE LA LEGISLACIÓN URBANA Y LAS ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS RECOMENDADAS PARA LA REGIÓN DE CLIMA CÁLIDO Y HÚMEDO

ANALYSIS OF THE INTERRELATION BETWEEN URBAN LEGISLATION AND BIOCLIMATIC STRATEGIES RECOMMENDED FOR THE HOT AND HUMID CLIMATE REGION

HAMADA, LUCIANA

Doutoranda em Urbanismo; Universidade Federal do Rio de Janeiro; Programa de Pós-Graduação em Urbanismo (UFRJ/FAU/PROURB); Rio de Janeiro/RJ; Brasil; E-mail: luciana.hamada@gmail.com

DRACH, PATRICIA

Doutora, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo (PROURB/UFRJ) e do Programa de Pós-graduação em Design PPDES/ESDI/UERJ; Rio de Janeiro/RJ; Brasil; E-mail: patricia.drach@gmail.com

RESUMO

As pesquisas na área da climatologia urbana identificam que a qualidade, a quantidade e a forma de uso dos espaços públicos urbanos são determinadas, em grande parte, por suas condições microclimáticas, e que aspectos como o tipo de superfície, a geometria do espaço e a presença ou não de vegetação são importantes para a qualificação do clima urbano nas cidades. A assimilação do clima urbano, conforto e desempenho ambiental, como aspectos a serem incorporados no planejamento urbano e na gestão das cidades se apresenta indispensável, devido à importância de se reduzir as consequências provocadas pela forma de ocupação no meio urbano. Nesse contexto, a ausência de instrumentos de controle urbanístico que orientem as áreas que podem ser ocupadas, com maior ou menor adensamento, e as que devem ser preservadas, como áreas verdes de proteção dos canais principais de vento, afeta negativamente a qualidade dos ambientes tanto internos, quanto externos. Por outro lado, o desconhecimento dos dados climáticos e de métodos dificultam a análise e a definição de diretrizes para o estabelecimento das estratégias bioclimáticas nos parâmetros dos instrumentos de controle urbanístico. Desta forma, o presente trabalho procura estabelecer inter-relações entre a legislação urbanística, a morfologia urbana e as estratégias bioclimáticas da área de estudo selecionada, por meio da análise dos cenários urbanos registrados nos mapas cadastrais dos anos de 1935, 1956 e 1975 e de simulação computacional da forma urbana atual, para análise térmica no meio urbano.

PALAVRAS-CHAVE: legislação urbanística; estratégias bioclimáticas; morfologia urbana.

RESUMEN

Las investigaciones en el ámbito de la climatología urbana identifican que la calidad, la cantidad y la forma de uso de los espacios públicos urbanos están determinadas en gran medida por sus condiciones microclimáticas, y que aspectos como el tipo de superficie, la geometría del espacio y la presencia o ausencia de vegetación son importantes para la calificación del clima urbano en las ciudades. La asimilación del clima urbano, el confort y el comportamiento ambiental, como aspectos a incorporar en la planificación y gestión urbanística de las ciudades se presenta imprescindible, debido a la importancia de reducir las consecuencias causadas por la forma de ocupación en el entorno urbano. En este contexto, la ausencia de instrumentos de control urbanístico que orienten las zonas que pueden ser ocupadas, con mayor o menor densificación, y las que deben ser preservadas, como las zonas verdes que protegen los principales canales de viento, afecta negativamente a la calidad de los ambientes internos y externos. Por otro lado, el desconocimiento de los datos y métodos climáticos dificulta el análisis y la definición de directrices para el establecimiento de estrategias bioclimáticas en los parámetros de los instrumentos de control urbano. De este modo, el presente trabajo pretende establecer las interrelaciones entre la legislación urbanística, la morfología urbana y las estrategias bioclimáticas en el área de estudio seleccionada, mediante el análisis de los escenarios urbanos registrados en los mapas catastrales de los años 1935, 1956 y 1975 y de la simulación informática de la forma urbana actual, para el análisis térmico en el entorno urbano.

PALABRAS CLAVES: legislación urbana; estrategias bioclimáticas; morfología urbana.

ABSTRACT

Research in the area of urban climatology identifies that the quality, quantity and form of use of urban public spaces are largely determined by their microclimatic conditions, and that aspects such as the type of surface, the geometry of the space and the presence or absence of vegetation are important for the qualification of urban climate in cities. The assimilation of urban climate, comfort and environmental performance as aspects to be incorporated into urban planning and city management is indispensable due to the importance of reducing the consequences caused by the form of occupation in the urban environment. In this context, the absence of urban control instruments that guide the areas that can be occupied, with more or less densification, and those that should be preserved, such as green areas that protect the main wind channels, negatively affects the quality of both internal and external environments. On the other hand, the lack of knowledge of climatic data and methods hinders the analysis and definition of guidelines for the establishment of bioclimatic strategies in the parameters of urban control instruments. In this way, the present work seeks to establish interrelations between urban legislation, urban morphology and bioclimatic strategies in the selected



study area, through the analysis of the urban scenarios registered in the cadastral maps of the years 1935, 1956 and 1975, and through computer simulation of the current urban form, for thermal analysis in the urban environment.

KEYWORDS: urban legislation; bioclimatic strategies; urban morphology.

Recebido em: 12/10/2021

Aceito em: 22/04/2022

1 INTRODUÇÃO

O estudo da morfologia urbana é uma ferramenta importante na determinação dos microclimas da cidade, na medida em que a forma, a distribuição e a orientação das edificações têm a capacidade de influenciar a direção e a velocidade do vento, além de interferirem na quantidade de radiação solar incidente. Oke (2017), Landsberg (2006) e Lombardo (1985) apontam que os assentamentos urbanos provocam, em maior ou menor grau, mudanças no clima local, o que pode levar à formação de ilhas de calor em áreas da cidade mais urbanizadas do que nas áreas adjacentes rurais ou com vegetação nativa.

A ocupação do território urbano é, em parte, resultado das diretrizes normativas definidas nos instrumentos de controle urbanístico e edílico, representado pelo Plano Diretor e suas Leis Complementares: Lei de Perímetro Urbano, Lei de Parcelamento do Solo Urbano, Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano e Código de Obras e Edificações.

A assimilação do clima urbano, conforto e desempenho ambiental, como aspectos a serem incorporados no planejamento urbano e na gestão das cidades se apresenta indispensável, devido à importância de se reduzir as consequências provocadas pela forma de ocupação no meio urbano. Nesse sentido, Moreno García (1999) e Katzchner et al. [s.d.] identificam que a qualidade, a quantidade e a forma de uso dos espaços públicos urbanos são determinadas, em grande parte, por suas condições microclimáticas, e que aspectos como o tipo de superfície, a geometria do espaço e a presença ou não de vegetação são importantes para a qualificação do clima urbano nas cidades.

Higueras (1998), em sua obra "*Urbanismo bioclimático: criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos*", afirma que o planejamento urbano deve considerar critérios de economia de energia e os recursos naturais locais para equilibrar o desenho urbano com variáveis climáticas, topográficas e territoriais de cada município e assim atingir uma otimização em todas as áreas urbanas.

Os estudos desenvolvidos por Bustos Romero (2003), reforçam as colocações de Higueras (1998), uma vez que indicam que a incorporação dos elementos próprios do lugar, especialmente os ambientais, que são os que outorgam caráter e definem a cidade, permite realizar um planejamento local específico, mais adequado à grande diversidade regional. A consideração destes elementos torna possível atender melhor às exigências da qualidade de vida humana.

Barbirato et al. (2011) afirmam que para a obtenção da qualidade climática do ambiente urbano é necessário estabelecer o uso correto dos elementos climatológicos e sua interação em diferentes níveis de planejamento e construção, melhorando, assim, os microclimas dos espaços externos e a eficiência energética urbana. Logo, o conhecimento dos dados climáticos de uma região, tais como ventos dominantes, temperatura e umidade do ar, podem subsidiar, por exemplo, orientações que contribuam para que o traçado do novo loteamento, os padrões de lotes e quadras, a orientação dos lotes, favoreçam melhores condições de conforto ambiental e o uso eficiente da energia elétrica, nas edificações (BARANDIER et al., 2013).

Desta forma, o estudo e a análise das condições climáticas atuantes no território do município permitem a proposição de interações entre os princípios para tratamento do clima urbano e os instrumentos municipais de planejamento urbano de acordo com o clima característico local. Nesse contexto, o presente trabalho procura estabelecer inter-relações entre a legislação urbanística, a morfologia urbana e as estratégias bioclimáticas da área de estudo selecionada - trecho urbano da Praia de Botafogo, localizado na Zona Sul do Município do Rio de Janeiro -, por meio da análise dos cenários urbanos registrados nos mapas cadastrais dos anos de 1935, 1956 e 1975 e de simulação computacional da forma urbana atual, para análise térmica no meio urbano.

2 METODOLOGIA

O procedimento metodológico adotado compreendeu a pesquisa qualitativa e quantitativa para viabilizar a análise comparativa dos resultados e a compreensão da influência da morfologia urbana no microclima local.

Inicialmente, após a seleção da área de estudo para a pesquisa, foram realizados o reconhecimento do local através de imagens e do levantamento da morfologia urbana e estudos da legislação urbanística. Na fase seguinte, foi efetuado o levantamento da forma urbana atual e das variáveis climáticas - temperatura do ar, umidade relativa, ventilação e radiação solar - e retratadas por meio da ferramenta computacional ENVI-Met (versão 3.1), modelo tridimensional que simula as interações entre superfície, vegetação e atmosfera para ambientes urbanos (BRUSE, 2017). Os resultados obtidos na simulação da morfologia atual da área de estudo, com as variáveis climáticas, permitiram constatar que a forma de ocupação do solo interfere no microclima local e, realizar uma proposição inicial dos princípios bioclimáticos, propostos por Bustos Romero (1988) para a adequação dos parâmetros urbanísticos da área de estudo.

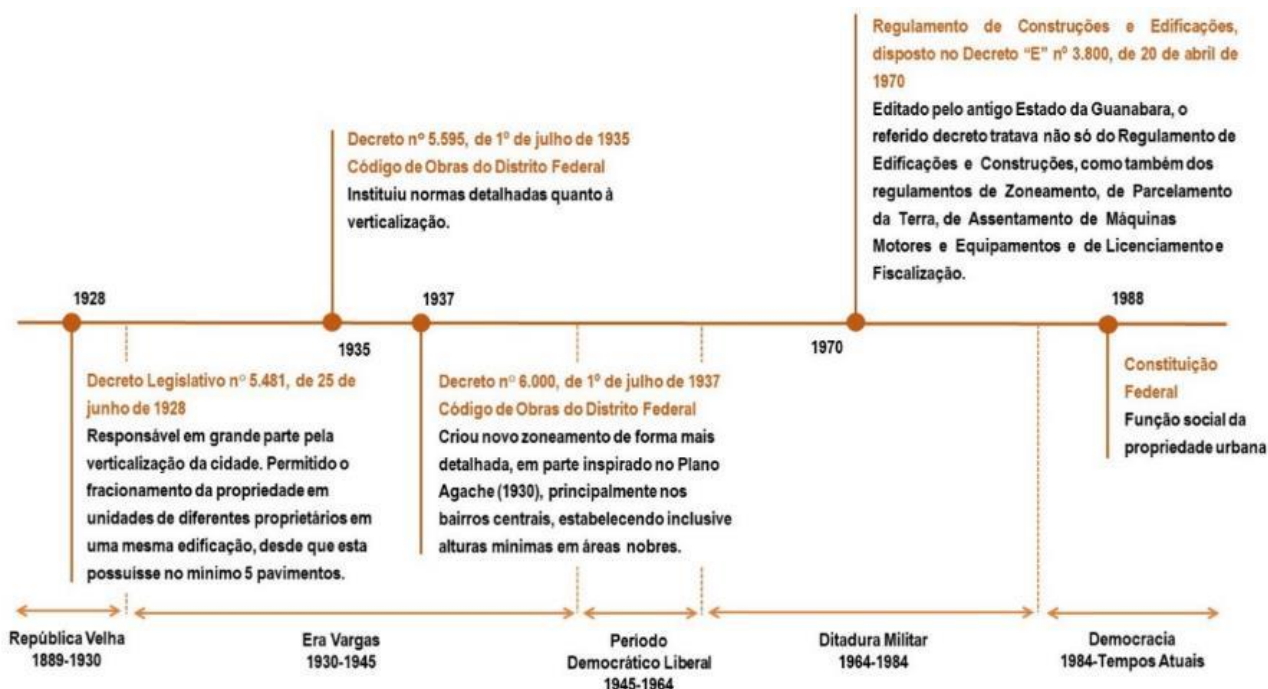
3 PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA PRAIA DE BOTAFOGO E ADJACÊNCIAS

Para a pesquisa do processo de transformação do trecho urbano da Praia de Botafogo e adjacências, foram examinados decretos e leis propostos para a Cidade do Rio de Janeiro, entre os anos de 1928 a 1970, além da leitura de teses e dissertações para a compreensão da evolução e produção do espaço urbano.

A legislação urbanística identificada nesse intervalo, percorre períodos históricos distintos da Cidade do Rio de Janeiro, em que foram adotadas, entre os anos de 1925 e 1975, cinco codificações para a regulamentação do uso do solo, além de contemplarem direções prioritárias de expansão urbana e condições para construção e edificação.

A Figura 1 apresenta, em uma linha do tempo, os principais decretos que entraram em vigor no período analisado, permitindo a visualização da configuração do quadro jurídico-institucional.

Figura 1: Linha do Tempo: Decretos propostos para a Cidade do Rio de Janeiro, no período de 1928 a 1970.



Fonte: Elaboração própria (2021).

O Decreto nº 5.481, de 25 de junho de 1928, promulgado no Governo de Washington Luiz, é considerado como o primeiro grande impulso ao desenvolvimento imobiliário, especialmente no Rio de Janeiro, pois foi

responsável em grande parte pela verticalização da cidade. O ato legal criou o conceito de fração ideal do terreno e de formação do condomínio, que possibilitou a construção de edifícios de no mínimo cinco pavimentos com unidades residenciais (apartamentos) pertencentes a proprietários autônomos. Segundo Oliveira (1978), o fim da edificação residencial unifamiliar e da ocupação horizontal do solo, decorre a partir da homologação da Lei nº 285, de 5 de junho de 1948, pelo Presidente Eurico Gaspar Dutra, que estendeu a condição do apartamento, como propriedade autônoma, para edifícios com dois ou mais pavimentos.

O Decreto nº 5.595, de 1º de julho de 1935, foi um instrumento transitório até a legislação de edificações ser consolidada pelo Decreto nº 6.000, de 1º de julho de 1937, que aprovou o primeiro Código de Obras da cidade do Rio de Janeiro, desvinculado do Código de Posturas.

O Decreto nº 6.000/1937 se tornou uma consolidação dos estudos apresentados pelo Plano Agache e uma consequência da evolução da legislação urbanística iniciada com o Decreto nº 1.594/1914 em decorrência da expansão do Rio de Janeiro. Esse instrumento legal regulou durante 30 anos o uso e a ocupação do solo urbano do Rio de Janeiro quando foi substituído pela Lei nº 1574, de 11 de dezembro de 1967 que estabeleceu normas para o desenvolvimento urbano e regional do então Estado da Guanabara. Esse decreto criou as primeiras diferenciações (gabarito e taxa de ocupação) para o zoneamento residencial (ZR1, ZR2 e ZR3), estabeleceu e regulamentou também as seguintes zonas: comercial; portuária; industrial; rural e agrícola; e de proteção aos aeroportos. O documento foi elaborado tendo em vista uma cidade de ocupação bastante rarefeita e de pouca complexidade urbana. Foi dada ênfase à preservação e desenvolvimento das áreas mais densamente ocupadas e as de interesse paisagístico como a região central, a do bairro de São Cristóvão e as adjacências, e da orla litorânea até a praia do Leblon.

A partir do Decreto 6.000, de 1º de julho de 1937 e os “decretos de extensão”, conforme denomina Borges (2007), a verticalização e a evolução do zoneamento da Praia de Botafogo, foram incentivadas com o Decreto nº 7.757, de 06 de abril de 1944, no qual foram permitidas construções com 12 pavimentos. Segundo a autora, as décadas após a promulgação do Decreto nº 6.000/1937 representaram o período de adensamento da cidade com a mudança da ocupação horizontal do solo pela verticalização. Vários foram os bairros, principalmente os da Zona Sul, que tiveram seus zoneamentos (usos e gabarito) alterados face às pressões do setor da construção civil e atividades correlatas.

Editado pelo antigo Estado da Guanabara o Regulamento de Construções e Edificações, disposto no Decreto “E” nº 3.800, de 20 de abril de 1970, tratava também dos Regulamentos de Zoneamento, de Parcelamento da Terra, de Assentamento de Máquinas Motores e Equipamentos e de Licenciamento e Fiscalização.

A partir do Decreto “E” nº 3.800, de 20 de abril de 1970, foram aprovados novos regulamentos complementares à Lei do Desenvolvimento Urbano do Estado da Guanabara e formulado o Regulamento de Zoneamento (RZ), que vigorou até 1976.

O RZ dividiu a cidade em um número maior de zonas; determinou o controle de densidades alterando a filosofia da legislação anterior; instituiu os conceitos de uso adequado, uso tolerado e inadequado de acordo com as zonas das cidades e o conceito de centro de bairro, eixos viários principais dos bairros onde a ocupação do solo foi destinada ao comércio com graus de intensidade, isto permitiu a progressiva descentralização dos serviços e por fim, introduziu um novo parâmetro, a Área Total de Edificação (ATE), contendo o volume das edificações em determinadas áreas. Esse regulamento não limitava a altura das edificações afastadas das divisas, bem como, a sua ATE, extremamente permissivo seria mais tarde alterado em suas disposições. O RZ também definiu cinco zoneamentos especiais, objetivando a preservação de áreas determinadas e a elaboração de projetos especiais de urbanização.

O Regulamento de Edificações e Construções, continha 159 artigos e conquanto tenha sido alterado por inúmeras normas supervenientes somente veio a ser revogado em 2019, pela Lei Complementar nº 189, de 14 de janeiro de 2019, instituído como Código de Obras e Edificações Simplificado (COES).

A visualização dos mapas no recorte da área de estudo, no Bairro de Botafogo, é identificada na Figura 2. Os mapas cadastrais dos anos de 1935 (Figura 3), 1956 (Figura 4) e 1975 (Figura 5) permitem observar que as mudanças adensamento das edificações nas proximidades da orla como uma característica marcante da evolução do bairro. E, ainda, o mapa da Figura 6 apresenta a configuração relativa ao ano de 2021 e, a partir dele nota-se importantes alterações principalmente nas quadras da praia e ao longo da Rua Visconde de Ouro Preto, pela substituição de conjuntos de casarios por blocos de apartamentos.

Figura 2: Localização do trecho urbano no recorte da Praia de Botafogo.



Fonte: Google Earth, 2022.

Figura 3: Mapa cadastral do ano de 1935, com destaque para a trecho urbano da Praia de Botafogo.



Fonte: Redesenho Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.

Figura 4: Mapa cadastral do ano de 1956, com destaque para a trecho urbano da Praia de Botafogo.



Fonte: Redesenho Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.

Figura 5: Mapa cadastral do ano de 1975, com destaque para a trecho urbano da Praia de Botafogo.



Fonte: Redesenho do Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.

Figura 6: Mapa cadastral do ano de 2021, com destaque para a trecho urbano da Praia de Botafogo.



Fonte: Redesenho do Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.

O comparativo dos mapas cadastrais demarca a modificação das características urbanas, com reflexos nas características ambientais da área de estudo. O bloqueio da ventilação com a menor permeabilidade da malha urbana, nas quadras internas, pode ser apontado como um dos primeiros fatores de alteração da sensação térmica dos usuários dos espaços abertos. Nesse aspecto, as pesquisas de Ren e Katzchner (2010), em mapas climáticos urbanos, apontam que o ambiente térmico e a ventilação do ar na camada intra-urbana (Urban Canopy Layer - UCL), desempenham as funções mais importantes na avaliação climática-ambiental do meio urbano. Como exemplo de uma bem-sucedida aplicação, os mapas climáticos desenvolvidos para as áreas urbanas da cidade de Stuttgart, na Alemanha, permitiram a identificação do principal canal de vento, a integração das recomendações do mapa climático na revisão do das diretrizes do uso do solo e como benefício concreto, a preservação da zona de ventilação urbana.

4 A ÁREA SELECIONADA: TRECHO URBANO DO BAIRRO DE BOTAFOGO

A delimitação da área de estudo, formada pelo quadrilátero limitado pela Praia de Botafogo, Rua Professor Alfredo Gomes, Rua Assunção e Rua Visconde Ouro Preto, teve como pontos norteadores para sua escolha a densidade de ocupação, a presença de áreas arborizadas concentradas em miolos de quadras e ao longo de algumas vias e a diversidade de tipologias arquitetônicas e formas de ocupação do solo, resultados das diretrizes normativas definidas nos instrumentos de controle urbanístico, aplicadas no decorrer das gestões municipais.

A região apresenta forma urbana ortogonal, com solo adensado, afastamentos mínimos ou quase inexistentes entre as edificações. Se destaca a arborização em miolo de quadra e viária, localizada entre as Ruas Professor Alfredo Gomes, Rua Bambina, Rua Vicente de Sousa e Rua Muniz Barreto, e a reduzida arborização nas demais vias do trecho urbano.

Para ilustrar a morfologia urbana e a diversidade de tipologias arquitetônicas existentes na área de estudo, foram elaboradas representações do panorama urbano da Rua Bambina, em suas vistas oeste e leste. É possível observar pelas imagens da Figura 7, que a área selecionada possui uma variedade de tipologias, gabaritos, afastamentos e cobertura do solo, conferindo à região um caráter que atende à função de um recorte de bairro.

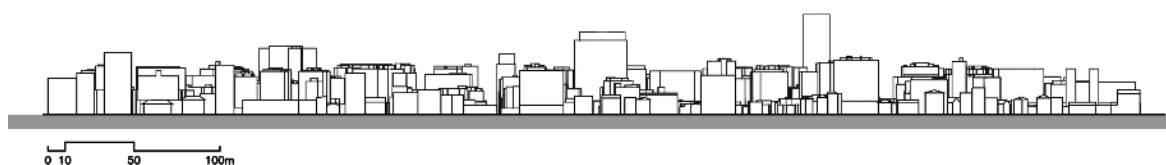
Criada em 1839, em decorrência de desmembramentos da chácara do Conselheiro Bernardo de Figueiredo, a Rua Bambina deu servidão a outras chácaras adquiridas por aristocratas - médicos e fazendeiros - conforme relata Santos (1981), em sua obra "Expansão Urbana e Estruturação de Bairros do Rio de Janeiro - O Caso de Botafogo". A intensificação de ocupação se deu entre os anos de 1859 e 1862, com licenciamento para obras e construções de casas térreas e assobradadas. A diversificação funcional ocorreu com o estabelecimento de comércio, no período de 1871 a 1880.

Apesar da predominância de casas térreas, prédios assobradados e de dois pavimentos, no período de 1920 a 1933, o aumento considerável do número de construções de três e quatro pavimentos na Praia de Botafogo e na Rua Bambina, representa a mudança mais significativa da feição desse trecho urbano. O processo de verticalização na Rua Bambina ocorre a partir das décadas de 1960 e 1970.

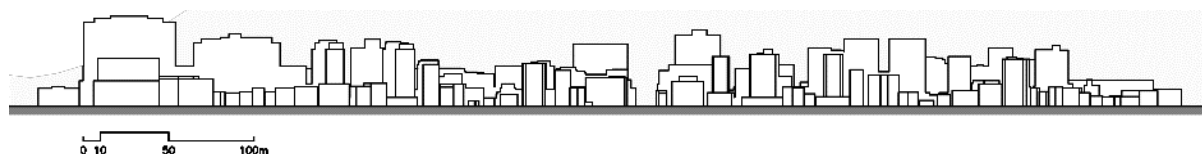
Figura 7: Panoramas urbanos das vistas oeste e leste da Rua Bambina.



Panorama urbano - vista AA' leste da Rua Bambina.



Panorama urbano - vista BB` oeste da Rua Bambina.



Fontes: Desenhos Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.

A comparação inicial entre os panoramas urbanos, aponta que na vista leste há existência de edificações com gabaritos maiores e a ocupação mais adensada nas quadras mais próxima da Praia de Botafogo, que apresentam variações entre um e 25 pavimentos, com predominância de edificações com 14 e 15 pavimentos. Nas quadras internas, conforme apresentadas na vista oeste da Rua Bambina, podem ser identificadas edificações com gabaritos menores, entre um e 13, com predominância de edificações com três e quatro pavimentos.

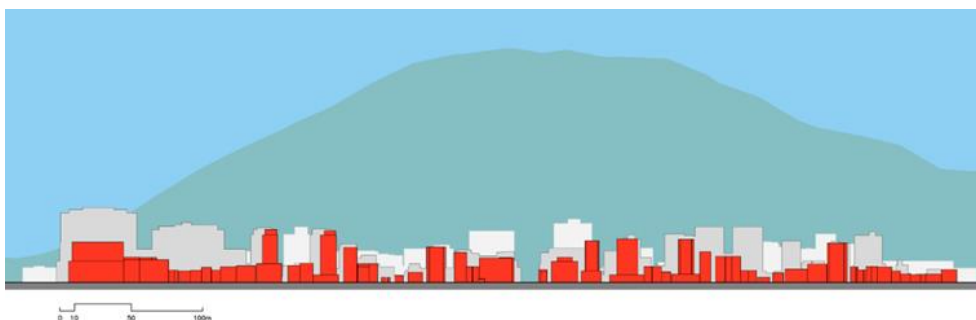
Nas representações das Figuras 8 e 9, estão ilustradas no primeiro plano, as edificações com numeração de porta situadas para as vistas leste e oeste da Rua Bambina.

Figura 8: Panorama urbano das edificações com numeração de porta para a vista leste da Rua Bambina.



Fonte: Desenhos Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.

Figura 9: Panorama urbano das edificações com numeração de porta para a vista oeste da Rua Bambina.



Fonte: Desenhos Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.

Os panoramas urbanos que apresentam as edificações com numeração de porta, apontam que na vista oeste, as edificações com gabaritos maiores apresentam entre seis e 13 pavimentos, com existência significativa de edificações com até quatro pavimentos. Na vista leste ocorre a predominância de edificação de até quatro pavimentos, com poucas edificações maiores, acima de cinco pavimentos.

A predominância de edificações de três a quatro pavimentos ao longo da Rua Bambina, remanescentes do período de 1920 a 1933, em sua maioria se justifica pela existência de legislação específica de bens tombados no logradouro. Em pesquisa realizada no sistema georreferenciado desenvolvido pela Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU), no qual dispõe a consulta de mapas com a legislação de uso e ocupação do solo dos bairros da cidade do Rio de Janeiro, foi identificado no Relatório de Informações Urbanísticas, a vigência dos Decretos 9.904 (12/12/1990), 13.625 (24/01/1995) e 22.643 (10/02/2003), vinculados a Secretaria Extraordinária de Promoção, Defesa, Desenvolvimento e Revitalização do Patrimônio e da Memória Histórico-Cultural da Cidade do Rio de Janeiro (SEDREPAHC). O panorama urbano destes bens tombados na Rua Bambina pode ser observado na Figura 10, onde estes aparecem indicados em vermelho.

Figura 10: Panoramas urbanos dos bens tombados existentes nas vistas leste e oeste da Rua Bambina.



Panorama urbano dos bens tombados existentes na vista AA' - leste da Rua Bambina.



Panorama urbano dos bens tombados existentes na vista BB' - oeste da Rua Bambina.



Fonte: Desenhos Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.

Essa conformação se repete em outros logradouros, como a Ruas Professor Alfredo Gomes, Vicente de Souza e Muniz Barreto, nos quais permanecem prédios assobradados e de dois pavimentos e edificações, entre três e quatro pavimentos.

A legislação específica de bens tombados permitiu a configuração de diversidade de gabaritos e de ocupação dos lotes deste trecho urbano, o que diferencia dos demais bairros da Zona Sul, localizados na

faixa litorânea, como Copacabana e Ipanema, que possuem edificações com gabaritos quase regular, nas quadras mais próximas da orla.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO MICROCLIMA URBANO

Na segunda etapa da pesquisa, para a análise da influência da morfologia urbana no microclima local e posterior aproximação inicial dos bioclimáticos com os parâmetros urbanísticos da área de estudo, a ferramenta computacional foi utilizada na morfologia urbana atual da área de estudo. O trabalho consistiu no levantamento dos arquivos básicos necessários para a simulação - Arquivo de Entrada de Área e Arquivo de Configuração.

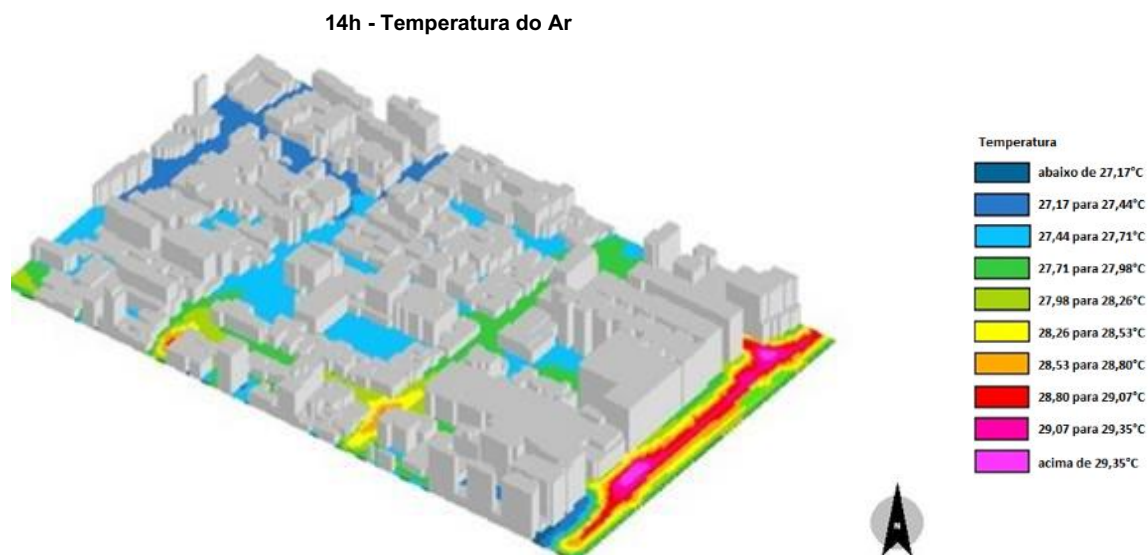
A partir da entrada dos modelos no ENVI-met, foram retratadas no mapa do trecho urbano, a forma urbana existente e as interações com os parâmetros das variáveis climáticas: temperatura do ar, velocidade do vento, umidade e fator de visão do céu. Os resultados dizem respeito aos valores médios das variáveis para o mês de janeiro, do ano de 2020. Para os dados sobre o vento, foram trabalhados como a média do vento dominante (direção sudeste) da cidade do Rio de Janeiro, no mês de janeiro.

A primeira análise apresenta os resultados de temperatura e de ventos para três horários do dia, definidos como representativos para o ensaio: 9h, 14h e 20h. Todos os resultados encontrados para a sensação de conforto do pedestre (ao caminhar pela rua), foram obtidos a uma altura de 1,80 m, devido a condição da ferramenta computacional para áreas com gabaritos mais altos. Na condição de gabaritos médios, a altura é estabelecida entre 1,10 m e 1,50 m. Neste momento da pesquisa a vegetação não foi inserida nesse estudo, pois o foco da simulação foi a análise da variação da ocupação urbana.

A comparação dos resultados de cada um dos cenários, para as variáveis; temperatura do ar (°C), umidade relativa (%) e velocidade do vento (m/s) por horário, é possível devido as alterações resultantes na mesma escala de valores e de cores, conforme legenda indicada nos mapas. Os valores das temperaturas dados na escala Kelvin (K), foram convertidos para a escala Celsius (°C).

A Figura 11 ilustra as variações da temperatura do ar com a volumetria da morfologia urbana atual do trecho urbano, no horário das 14h, na estação verão. É possível observar como a barreira de edifícios na quadra próxima da Praia de Botafogo e os baixos gabaritos das quadras internas interagem com as variáveis climáticas atuantes no local.

Figura 11: Interações das variáveis com a morfologia urbana (em 3D), simuladas pelo ENVI-met, no trecho urbano da área de estudo.



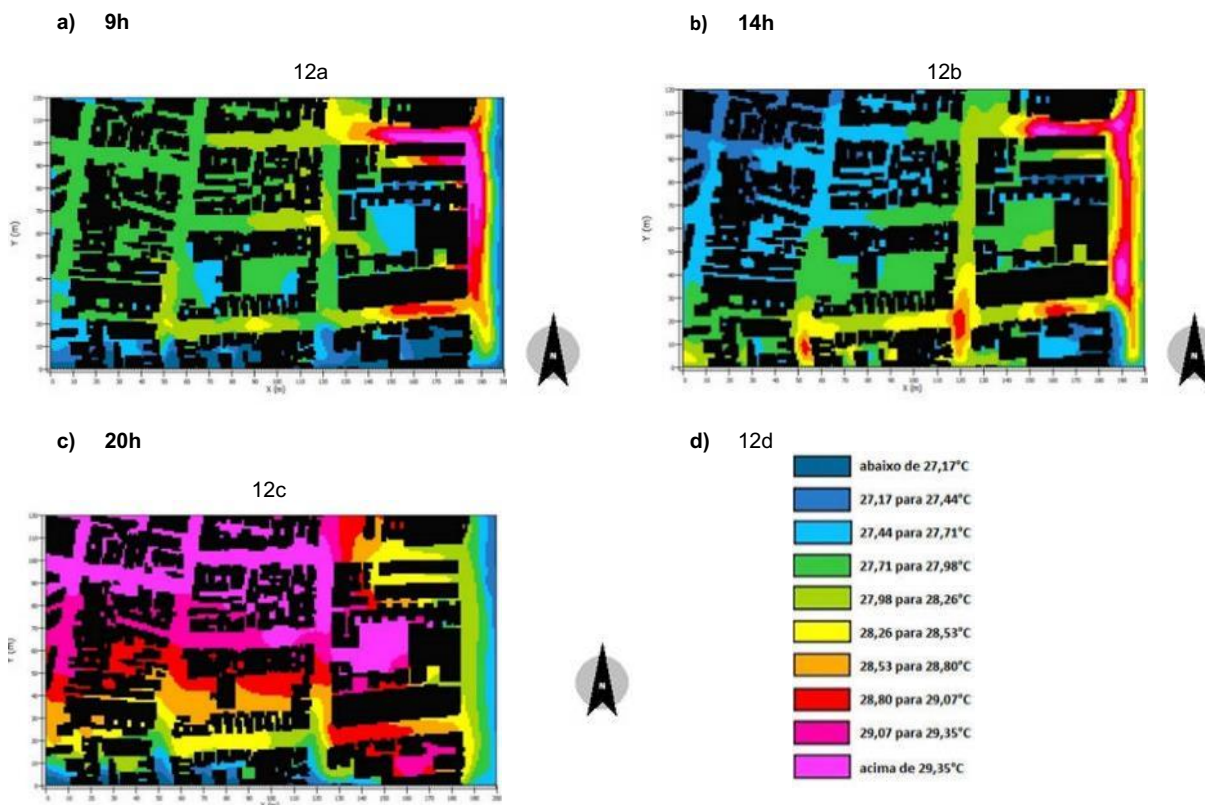
Fonte: Elaboração do Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.

As imagens da Figura 12 ilustram as variações da temperatura do ar verificadas no trecho urbano estudado, nos horários definidos como representativos para o ensaio: 9h, 14h e 20h. Pode-se perceber que a barreira de edifícios localizada próxima da Praia de Botafogo, dificulta a entrada dos ventos nas quadras internas da área de estudo. No horário da manhã (Figura 12a), a região mais quente está representada na calçada e à noite os valores mais elevados estão na parte interna dos quarteirões, uma vez que esta região, dado os

materiais de revestimento urbano, maior densidade e ruas mais estreitas, demora mais a perder calor do que na região mais aberta.

As altas temperaturas e a umidade, típicas do clima quente e úmido, associadas à pouca ventilação e às mudanças na cobertura do solo, permitem o acúmulo de calor e induzem a formação das ilhas de calor. Tal condição provoca o desconforto térmico em áreas urbanas, conforme demonstrada no horário das 20h.

Figura 12: Variações da temperatura do ar nos horários das 9h, 14h e 20h (12a, 12b e 12c) e escala de cores (12d).



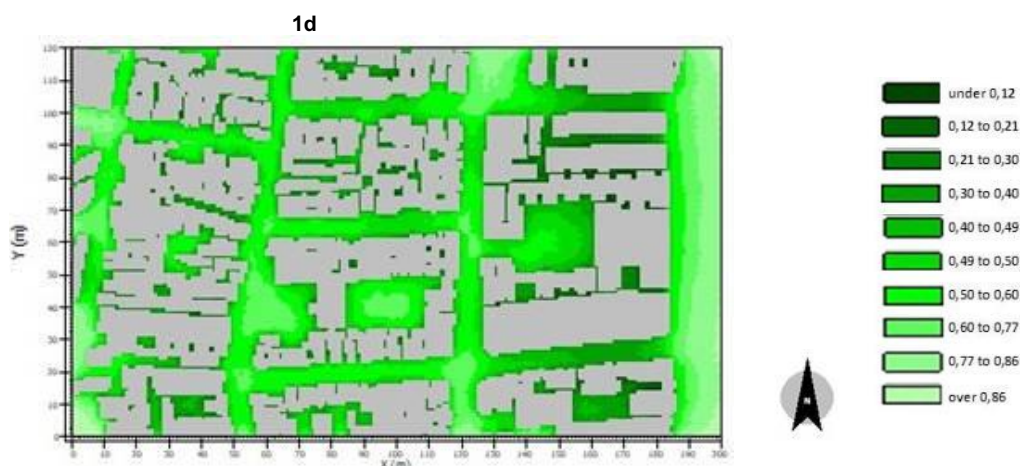
Fonte: Elaboração do Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.

A permeabilidade dos ventos, também, pode ter sofrido influência da orientação e do posicionamento das ruas. Devido as vias transversais à direção dos ventos dominantes interferiram nos níveis de ventilação no interior das quadras.

A Figura 13 apresenta o parâmetro do fator de visão do céu - FVC (fator de visão do céu), diretamente relacionado à morfologia urbana e a verticalização. Esse parâmetro representa a quantidade de céu visível em um determinado ponto, considerando as edificações e a vegetação do trecho urbano. Quanto mais obstruído é um local no meio urbano (maior obstrução da visão do céu), maior será a dificuldade do ambiente dispersar energia térmica armazenada para a atmosfera. Isso se dá porque a morfologia urbana e a verticalização aumentam a superfície de contato exposta a radiação e, conseqüentemente, a um aumento de absorção de radiação solar. Oke (1982) aponta o fator de visão do céu como um dos fatores principais para ocasionar o fenômeno das ilhas de calor.

Devido a presença de edificações altas, a quadra próxima a Praia de Botafogo apresentou os menores índices para o FVC. Quanto nas quadras internas, devido a existência de edificações com alturas mais baixas e de arborização em miolo de quadra, favoreceu o maior índice do FVC. Conforme esclarecido anteriormente, neste momento da pesquisa a vegetação não foi considerada nos parâmetros devido a possível interferência de sua presença nos resultados, pois o foco da simulação foi a análise da variação da ocupação urbana.

Figura 13: Fator de visão do céu: Praia de Botafogo (1d), às 14h.





Fonte: Elaboração do Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq, 2021.




5 CONCLUSÃO

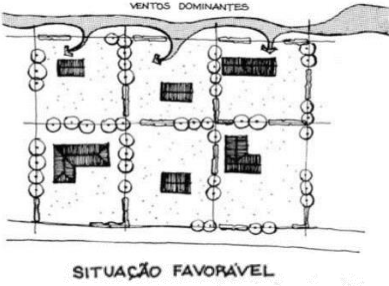
A partir dos estudos desenvolvidos por Bustos Romero (1988), especialmente em sua obra “Princípios bioclimáticos para o desenho urbano”, pode-se estabelecer algumas considerações microclimáticas urbanas bastante úteis, para os parâmetros de uso e ocupação do solo urbano, relativos aos espaços públicos, traçados de ruas e tamanho e forma de lotes.

Para esta etapa da pesquisa foi realizada uma aproximação dos princípios bioclimáticos com os parâmetros urbanísticos da área de estudo, organizada na Tabela 1. Essa tabela síntese apresenta, portanto, as inter-relações observadas para a área de estudo.

Tabela 1: Considerações microclimáticas e parâmetros para uso e ocupação do solo para a área de estudo.

Parâmetros/aspectos do conforto ambiental	
Ventilação Natural	
Condições ideais para o clima quente e úmido	Para favorecimento da ventilação urbana, deve-se evitar edificações de uma mesma altura e ocupação total do lote.
Condições encontradas ou incidentes na área de estudo	As edificações das quadras situadas na Praia de Botafogo, formam uma “barreira” que impede a penetração do ar no tecido urbano.  Fonte: Google Earth, 2021.
Considerações	A forma de ocupação das edificações situadas na Praia de Botafogo (mesma altura, sem afastamento entre as edificações), impede que a ventilação urbana penetre no tecido urbano. A ocupação total do lote dificulta, também, a ventilação cruzada permanente no interior da edificação.
Indicações para o desenho urbano (considerações para uma ocupação ideal)	Construção de edifícios altos e baixos para favorecer a ventilação no tecido urbano e afastamentos frontais, de fundos e laterais. A figura mostra a ventilação por meio das edificações.  SITUAÇÃO FAVORÁVEL Fonte: Bustos Romero, 1988.

Parâmetros/aspectos do conforto ambiental	
Ventilação Natural / Conforto Térmico	
Condições ideais para o clima quente e úmido	Os espaços abertos devem prevalecer, e ser arborizados, permitindo a ventilação que auxilia nos espaços construídos. O tecido urbano deve ser disperso, solto, aberto e extenso, para permitir a ventilação das formas construídas.
Condições encontradas ou incidentes na área de estudo	<p>Ao contrário das quadras situadas na Praia de Botafogo, as quadras próximas apresentam uma forma de ocupação favorável.</p>  <p style="text-align: center;">Fonte: Google Earth, 2021.</p>
Considerações	<p>As áreas arborizadas contribuem para a formação de microclimas favoráveis ao conforto térmico.</p>  <p style="text-align: right;">Situação favorável, com miolo de quadra livre e arborizada.</p> <p style="text-align: center;">Fonte: Google Earth, 2021.</p>
Indicações para o desenho urbano (considerações para uma ocupação ideal)	A forma deve ser dispersa para permitir a ventilação e os lotes devem ter vedações de preferência naturais e o alinhamento das edificações não deve ser rígido.
Parâmetros/aspectos do conforto ambiental	
Radiação / Insolação	
Condições ideais para o clima quente e úmido	Reduzir a absorção por radiação. Construções esparsas, com presença de vegetação para sombreamento / absorção da radiação solar. O alinhamento das edificações não deve ser rígido, permitindo a circulação do ar.
Condições encontradas ou incidentes na área de estudo	<p>A existência de grandes áreas pavimentadas gera desconforto térmico, devido à alta absorção da radiação solar próxima ao solo.</p>  <p style="text-align: center;">Fonte: Google Earth, 2021.</p>
Considerações	A diminuição da permeabilidade em relação aos ventos, através da verticalização mal planejada, também contribui para o quadro de formação de ilhas de calor urbanas. A consequência mais direta desse fenômeno é o desconforto térmico causado pelo aumento médio das temperaturas, diminuição da umidade e do vento.

<p>Indicações para o desenho urbano (considerações para uma ocupação ideal)</p>	<p>As construções devem ser separadas entre si e rodeadas de árvores que proporcionem o sombreamento necessário e absorção da radiação solar. Deve-se procurar um espaço contínuo de integração. A figura apresenta a disposição para lotes e edificações em regiões quentes e úmidas.</p> 
--	---

Fonte: Bustos Romero, 1988

A análise inicial da evolução da morfologia urbana e dos resultados da simulação computacional, permitiu a compreensão da influência da morfologia urbana no microclima local. Espaços urbanos com as mesmas condições climáticas, configurações urbanas com diferentes volumetrias das edificações, orientações e dimensões das vias e quarteirões e a quantidade de vegetação podem provocar variações significativas no microclima local. A fim de melhorar as condições microclimáticas em regiões de clima tropical - quente e úmido, a configuração dos espaços urbanos deve visar, por exemplo, a ampliação da ventilação e a proteção contra a radiação.

6 AGRADECIMENTOS

Aos bolsistas de Iniciação Científica do Grupo de Pesquisa UrBiS/CNPq: Lucas Vicente Loyola e Wagner Guimarães de Freitas, que participaram da pesquisa da legislação, do desenvolvimento dos panoramas urbanos e do redesenho dos mapas cadastrais - 1935, 1956, 1975 e 2021 - da área de estudo, bem como ao doutorando Lucivaldo Dias Bastos, pela participação na ferramenta de simulação ENVI-met.

7 REFERÊNCIAS

- BARANDIER H. et al. Planejamento e controle ambiental-urbano e a eficiência energética. 2.ed. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA; ELETROBRAS/PROCEL, 2013. 222p. ISBN 9788574030388.
- BARBIRATO G. et al. Clima urbano e eficiência energética nas edificações. Rio de Janeiro: PROCEL EDIFICA, 2011. (Série Material Didático), 2011. 113p.
- BORGES, M. V. O zoneamento na cidade do Rio de Janeiro: gênese, evolução e aplicação. 226p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, IPPUR/UFRJ, 2007.
- BRUSE, M. Decoding Urban Nature. ENVI-met, 2017. Disponível em <<http://www.envi-met.com/publication/>> Acesso em: 30 de julho de 2021.
- BUSTOS ROMERO, M. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. São Paulo, Proeditores, 1988.128p.
- _____. Bioclimatismo, sustentabilidade e senso do lugar. In: Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: ANTAC, 2003. 1 CD-ROM. 2003.
- HIGUERAS, E. Urbanismo bioclimático: critérios mediambientales en la ordenación de asentamientos. Resumo da Tese de Doutorado. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid, 1998. 81 p.
- KATZSCHNER, L.; BOSCH, U.; RÖTTGEN, M. A methodology for bioclimatic microscale mapping of open spaces. University of Kassel Kassel, Germany, [s.d.]. Disponível em <<https://www.dec.uc.pt/pluris2018/Paper1622.pdf>>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.
- LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 18, p. 95-111, 2006.
- LOMBARDO, M. A. Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244 p.

MORENO GARCÍA, M. D. C. Climatología urbana. Colección Textos Docents nº 160, Edicions Universitat de Barcelona, Barcelona, 1999.

OLIVEIRA, L. G. Desenvolvimento urbano da Cidade do Rio de Janeiro: uma visão através da legislação reguladora da época - 1925/1975. 108p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Curso de Planejamento Urbano e Regional, Programa de Projetos Industriais e Transportes, Rio de Janeiro, 1978.

OKE, T. R. The energetic basics of the urban heat island. Quartely Journal: of the Royal Meteorological Society, 108, p.1-24, 1982.

OKE, T. R. et al. Urban climates. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

REN, C.; NG, E. Y.; KATZSCHNER, L. Urban climatic map studies: a review, International Journal Climatology, Royal Meteorological Society, 2010.

SANTOS, R. L. Expansão urbana e estruturação de Bairro do Rio de Janeiro - O caso de Botafogo. 241p. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, COPPE/UFRJ, 1981.

NOTA DO EDITOR (*): O conteúdo do artigo e as imagens nele publicadas são de responsabilidade do(s) autor(es).