

O IMPACTO DA MORFOLOGIA URBANA NO CONFORTO TÉRMICO DOS AMBIENTES EXTERNOS: O EXEMPLO DE HAIFA

Rebeca Paiva de Almeida Rabia (IC) e Erika Ciconelli de Figueiredo (Orientador)

Apoio: PIVIC Mackenzie

RESUMO

A pesquisa tem como objetivo o estudo da formação de ilhas de calor urbanas, relacionando a morfologia da cidade e sua implantação à consolidação de microclimas urbanos. Para este estudo foram escolhidos três bairros da cidade de Haifa, Israel, a fim de relacionar diferentes tipos de urbanização com o comportamento do clima. A cidade se desenvolve no relevo acentuado do Monte Carmel, às margens do Mar Mediterrâneo, e os bairros estão subdivididos em três principais seções da encosta. Foram analisadas as principais características históricas, construtivas e morfológicas de cada um dos bairros de Haifa, para melhor entendimento de como a consolidação da cidade se relaciona com o caráter climático quente-seco da região. Juntamente com o entendimento dos processos que formaram os bairros da cidade, a pesquisa busca um entendimento de como a arquitetura funciona como agente de controle e transformação do clima na qual está inserida. Para leitura dos dados utilizou-se do software ENVI-Met, juntamente com os dados climáticos obtidos através do Serviço Meteorológico Israelense, com geração de simulações computadorizadas capazes de medir os efeitos dos índices climáticos em diferentes circunstâncias urbanizadas. Após análise dos dados gerados em simulação, pudemos observar que há uma maior mitigação dos fatores de estresse climático em regiões da cidade que possuem caráter regional, enquanto bairros de urbanização de caráter internacional e europeu sofrem com maiores temperaturas e radiação solar nos meses de verão, devido à uma falta da experiência construtiva em climas quentes-secos da costa do Mediterrâneo.

Palavras-chave: Ilhas de calor urbanas, morfologia urbana, climatologia na arquitetura.

ABSTRACT

This research has the goal to study the phenomenon of urban heat islands, relating the urban form and its setting aspects to the consolidation of microclimate within the urban districts. Three neighborhoods in the city of Haifa, in Israel, were used as the case study for this research, looking towards its urbanization process and the behavior of climate factors. The city grows towards the hillside of Mount Carmel, in the coast of the Mediterranean Sea, and its neighborhoods are divided into three major areas alongside the mountain. The most important historical, constructive, and morphological issues surrounding each one of the areas from Haifa were analyzed, for better understanding on how the architecture works as an agent of the urban climate in which it is located. For the data reading and analysis we used the software

ENVI-Met, together with collected weather files from the Israeli Meteorological Services, for generation of simulated computer images, and made it possible to analyze the effect of the climatic indexed on different kinds of urbanized settings. After data analysis and comparative simulations, it is possible to understand that the areas that are closer to traditional regionalism in its form are more capable of mitigating the stressful climate factors, meanwhile, in the recent urbanized areas, that follow international and European styles, we found higher temperatures and solar radiation during the months of summer, due to the fact that this architecture has less experience when dealing with hot-arid climates, such as found in the Mediterranean Coast.

Keywords: Urban heat island, urban morphology, building climatology.

1. INTRODUÇÃO

A morfologia e a caracterização espacial de um território urbano são parâmetros que estão diretamente relacionados ao impacto do clima na vida humana e na qualidade ambiental dos locais nelas inseridos. Ao contrário do ambiente natural, o ambiente urbano pode modificar em diversas variáveis a ação de um determinado fenômeno climático sobre a superfície, e mais importante, sobre as sensações humanas em relação àquele efeito (LABAKI et al., 2012).

Diversas são as implicações da urbanização na sensação térmica do indivíduo, a citar: a formação de ilhas de calor e cânions urbanos, as mudanças no comportamento dos ventos e na incidência de radiação (ROMERO, 2000). Tais efeitos podem gerar situações decisivas no que diz respeito ao conforto ambiental nas cidades e à qualidade da vida humana, situando a arquitetura como meio essencial para garantia de fatores bioclimáticos positivos do ponto de vista do cidadão (KATZSCHNER; THORSSON, 2009). A compreensão de como os elementos naturais ou construídos interferem na sensação de conforto do pedestre, pode contribuir para um mapeamento de soluções que amenizem os efeitos climáticos em relação ao ambiente urbanizado, como a presença de água, a quantidade de vegetação e a geometria da superfície, levando em consideração a relação entre luz e sombreamento, absorção e perda de calor (VASCONCELOS; SOUZA, 2018).

Para entender o impacto da urbanização e sua morfologia na categorização de microclimas, foi estabelecido o foco na formação ilhas de calor urbanas, como uma das principais consequências ambientais ocasionadas pela mudança na qualidade climática entre as superfícies horizontais e verticais do meio natural para o meio urbano. Segundo Oke (1982, apud NETO; AMORIM, 2016, p. 3), o fenômeno das ilhas de calor pode ser definido como

(...) uma anomalia térmica, que possui dimensões horizontais (extensão), verticais e temporais, esse efeito está intimamente relacionado com o

tamanho da cidade, a quantidade de construções, o uso do solo, com o clima e com as condições meteorológicas daquele dado lugar.

Givoni (1968), em pesquisa realizada em Israel, estabelece parâmetros para o comportamento dos fatores climáticos dependendo de sua localização geográfica, demonstrando a influência exercida pelo meio natural no meio construído, com foco nas regiões de climas quentes, que se dão como grandes desafios para o planejamento e para o controle de suas condições climáticas. Contrapondo a região costeira do Mediterrâneo e região semi-árida do Negev, Givoni (1968) apresenta as variáveis atmosféricas e sensoriais nestas duas situações, citando os dados indicativos da temperatura, umidade do ar, precipitação e velocidade dos ventos, além dos efeitos causados pelos fenômenos da maritimidade e da continentalidade, respectivamente. Dessa maneira, definem-se dois exemplos distintos do impacto que a geografia local pode ter sobre o espaço, juntamente com algumas diretrizes construtivas a serem adotadas em cada uma das situações, tendo como base as formações urbanas em Israel e as especificidades de seu clima.

A partir do levantamento realizado por Givoni (1968), Aleksandrowicz (2017) discorre sobre os desafios de reestabelecer a relação entre clima e arquitetura no contexto israelense, devido a diversidade de momentos históricos e sociais presentes nesse espaço, e, conseqüentemente, a heterogeneidade de suas situações construtivas. Aleksandrowicz (2017) desenvolve uma reflexão sobre a realidade israelense quanto à adaptação da cultura arquitetônica europeia trazida pelos novos imigrantes para uma nova situação climática, e como se deu a convergência desta arquitetura com aquela já existente, tradicional da região da Palestina, como cita:

O fato que a maioria dos arquitetos ativos na Palestina na década de 1920 vieram da Europa e não estavam acostumados com o clima quente da região pode explicar, provavelmente, a atenção crescente dada às questões climáticas nas publicações hebraicas da época. Uma crença comum no meio dos arquitetos e construtores, tanto judeus quanto árabes, era que a construção vernacular da Palestina neste período era muito bem adaptada às condições climáticas locais (ALEKSANDROWICS, 2017, p. 372, tradução nossa).

Tomando como ponto de partida os estudos realizados por Givoni (1968) e o desenvolvimento destes conceitos apresentado por Aleksandrowics (2017), foi eleito como objeto de estudo a cidade de Haifa, ao norte de Israel (figura 1), de modo a demonstrar, dentro de uma mesma condição bioclimática, a interferência causada pela implantação dos ambientes construídos na formação de microclimas.



Figura 1: Localização geográfica da área de estudo. Fonte: KOLODNEY; KALLUS, 2009, p. 324.

Haifa está localizada nas encostas do Monte Carmel, ao sul da Baía de Acre, e é classificada como uma zona de clima mediterrâneo de verão quente (Csa), de acordo com a classificação climática de Köppen-Gaiger do ano 2000. Sua zona urbanizada está implantada ao longo do relevo acentuado, com a área central distribuída, sumariamente, entre três diferentes trechos deste plano inclinado, e cada um destes níveis está representado por um bairro de formação distinta na questão de contexto histórico e caráter arquitetônico. Dumper e Stanley (2007) descrevem que

Atualmente Haifa é dividida em três principais níveis topográficos. A cidade baixa, ao longo da costa, é o centro comercial da cidade, com as estruturas modernas do porto e a zona industrial. O nível médio, Hadar HaCarmel, é uma antiga zona residencial, incluindo zonas mais pobres, em grande parte habitada por palestinos e judeus mizrahi (os provenientes do mundo árabe). Nas camadas mais altas do Monte Carmel estão as residências modernas e espaçosas, com jardins e equipamentos culturais, juntamente com alguns arranha-céus. Por conta de separação entre os níveis, cada um desenvolveu seu próprio centro comercial e estrutura urbana (DUMPER; STANLEY, 2007, p.161, tradução nossa).

A história de Haifa está representada nas escrituras clássicas como uma ocupação datada de aproximadamente 3000 anos atrás, mas a cidade atual não apresenta ruínas ou remanescentes deste período (DUMPER; STANLEY, 2007).

Desde suas primeiras ocupações até aproximadamente o séc. XVI, Haifa permaneceu como uma pequena vila portuária, ambiente para trocas comerciais e assentamentos familiares em pequena escala (DUMPER; STANLEY, 2007). Sendo o domínio do Império Otomano responsável por grande parte do desenvolvimento que ocorreu neste período até o início do século XX, a cidade se estabeleceu como importante ponto comercial e estratégico na região, dando início a um nítido processo de crescimento populacional devido à diversas ondas de imigração, acentuando-se ainda mais com a construção da Jezreel Valley Railway

(um braço da ferrovia principal, Hejaz Railway) em 1905 pelo regime do Império Otomano (EYADAT, 2010). Foi neste período que se consolidaram os principais bairros do antigo centro da cidade como Wadi Salib, Wadi Rushmiyya e Wadi Nisnas, construídos no limiar do Porto de Haifa, pelos operários responsáveis pela construção da ferrovia, em sua maioria imigrantes dos países árabes vizinhos (DUMPER; STANLEY, 2007).

No entanto, Dumper e Stanley (2007) consideram o período do Mandato Britânico da Palestina o principal responsável pelo desenvolvimento industrial, urbano e financeiro de Haifa, a partir de sua conquista sobre os Otomanos em 1918. Entre os anos de 1920 e 1930, muitos imigrantes se estabeleceram na região, originários do Leste Europeu e dos países árabes adjacentes, como Iraque, Turquia e Marrocos. O reconhecimento do local em seu potencial comercial de desenvolvimento, levou o regime inglês a investir na modernização do porto, na implantação de indústrias de refinaria e no planejamento urbano da área adjacente, marcando o início da ocupação do território no nível médio da encosta, o bairro de Hadar HaCarmel, seguindo modelos europeus de planejamento e zoneamento para a cidade (KOLODNEY; KALLUS, 2008; ALEKSANDROWICS, 2017).

O nível mais alto da cidade é constituído pelos bairros mais recentes, de ocupação tardia, com uma mescla entre novas unidades de apartamentos e alguns arranha-céus, de caráter moderno e contemporâneo (DUMPER; STANLEY, 2007). É também nesta região que se situam as principais instituições de ensino – Technion e Universidade de Haifa – assim como pontos turísticos e centros comerciais. A figura 2 indica a localização dos três bairros supracitados.

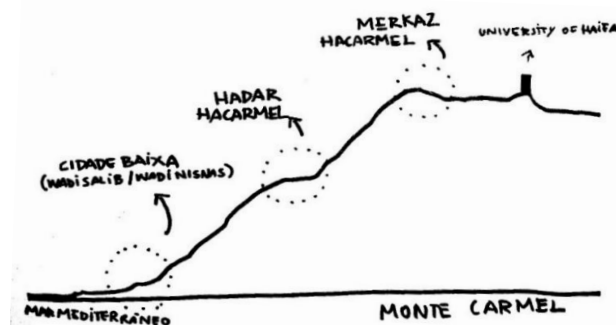


Figura 2: Desenho esquemático (em vista) da distribuição dos bairros na área de estudo. Fonte: Acervo próprio.

A cidade de Haifa apresenta um caráter único em relação à distribuição de sua mancha urbana, e a topografia atua como elemento central na organização de seus bairros e distritos. A identificação das diferenças encontradas entre cada um dos níveis nos permite avaliar como se comportam os elementos climáticos em diferentes situações no relevo e como se dão as interações do homem com este meio.

Esta pesquisa tem como objetivo analisar os dados obtidos na medição da temperatura do ar em três diferentes trechos da encosta da cidade de Haifa, nos bairros de Wadi Nisnas (ao nível do mar), Hadar HaCarmel (na cota 100-150m) e Merkaz HaCarmel (na cota 250-300m), caracterizar as variações no microclima de verificar a relação entre as variações climáticas e a urbanização, do ponto de vista da formação das ilhas de calor. As figuras 3, 4 e 5 apresentam foto, imagem de satélite e modelo tridimensional de cada uma das áreas estudadas.



Figura 3: Da direita para esquerda, Wadi Nisnas, Hadar HaCarmel e Merkaz HaCarmel. Fonte: Google Street View, 2020.

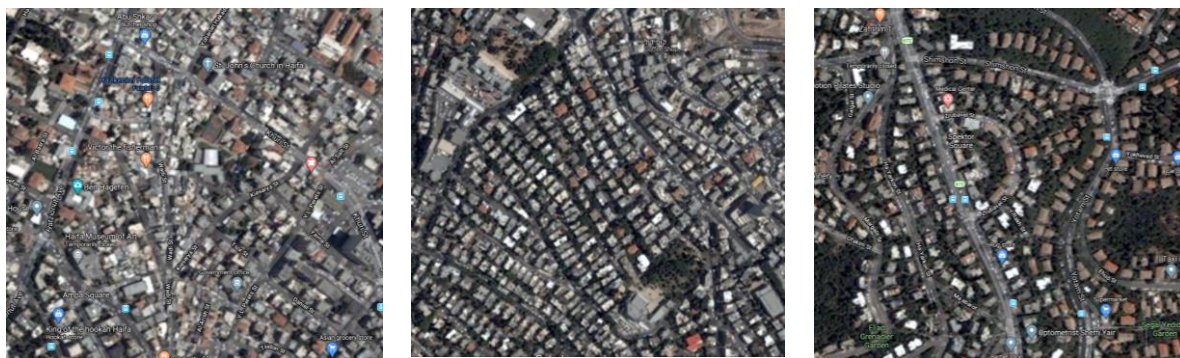


Figura 4: Da direita para esquerda, Wadi Nisnas, Hadar Há Carmel e Merkaz HaCarmel. Fonte: Google Street View, 2020.



Figura 5: Da direita para esquerda, Wadi Nisnas, Hadar Há Carmel e Merkaz HaCarmel. Fonte: A partir de Haifa Municipality, 2020, produzido com o software SketchUp 2019.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Olgyay (1963) explora, através da distinção entre zonas bioclimáticas, o impacto da presença do fator ambiental no desenho das construções. Através da investigação de escolhas construtivas que correspondem à materialidade, orientação solar, incidência de ventos e localização geográfica, define parâmetros que buscam o alcance de uma zona de conforto para o usuário. Sua contribuição também revisita exemplos de regionalismos arquitetônicos e adequações culturais na construção civil, constatando a adaptabilidade que algumas comunidades desenvolveram como resposta ao clima local.

A resposta que o corpo humano tem em relação às temperaturas também é explicitada por Givoni (1997), que cria uma relação entre diversas situações climáticas e as particularidades construtivas locais (principais materiais, orientação das aberturas, geometria e estrutura), assim como a distinção das reações corporais no meio construído em oposição às localidades naturais. A pesquisa busca encontrar uma relação entre soluções arquitetônicas em diferentes zonas climáticas, estendendo-se aos efeitos que o conjunto construído exerce na situação urbana e nos ambientes externos. Além das soluções voltadas à arquitetura individualmente, demonstra que o planejamento das cidades no que diz respeito ao desenho de ruas, arborização, gabaritos e densidades construtivas também contribui para a formação de microclimas e para a determinação das condições de conforto. Givoni (1997) também discute sobre a diferenciação das soluções construtivas contrapondo regiões de clima quente-seco e clima quente-úmido.

Lombardo (2009) realiza um diagnóstico sobre as deficiências causadas pelo ambiente urbanizado e como estas condicionantes influenciam o conforto do cidadão. A impermeabilização do solo, a baixa densidade de vegetação e corpos d'água, a modificação no movimento do ar e na precipitação natural são postos como principais fatores que alteram as sensações naturais do corpo, e, através de pesquisa em duas regiões climáticas distintas, defende a presença de semelhanças e soluções que podem ser propostas em escala global.

De acordo com Duarte (2010), é possível o estabelecimento de observações empíricas sobre o papel que a arquitetura exerce no ambiente externo das cidades. Propõe a criação de parâmetros no campo do planejamento urbano que possam responder às variáveis climáticas, e reforça a importância da presença de coberturas vegetais e aquáticas possuem na mitigação das ilhas de calor e nos altos índices de radiação. Seu método contempla a análise de fatores como taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento e gabarito e sua interferência na formação do clima dentro da cidade. Ridha, Ginestet e Lorente (2018) realizam um modelo computadorizado da cidade de Bagdade, no Iraque, de clima árido e quente na maior parte do ano, no centro econômico e tecnológico da cidade, que, segundo as autoras, é uma

situação morfológica contemporânea e ocidentalizada. Suas conclusões mostram que os indicadores PET (Physiological Equivalent Temperature) e PMV (Predicted Mean Vote) se modificam consideravelmente quando são contemplados ao modelo elementos de sombreamento e arborização, e discutem a relevância dos conhecimentos vernaculares da tradição local para mitigação de suas condições climáticas severas.

Oke (1982) apresenta um processo metodológico para o estudo das ilhas de calor urbanas (ICU) através de dados físicos, e constata que os processos meteorológicos urbanos podem se diferenciar substancialmente dos processos encontrados nas zonas rurais. A possibilidade de estudar estes fenômenos, para Oke (1982), se dá através de quatro passos, sendo estes: a. o reconhecimento e descrição de um fenômeno; b. a ligação estatística deste com outros fatores; c. o estudo do processo que caracteriza um fenômeno; d. a construção de modelos deste processo que possam prever seu comportamento.

Oke (1998), em estudo posterior, estuda com maior especificidade os padrões de organização do desenho de quadras e ruas, quantificando os aspectos positivos e negativos de cada tipo de geometria. Utiliza como exemplo uma comparação entre a qualidade das vias largas em rarefazer a poluição do ar e permitir a entrada de iluminação natural, e a proteção que vias estreitas e quadras densamente construídas pode oferecer quanto à incidência de radiação. O autor busca quantificar características do planejamento urbano que sejam compatíveis às suas realidades climáticas.

No campo da climatologia urbana, existem indicadores que tratam das especificidades da materialidade e da geometria das superfícies que cercam os espaços públicos. Kruger e Gonzalez (2015) realizam um estudo sobre a capacidade de reflexão e absorção de calor pelas superfícies nos cânions urbanos, considerando a alteração do albedo (ou refletância) dos revestimentos como indicador nos níveis de consumo energético das edificações e sua influência na formação de ilhas de calor. Esta contribuição demonstra que o aumento no albedo (capacidade de refletância) pode causar uma redução significativa nas temperaturas ao nível do pedestre.

Buscando expandir o conhecimento da climatologia na arquitetura e no urbanismo através do estudo da história dos edifícios, Aleksandrowics (2017) apresenta uma análise sobre a performance das construções no contexto israelense e como os assentamentos se modificaram ao longo da história, evidenciando a evolução do estudo do clima na produção arquitetônica local e os traços da tradição presentes na construção de cidades na modernidade e na contemporaneidade. Para maior compreensão dos processos históricos do urbanismo israelense, utilizamos a publicação de Efrat (2017), que descreve com precisão

alguns dos principais processos históricos sofridos pelas cidades a partir do século XIX, estabelecendo um paralelo entre geográfica, arquitetura local e a história recente.

Fathy (2010) torna-se uma relevante fonte para exploração dos pontos positivos encontrados no conhecimento empírico e cultural de comunidades em climas quentes-secos. O relato de sua experiência descreve maneiras de incorporação das respostas climáticas que a arquitetura tradicional pode proporcionar para desenvolvimento de novas estratégias construtivas no campo da arquitetura e urbanismo no contexto moderno.

3. METODOLOGIA

Este projeto de pesquisa propõe o emprego de método de pesquisa semelhante ao utilizado na cidade de Tel Aviv-Yafo por Aleksandrowics et. al. (2019). A cidade de Haifa é descrita como uma zona de clima quente mediterrâneo, com verões quentes e secos, e invernos chuvosos (Csa, conforme classificação climática de Köppen-Gaiger). Foram escolhidas três quadras próximas às centralidades locais, a primeira no bairro Wadi Nisnas (ao nível do mar 0-50m), a segunda no bairro Hadar Hacarmel (na cota 100-150m) e a terceira no bairro Merkaz HaCarmel (na cota 250-300m). Cada área possui, em aproximação, 150m². A proposta das medições visa checar as temperaturas efetivas entre a ocorrência do solstício de verão e o equinócio de outono, quando se identificam os maiores índices de temperatura.

1) Levantamento do referencial teórico.

2) Pesquisa de campo e coleta de dados:

a. Registros fotográficos dos objetos de estudo através da ferramenta Google Earth e acervo pessoal;

b. Levantamento gráfico do objeto de estudo (ruas, quadras, edificações) através da ferramenta de geoprocessamento QGIS, e redesenho nos softwares AutoCAD e SketchUp;

c. Locação no desenho de elementos naturais existentes (presença de árvores e corpos d'água) com auxílio da ferramenta de geoprocessamento QGIS e dados disponibilizados pela municipalidade do distrito de Haifa;

d. Desenvolvimento de cortes das três localidades, nos mesmos programas;

e. Definição dos pontos de medição:

f. Coleta de dados climáticos junto ao Serviço Meteorológico Israelense (IMS), por meio de coordenadas geográficas dos pontos a serem analisados, conferência de dados realizada através de arquivos climáticos obtidos pelo serviço Open Weather Market Place;

3) Simulações computadorizadas:

- a. Desenvolvimento da maquete virtual dos objetos de estudo e do entorno no programa SketchUp, para aplicação nos softwares de conforto. Abaixo, imagens de satélite e modelo em SketchUp 2019, com destaque nos edifícios, pavimentação e vegetação para aplicação da biblioteca de materiais importada do ENVI-Met para as três localidades (1- Wadi Nisnas, cota 0,00; 2-Hadar HaCarmel, cota 150,00; 3- Mekaz HaCarmel, cota 250,00);
 - b. Utilização do plugin INX for SketchUp 2019 para definição de materialidade e tradução para o programa ENVI-Met Spaces, estabelecendo o cenário térmico completo das ruas e quadras;
 - c. Listagem e análise de dados climáticos obtidos através do serviço de dados do IMS (Israeli Meteorological Service) e leitura de dados pelo software EnergyPlus (versão 9.2.0) no formato .IDF: Insolação, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação;
 - d. Inclusão dos dados supracitados para análise dos microclimas, possibilitando a demonstração dos efeitos climáticos em cada um dos padrões morfológicos encontrados, levando em consideração a temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, precipitação estimada;
 - e. Utilização do programa ENVI-Met Core e ENVI-Met Leonardo para leitura de dados e geração de modelos de simulação ambiental dos recortes a serem analisados, considerando as limitações de área, dados e outputs impostas pela versão gratuita do software.
- 6) Análise dos dados e cruzamento de fatores;
 - 7) Discussão dos resultados;
 - 8) Redação final.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

As simulações apresentadas foram realizadas pelo software ENVI-Met, e os dados são traduzidos em mapas e plantas com utilização do software ENVI-Met Leonardo, considerando os parâmetros de temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos, radiação e sombreamentos. Cada análise gerada leva em consideração as temperaturas diárias em cada ponto durante um período de 24 horas, para o dia 23 de junho de 2020.

No estudo das imagens produzidas para os bairros analisados, é possível apresentar conclusões gerais sobre o clima da cidade de Haifa como um todo, assim como comentar os aspectos referentes à cada um dos três bairros estudados: Wadi Nisnas, Hadar HaCarmel e Merkaz HaCarmel, quanto às especificidades de sua morfologia e implantação. A altura determinada para o plano de corte do modelo é entre 2 e 5 metros acima da calçada.

Em relação ao comportamento dos fatores climáticos na totalidade da cidade, nota-se ocorrência de temperaturas elevadas e baixa precipitação nos meses de verão, com grande

incidência de raios solares, devido à presença escassa de nuvens durante este período. A barreira representada pela elevação do Monte Carmel é um fator determinante para a formação dos microclimas dentro da malha urbana, considerando que relevos acentuados podem dificultar a circulação de ar de maneira homogênea no plano inclinado (ROMERO, 2000). O relevo também favorece o aumento da umidade relativa do ar levando em consideração a principal incidência de ventos no sentido Oeste-Leste, do mar para o continente.

Pretende-se aqui realizar uma análise e comparação entre as características morfológicas das quadras e os índices climáticos simulados para o período de verão de 2020. Considerando as etapas de desenvolvimento da cidade e a formação dos bairros, buscamos atribuir algumas características do comportamento do clima aos fatores construtivos e históricos relacionados às três áreas de estudo, assim como relacionar esta formação aos conceitos de climatologia na arquitetura e urbanismo, com foco na implantação urbana e nos costumes de abordagem aos climas quentes e radiação intensa.

Os três trechos da cidade que foram analisados estão demarcados na figura 6:



Figura 6: Mapa do distrito de Haifa com demarcação das áreas a serem analisadas. A partir de Haifa Municipality, 2020. Produzido com software QGIS.

A primeira área simulada está localizada no bairro Wadi Nisnas, situado na cota 0,00 da encosta. O conjunto de edifícios apresenta um gabarito homogêneo, variando entre 9m –

12m de altura, com ocupação quase completa dos lotes de edifícios residenciais, escadarias e comércio nos alinhamentos de calçada. A presença de varandas e balcões em grande parte das fachadas funciona como elemento de sombreamento no nível do pedestre, e como consequência auxilia a redução da absorção de calor das superfícies ao longo do dia.

A simulação foi realizada para o dia 23 de junho de 2020, durante 24h. Os resultados obtidos demonstram que há uma perda significativa de calor quando observados os interiores das quadras devido à organização irregular das edificações, que permite a criação de sombreamento entre edifícios, e criação de pátios internos na maior parte dos lotes. A implantação não ortogonal das vias é um fator favorável para o controle de partículas de poeira e areia que são carregadas pelo vento, como observado através da simulação pelo ENVI-Met (wind speed and particles).

Há também uma menor absorção de raios solares, devido ao material de revestimento utilizado em todos os edifícios presentes nas quadras analisadas na simulação 01 (pedra calcário na cor areia-claro), como observamos na figura 7. A condutividade térmica deste material (de 1.60 a 2.5 W/m.K) e um elevado índice de refletância (de 70% - 80%), contribuem para o resfriamento do interior das edificações e das áreas lindeiras. A umidade relativa do ar se apresenta em níveis mais elevados neste trecho devido à proximidade do bairro com o Mar Mediterrâneo (aproximadamente 500m lineares), e sua localização no trecho mais baixo da encosta.

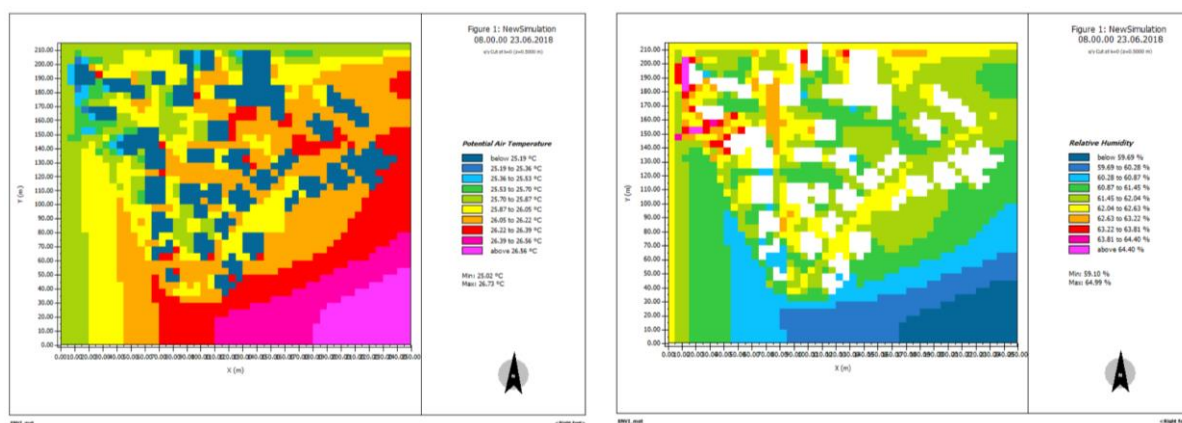


Figura 7: Output para simulação 01: Bairro de Wadi Nisnas. Da direita para esquerda: Temperatura e umidade relativa do ar. Fonte: acervo próprio.

A simulação 02 foi realizada para o bairro de Hadar HaCarmel, ocupando o trecho intermediário do Monte Carmel, com cota adotada de 150,00 acima do nível do mar. A principal diferença morfológica entre o bairro de Hadar HaCarmel e o bairro de Wadi Nisnas, apresentado na simulação 01, é a forma de implantação dos edifícios no conjunto de quadras.

A área estudada em Hadar HaCarmel possui uma implantação em quadriculas, onde os edifícios seguem ortogonalmente o alinhamento das vias, criando bulevares lineares no

comprimento das vias, e com arborização viária mais expressiva em alguns trechos do bairro.

Assim, através da simulação realizada durante 24h, para o dia 23 de junho de 2020, observa-se uma relação de temperaturas do ar em um nível mais elevado, variando entre 23.89 °C e 25.91 °C. O conjunto edificado do bairro responde aos eventos climáticos com menor variação de temperaturas no interior do modelo, e mantém uma média mais elevada ao logo das vias, em relação ao modelo anterior. O caráter arquitetônico do bairro segue um padrão mais próximo ao europeu, com variação de materialidades, maiores áreas de aberturas envidraçadas e terraços-jardim.

A arborização viária contribui para menor amplitude térmica (variação entre as temperaturas mínima e máxima), no entanto a maior incidência radiação solar nos edifícios ao longo do dia mantém a temperatura média se mantém 2 °C mais alta do que o modelo anterior. Apesar de maior número de corpos vegetais presentes no modelo da simulação 02, a espécie utilizada como base para cálculo é a palmeira de porte médio, que oferece menor área de sombreamento e absorção de raios solares. O modelo da simulação 02 está representado na figura 8:

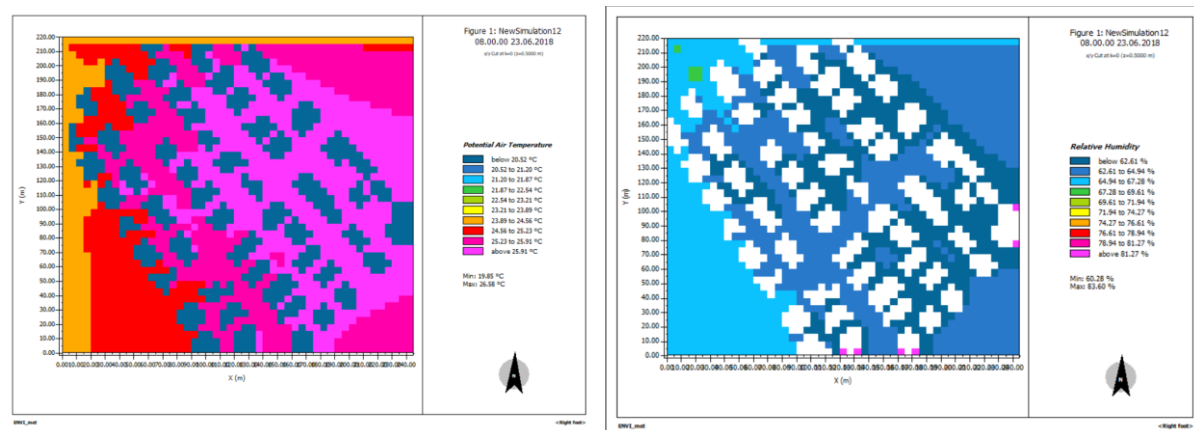


Figura 8: Output para simulação 02: bairro de Hadar HaCarmel. Da direita para esquerda: Temperatura e umidade relativa do ar. Fonte: acervo próprio.

A simulação 03 também foi realizada para dia 23 de junho de 2020, foi analisado o modelo de microclima para o bairro Markaz HaCarmel (cota adotada de 250,00m acima do nível do mar). Esse bairro possui uma distinção significativa de urbanização em relação aos dois modelos apresentados anteriormente. A consolidação deste bairro se deu a partir da segunda metade do séc. XX, e a configuração dos edifícios nas quadras segue um padrão mais próximo do subúrbio americano, com maior distanciamento entre edificações e criação de praças centrais com baixa circulação de veículos. O bairro possui 3 avenidas principais que encaminham o maior tráfego de automóveis.

Esta característica permite uma presença mais significativa de vegetação no interior do bairro, mantendo a temperatura em níveis mais baixos, de 21 °C a 22 °C, enquanto na avenida

central encontra-se temperaturas acima de 23 °C. Neste modelo foi possível a identificação de maior concentração de partículas de poeira carregadas pelo vento, como observado em simulação realizada no software ENVI-Met Core, agravando-se também devido à sua localização geográfica no topo do Monte Carmel. A umidade relativa do ar também sofre grande mudança neste modelo quando comparado ao modelo anterior, e esta condição está ligada ao maior em relação ao Mar Mediterrâneo (x metros lineares).

O modelo apresentado para o bairro de Merkaz HaCarmel (figura 9) demonstra que, em relação às quadras estritamente residenciais, as avenidas de circulação e as vias de acesso às edificações possuem valores menores de temperatura do ar, assim como a umidade relativa do ar. Esta circunstância relaciona-se com a menor oferta de áreas sombreadas ao longo das avenidas, a escassez de vegetação e a predominância do asfalto e concreto como materiais de revestimento e pavimentação.

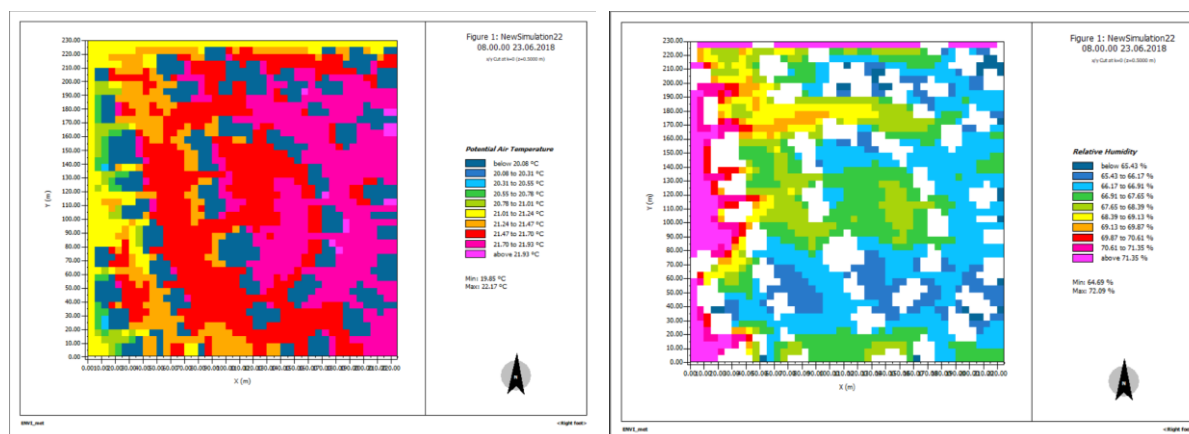


Figura 9: Output para simulação 03: bairro de Merkaz HaCarmel. Da direita para esquerda: Temperatura e umidade relativa do ar. Fonte: acervo próprio.

Após realização de simulações e leitura de dados obtidos, nota-se que os fatores climáticos quando analisados em diferentes circunstâncias de urbanização, produzem efeitos variados quanto ao acúmulo de calor ao longo das vias, tomando como ponto de análise o nível do pedestre. Para o mesmo período, os bairros de Wadi Nisnas, Hadar HaCarmel e Merkaz HaCarmel apresentam índices variados de absorção e dissipação de energia, comportamento dos ventos e umidade do ar. Diversas características podem ser indicadas para a obtenção dos dados apresentados, e quais tipos de solução encontradas estão mais alinhadas com a mitigação das ilhas de calor urbanas e adaptação bioclimática das edificações ao meio ambiente.

Para a simulação 01, realizada no bairro de Wadi Nisnas (cota 0,00), é possível observar menores temperaturas e maior variação de valores, quando observados os interiores de quadras e edificações. Esta característica pode estar relacionada ao caráter tradicional das

construções, onde a irregularidade das vias cria áreas de sombreamento de auxiliam no controle da radiação solar. Os pátios internos que existem nos trechos posteriores dos edifícios ajudam na dissipação das camadas mais quentes de ar, possibilitando resfriamento das edificações, e conseqüentemente, das vias adjacentes. A presença de ligações urbanas por escadarias também possibilita a passagem de vento e maior umidificação do ar nesta área.

Já na simulação 02, no bairro de Hadar HaCarmel, as variáveis urbanísticas apresentam diferenças consideráveis em relação à primeira área de análise, apresentando temperaturas altas, principalmente nos trechos próximos às edificações. A implantação linear das vias favorece o fluxo dos ventos, no entanto não oferece o sombreamento necessário para que a absorção de calor pelas superfícies seja menor. Devido à tradição europeia de construção que se relaciona à formação do bairro, as vias são mais arborizadas e a pavimentação em grande parte dos leitos é revestida em pedra, o que contribui para reflexão maior dos raios, em relação às vias pavimentadas de asfalto. No entanto a implantação dos edifícios em quadriculas homogêneas impede que o sombreamento no nível da calçada seja mais abrangente.

A terceira área de análise, simulação 03, no bairro Merkaz HaCarmel, de formação moderna e contemporânea, se diferencia das duas anteriores por possuir maior circulação de vento devido à sua posição geográfica no topo do Monte. As variações de temperatura podem ser maiores entre dia e noite, devido à menor umidade do ar e maior área de impermeabilização do solo, com predominância das vias asfaltadas. A implantação das quadras ao redor de praças, no entanto, favorece a presença de canteiros arborizados e resfriamento das edificações pelos ventos.

Essas características encontradas em cada um dos bairros e suas especificidades, permitem uma análise de seus traços de urbanização, e portanto, denotam diversas transformações que vem a ocorrer na relação entre o planejamento urbano e a climatologia. As diferentes tradições construtivas observadas nos modelos apresentados indicam que, ao se tratar de um clima quente-seco, de alto estresse térmico no período de verão, as construções que melhor se adaptam ao clima local são aquelas que vêm das tradições locais, e que adotam a materialidade e a implantação como principais agentes na mitigação das ilhas de calor que se formam no ambiente urbano.

Nas simulações realizadas para os três bairros da cidade de Haifa, observa-se, uma importante relação entre o relevo e as construções, principalmente nos bairros localizados nos trechos mais inclinados da encosta. Nota-se também que as áreas de estudo que seguem unicamente um padrão internacional de construção e implantação na cidade não são capazes

de conter o estresse térmico causado pelas temperaturas elevadas durante o verão, pois as tradições de desenho urbano originadas no mundo ocidental têm como ponto de partida um cenário climático diferente do que o encontrado em Israel e outras cidades do Mediterrâneo.

O entendimento de que o urbanismo e o planejamento dos bairros pode ser um fator decisivo no controle dos fatores climáticos é demonstrado através das simulações aqui realizadas, e a adoção de técnicas passivas de mitigação de ilhas de calor mostra que a sensação de temperatura no nível do pedestre pode alcançar uma escala confortável no meio construído, que tem como uma das principais características a impermeabilização do solo natural, e conseqüentemente o aumento na absorção dos raios solares.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o estudo apresentado, aponta-se que na cidade de Haifa os padrões de urbanização estão ligados à uma herança tradicional, às imigrações europeias e aos experimentos realizados nos períodos moderno e contemporâneo. A relação da cidade com o relevo acentuado é um traço marcante dessa urbanização e demonstra como a arquitetura pode apropriar-se de uma condição geográfica acidentada para formação de uma unidade.

Através desta experiência, notamos que no bairro de Wadi Nisnas, onde a herança popular de construção se encontra mais presente, as edificações trabalham a favor do controle dos índices climáticos, enquanto nos bairros Hadar HaCarmel e Merkaz HaCarmel, observa-se uma situação próxima ao padrão europeu e norte americano, onde a morfologia do bairro torna os efeitos do clima ainda mais severos, pois esta herança construtiva possui suas raízes em circunstâncias climáticas muito diferentes.

As simulações realizadas demonstram que o entendimento do comportamento do clima e a aplicação de conceitos de origem regional podem ser fatores essenciais na mitigação das ilhas de calor urbanas, e na melhoria da qualidade ambiental no ambiente externo da cidade. A partir desses estudos observa-se que o sombreamento e o controle solar funcionam como elementos decisivos no controle dos índices elevados de calor, e que a apropriação adequada dos conceitos populares e vernaculares nessa formação contribui para uma melhor relação entre o clima e a arquitetura.

6. REFERÊNCIAS

ALEKSANDROWICZ, Or; MAHDAVI, Ardeshir. *The application of building performance simulation in the writing of architectural history: Analysing climatic design in 1960s Israel*. *Frontiers Of Architectural Research*, [s.l.], v. 7, n. 3, p.367-382, set. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263518300359?via%3Dihub>>. Acesso em: 19 Mar. 2019.

ALEKSANDROWICZ, Or. *Appearance and performance: Israeli building climatology and its effect on local architectural practice (1940–1977)*. Architectural Science Review, [s.l.], v. 60, n. 5, p.371-381, 20 jul. 2017. Informa UK Limited. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00038628.2017.1354812>>. Acesso em: 19 Mar. 2019.

DUARTE, Denise Helena Silva. *VARIÁVEIS URBANÍSTICAS E MICROCLIMAS URBANOS: Modelo empírico e proposta de um indicador*. Forum Patrimônio: amb. constr. e patr. sust., Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p.1-36, dez. 2010. Disponível em: <http://forumpatrimonio.com.br/seer/index.php/forum_patrimonio/article/viewFile/48/43>. Acesso em: 12 mar. 2019.

DUMPER, Michael; STANLEY, Bruce E.. *Cities of the Middle East and North Africa: A Historical Encyclopedia*. Santa Barbara, Califórnia: Abc-clio, 2007. 439 p.

EFRAT, Elisha. *Urbanization in Israel*. 2. ed. [s.i.]: Taylor & Francis, 2017. 240 p.

EYADAT, Fadi. *On 'Haifa Day,' India Salutes WWI Troops: In contrast to Haifans, the Indian military annually marks "Haifa Day," the day in which the Ottomans were ousted from the city*. Haaretz. Israel. 24 set. 2010. Disponível em: <<https://www.haaretz.com/1.5116838>>. Acesso em: 17 mar. 2019. FATHY, Hassan. *Architecture for the Poor*. [s.i.]: The University Of Chicago Press Books, 2010. 366 p.

FROTA, Anésia Barros. *Manual de Conforto Térmico*. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 244 p.

GIVONI, Baruch. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. [s.i.]: John Wiley And Sons, 1998. 464 p.

GIVONI, Baruch. *Climatic Design Guidelines for the Different Regions of Israel*. Haifa, Israel, Building Research Institute: The Technion, 1968.

KATZSCHENER, Lutz; THORSSON, Sofia. *Microclimatic Investigations as Tool for Urban Design*. Seventh Int Conf. Urban Clim., Yokohama, Japão, p.1-4, jul. 2009. Disponível em: <<http://publication.net/researchgate/www://h>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

KOLODNEY, Ziva; KALLUS, Rachel. *From colonial to national landscape: producing Haifa's cityscape*. Planning Perspectives, Haifa, Israel, v. 3, n. 23, p.323-348, jul. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/02665430802102815>>. Acesso em: 03 mar. 2019.

KRÜGER, Eduardo Leite; GONZALEZ, Dominique Elena Giordano. *Impactos da alteração no albedo das superfícies no microclima e nos níveis de conforto térmico de pedestres em cânions urbanos*. Ambiente Construído, [s.], v. 16, n. 3, p.89-106, set. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000300094>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

LABAKI, Lucila Chebel et al. *Conforto térmico em espaços públicos de passagem: estudos em ruas de pedestres no estado de São Paulo*. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 167-183, Mar. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167886212012000100003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 Mar. 2019.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/procel, 2014. 361 p. Disponível em: <<http://www.labeeee.ufsc.br/publicacoes/livros>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

LOMBARDO, Magda Adelaide. *Análise das mudanças climáticas nas metrópoles: o exemplo de São Paulo e Lisboa*. In: ORTIGOZA, Silvia Aparecida; CORTEZ, Ana Tereza C. Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano. [s.i.]: Unesp, 2009. p. 111-146. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/n9brm>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

MOAYEDI, Farzaneh et al. *Conceptualising the Indicators of Walkability for Sustainable Transportation*. Jurnal Teknologi, [s.l.], v. 65, n. 3, p.476-483, 24 out. 2013. Penerbit UTM Press. <http://dx.doi.org/10.11113/jt.v65.2151>.

OKE, T.R. *City size and the urban heat island*. Atmospheric Environment (1967), [s.l.], v. 7, n. 8, p.769-779, ago. 1973. Elsevier BV.

OKE, T. R. *The energetic basis of the urban heat island*. Quarterly Journal Of The Royal Meteorological Society, [s.l.], v. 108, n. 455, p.1-24, jan. 1982. Wiley.

OKE, T.R. *Street design and urban canopy layer climate*. Energy And Buildings, [s.l.], v. 11, n. 1-3, p.103-113, mar. 1988. Elsevier BV.

OLGYAY, Victor. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. [s.i.]: Princeton University Press, 2015. 196 p.

RIDHA, Suaad; GINESTET, Stephane; LORENTE, Sylvie. *Effect of the Shadings Pattern and Greenery Strategies on the Outdoor Thermal Comfort*. International Journal Of Engineering And Technology. [s.i.], p. 108-114. abr. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327973282_Effect_of_the_Shadings_Pattern_and_Greenery_Strategies_on_the_Outdoor_Thermal_Comfort>. Acesso em: 06 mar. 2019.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Princípios Bioclimáticos Para o Desenho Urbano*. 2. ed. São Paulo: Proeditores, 2000. 128 p.

SHINZATO, Paula; DUARTE, Denise Helena Silva. *Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera*. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 197-215, 2018. Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S16786212018000200197&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 31 Mar. 2019.

TEOBALDO NETO, Aristóteles; AMORIM, Margarete C. de Costa Trindade. *Ilha de Calor Urbana e desconforto térmico: uma análise episódica em Cuiabá/MT*. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, Campinas - SP, p. 1492-1506, fev. 2017. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Procesosambientales/Climatologia/28.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

TONG, Shanshan et al. *Impact of urban morphology on microclimate and thermal comfort in northern China*. Solar Energy, [s.l.], v. 155, n. 0, p.212-223, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2017.06.027>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/317792222_Impact_of_urban_morphology_on_microclimate_and_thermal_comfort_in_northern_China>. Acesso em: 06 mar. 2019.

VASCONCELOS, Juliano Souza; SOUZA, Léa Cristina Lucas de. *Potencial de índices urbanísticos como indicadores da qualidade térmica do ambiente urbano*. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 569-578, Mar. 2018. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522018000300569&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 mar. 2019.

WEI, Ruihan et al. *Impact of Urban Morphology Parameters on Microclimate*. Procedia Engineering, Shanghai, China, v. 169, n. 4, p.142-149, out. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.017>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

Contatos: rebeca.rabia1@gmail.com e erika.figueiredo@mackenzie.br