

**UNIVERSIDADE VILA VELHA-ES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E CIDADE**

**MICROCLIMA URBANO E ESPAÇOS LIVRES DE USO PÚBLICO:  
A INFLUÊNCIA DA PRAÇA EM ÁREAS ADENSADAS**

**HYRIA FRAGA DE OLIVEIRA**

VILA VELHA-ES  
MARÇO/2021

**UNIVERSIDADE VILA VELHA-ES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E CIDADE**

**MICROCLIMA URBANO E ESPAÇOS LIVRES DE USO PÚBLICO:  
A INFLUÊNCIA DA PRAÇA EM ÁREAS ADENSADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Cidade para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Cidade.

**HYRIA FRAGA DE OLIVEIRA**

VILA VELHA-ES

MARÇO/2021

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

O48m

Oliveira, Hyria Fraga.

Microclima urbano e espaços livres de uso público : a influência da praça em áreas adensadas / Hyria Fraga Oliveira . – 2021.  
142 f. : il.

Orientadora: Larissa Leticia Andara Ramos  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e cidade) - Universidade Vila Velha 2021.  
Inclui bibliografias.

1. Arquitetura. 2. Espaços públicos. 3. Praças. I. Ramos, Larissa Leticia Andara. II. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 720

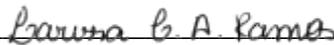
**HYRIA FRAGA DE OLIVEIRA**

**MICROCLIMA URBANO E ESPAÇOS LIVRES DE USO PÚBLICO:  
A INFLUÊNCIA DA PRAÇA EM ÁREAS ADENSADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Cidade para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Cidade.

Aprovada em 31 de março de 2021.

Banca examinadora:



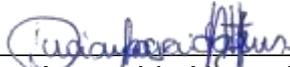
---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Larissa Letícia Andara Ramos (UVV-ES)  
(Orientadora)



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Rabello Lyra (UVV-ES)  
(Avaliadora Interna)



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Aparecida Netto de Jesus (UFES)  
(Avaliadora Externa)

“Nesses tempos de céus de cinzas e chumbos, nós precisamos de árvores desesperadamente verdes.”

Mário Quintana

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me ensinar a cada dia que “tudo posso naquele que me fortalece”, pela capacidade e inúmeras bênçãos durante esse período de estudos;

Aos meus avós Sebastião e Idália (em meu coração) e aos meus pais João e Luciane, por todo incentivo e amor incondicional. Agradeço por serem a minha base e força em todos os momentos;

À minha família, pelas orações incessantes, constante apoio e compreensão...meu coração é extremamente grato a Deus por vocês;

À minha amiga e sócia Bruna, por me ajudar em todos os momentos, obrigada por se fazer sempre presente em todas as etapas da minha vida;

As minhas amigas desde a escola, agradeço por sentirem orgulho da mulher que me tornei;

Aos meus amigos de turma do mestrado, por torcerem por mim;

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Larissa Letícia Andara Ramos, em especial, por ser meu exemplo de dedicação. Agradeço pelo ensino e paciência destinado a mim durante a graduação, iniciação científica e mestrado. Sou grata a Deus por ter te colocado na minha vida, caminhando comigo, me auxiliando a escrever mais um capítulo da minha vida acadêmica;

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana Aparecida Netto de Jesus, por todos os ensinamentos, disponibilidade e interesse meus estudos;

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Rabello Lyra, por contribuir para minha formação profissional e pelo encorajamento.

Agradeço a Universidade Vila Velha e a CAPES pelo apoio à pesquisa.

“A minha força está exaltada no Senhor” I Samuel 2:1

Hyria Fraga de Oliveira.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1. Contextualização do tema.....	15
1.2. Justificativa e relevância do tema .....	18
1.3. Objetivos .....	22
1.3.1. Objetivo geral.....	22
1.3.2. Objetivos específicos .....	22
1.4. Procedimentos metodológicos e etapas da pesquisa .....	23
<b>2. A CIDADE E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS .....</b>	<b>27</b>
2.1. Clima urbano, microclima e ilhas de calor.....	27
2.2. Mudanças climáticas no contexto das cidades contemporâneas.....	39
2.3. Os espaços livres de uso público e a qualidade ambiental urbana.....	44
2.4. A influência da vegetação e da superfície urbana no microclima .....	45
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>55</b>
3.1. Caracterização e detalhamento das etapas de pesquisa.....	56
3.2. O <i>software</i> ENVI-met .....	64
3.2.1. O plugin Leonardo e a configuração de mapas .....	72
3.3. Contextualização da área de estudo.....	74
3.3.1. Caracterização da praça Bom Pastor .....	74
<b>4. SIMULAÇÃO PILOTO E MODELAGEM DA PRAÇA BOM PASTOR NO ENVI-met .....</b>	<b>82</b>
4.1. Coleta de dados para simulação piloto .....	83
4.2. Inserção de dados e modelagem da área no <i>software</i> ENVI-met.....	87
4.3. Considerações sobre a Simulação Piloto.....	97
<b>5. ANÁLISE DO MICROCLIMA DA PRAÇA BOM PASTOR .....</b>	<b>104</b>
5.1. Composição dos cenários de análise.....	105
5.2. Simulação do Cenário 1 – Situação real da praça .....	110
5.3. Simulação do Cenário 2 – Configuração árida da praça.....	116
5.4. Cenário 3 – Configuração mais verde da praça.....	122
5.5. Comparação entre os cenários .....	128
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>134</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>139</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de clima do Brasil.....	28
Figura 2: Mapas de temperaturas mínima, média e máxima anual do Espírito Santo (1984 – 2014).....	29
Figura 3: Esquema de escalas climáticas e camadas verticais encontrada em áreas urbanas. ....	33
Figura 4: Variações da temperatura superficial e atmosférica.....	35
Figura 5: Efeito do desmatamento. ....	38
Figura 6: A estrutura e o funcionamento de ecossistemas que afetam o clima. ....	41
Figura 7: Efeitos climáticos.....	43
Figura 8: Atmosfera sob influência urbana. ....	47
Figura 9: Comparação área urbana e rural. ....	49
Figura 10: Efeito termorregulador da vegetação. ....	50
Figura 11: Instrumento para medição de temperatura de superfície. ....	61
Figura 12: Infográfico metodológico. ....	62
Figura 13: Interface ENVI-met.....	65
Figura 14: Fluxograma de dados.....	66
Figura 15: <i>Change or create model domain settings</i> .....	66
Figura 16: Configuração de modelagem em <i>Space</i> . ....	68
Figura 17: Níveis de simulação. ....	69
Figura 18: ENVI-met <i>Default Config</i> .....	71
Figura 19: Interface Leonardo. ....	72
Figura 20: <i>Map Explore</i> . ....	73
Figura 21: Localização do bairro. ....	75
Figura 22: Localização, uso da praça e do entorno.....	77
Figura 23: Sombreamento Praça Bom Pastor.....	79
Figura 24: Usos da Praça Bom Pastor. ....	80
Figura 25: Área exposta ao sol e sombreada do entorno imediato da praça. ....	86
Figura 26: Interface ENVI-met - <i>Space</i> . ....	87
Figura 27: Configurações de dados iniciais do <i>software</i> . ....	88
Figura 28: Base de modelagem. ....	91
Figura 29: Base de modelagem em 3D.....	92

Figura 30: Interface ENVI-met – <i>Simulate</i> (ENVI- <i>guide</i> ). .....	93
Figura 31: Interface <i>General Simulation Settings</i> - <i>Simulate</i> . .....	93
Figura 32: Configurações de temperatura, vento e resumo - <i>Simulate</i> . .....	94
Figura 33: Interface ENVI-met – <i>Simulate</i> (ENVI- <i>core</i> ). .....	96

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pesquisa Catálogo de Teses e Dissertações CAPES.....	19
Tabela 2: Caracterização do clima segundo Romero (2001). .....	30
Tabela 3: Configuração do clima segundo Romero (2001). .....	30
Tabela 4: Organização das escalas espacial e temporal do clima. ....	32
Tabela 5: Síntese da relação entre albedo, condutividade e seus efeitos.....	48
Tabela 6: Influência da vegetação.....	52
Tabela 7: Comparação de máquinas e o processo de simulação. ....	70
Tabela 8: Comparativo população, extensão territorial e habitantes/km <sup>2</sup> . ....	76
Tabela 9: Configurações da área. ....	89
Tabela 10: Comparativo de materiais existentes e utilizados na modelagem. ....	97
Tabela 11: Temperatura do ar resumo cenário 1. ....	113
Tabela 12: Temperatura do ar resumo cenário 2. ....	118
Tabela 13: Temperatura do ar resumo cenário 3. ....	125
Tabela 14 - Comparativo de temperatura potencial do ar no interior e entorno da praça - cenários e período simulado (valores aproximados de acordo com os mapas gerados no <i>plugin</i> Leonardo e médias fornecidas pelo ENVI-met). ....	130

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análise das dissertações. ....	20
Gráfico 2: Temperatura de superfície (pontos internos) - medição <i>inloco</i> . ....	85
Gráfico 3: Temperatura de superfície (pontos entorno) - medição <i>inloco</i> . ....	86
Gráfico 4: Comparativo ENVI-met X INMET Vila Velha. ....	101
Gráfico 5: Cenário 1 x INMET (estação A634). ....	110
Gráfico 6: Comparação entre os cenários 1, 2 e 3 – média de Temperatura potencial do ar – simulação solstício de verão (21/2/2020). ....	128

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fluxograma de estudo.....	24
Quadro 2: Pontos e materiais.....	84
Quadro 3: Mapas de temperatura de superfície – simulação piloto dos horários 10h, 13h e 16h, respectivamente com gráficos comparativos das medições in loco e o resultado do software. ....	98
Quadro 4: Cenário 1.....	106
Quadro 5: Cenário 2.....	107
Quadro 6: Cenário 3.....	108
Quadro 7: Cenário 1 - Mapas de temperatura potencial do ar – simulação solstício de verão (21/2/2020).....	111
Quadro 8: Cenário 1 - Mapas de temperatura de superfície – simulação solstício de verão (21/2/2020).....	115
Quadro 9: Cenário 1 - Mapas de temperatura potencial do ar – simulação solstício de verão (21/2/2020).....	117
Quadro 10: Cenário 2 - Mapas de temperatura de superfície – simulação solstício de verão (21/2/2020).....	119
Quadro 11: Cenário 3 - Mapas de temperatura potencial do ar – simulação solstício de verão (21/2/2020).....	123
Quadro 12: Cenário 3 - Mapas de temperatura de superfície – simulação solstício de verão (21/2/2020).....	125
Quadro 13: Comparação dos pontos entre os cenários 1, 2 e 3 - Temperatura de superfície – simulação solstício de verão (21/2/2020).....	131

## RESUMO

OLIVEIRA, Hyria Fraga, M.Sc., Universidade Vila Velha - ES, março de 2021. **Microclima urbano e espaços livres de uso público: A influência da praça em áreas adensadas.** Orientadora: Larissa Letícia Andara Ramos.

A urbanização e o crescimento populacional das cidades brasileiras geram pressões no uso e na ocupação do solo urbano, substituindo espaços livres de uso público e áreas verdes por edificações e superfícies constituídas por materiais, muitas vezes impermeáveis. As mudanças estruturais no meio urbano, devido à aceleração do seu crescimento, resultam em problemas socioambientais e econômicos que afetam diretamente a qualidade de vida e a saúde da população. Diante desses fatores, o conforto ambiental é modificado, alterando o microclima urbano, ocasionando o aumento de temperatura e maior consumo energético. As novas configurações urbanas, por vezes, desconsideram a representatividade dos espaços livres de uso público, em especial das praças urbanas, e seus efeitos positivos no conforto térmico urbano. Visto a importância de tais espaços, este estudo objetiva enfatizar a contribuição da praça na melhoria do microclima de áreas adensadas, tendo como estudo de caso a praça Bom Pastor, situada na Região Grande Centro, município de Vila Velha - ES. A praça é um elemento urbano essencial para o convívio social com grande potencial para a inserção de áreas verdes na escala de bairro, podendo contribuir para a qualidade do microclima de áreas adensadas. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, exploratória e descritiva, definida em cinco etapas metodológicas: Contextualização do tema; Manuseio do *software* de simulação ENVI-met; Coleta de dados; Simulação Piloto e Simulações dos cenários e Análises finais. As simulações foram realizadas com o *software* ENVI-met, que permite simular o microclima através da interação superfície – vegetação – atmosfera, envolvendo elementos naturais e construídos utilizados na composição do espaço público da praça. Para verificar a influência da praça no microclima urbano, as simulações consideraram três cenários: 1) Real - configuração atual com cerca 40% de área permeável do solo e de cobertura arbórea; 2) Árido – toda área da praça revestida com materiais impermeáveis e sem vegetação; e 3) Hipotético - maiores índices de vegetação e permeabilidade, com aproximadamente 60% de permeabilidade do solo e cobertura arbórea. Nas simulações dos três cenários, a temperatura potencial do ar do cenário 1 (Real) e cenário 3 (Hipotético) apresentam resultados aproximados, sendo que o cenário 3 (Hipotético), devido a maior porcentagem de áreas verdes e permeáveis, apresentou temperatura mais amena. No cenário 2 (Árido), as simulações de temperatura potencial do ar apresentaram temperaturas superiores quando comparadas ao cenário 1 e 3, com destaque para o período da tarde, sendo as 15 o horário mais quente do dia. A simulação da temperatura do ar apresentou aproximadamente 1 °C de diferença entre pontos internos e externos da praça, confirmando interior mais fresco, quando comparado ao seu perímetro (período da manhã, cenário real). Tais resultados evidenciam a importância dos espaços livres públicos quando vegetados e permeáveis para conforto térmico e consequente qualidade urbana, comprovando a contribuição positiva da praça Bom Pastor em sua composição atual.

**Palavras-chave:** Espaços livres de uso público; ENVI-met; Microclima

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Hyria Fraga, M.Sc., Universidade Vila Velha - ES, March 2021. **Urban microclimate and free spaces for public use: The influence of the square in dense areas.** Advisor: Larissa Letícia Andara Ramos.

Urbanization and population growth in Brazilian cities generate pressures on the use and occupation of urban land, replacing open spaces for public use and green areas with buildings and surfaces made of materials that are often impermeable. Due to the acceleration of its growth, structural changes in the urban environment result in socio-environmental and economic issues that directly affect the quality of life and health of the population. Given these factors, environmental comfort is modified, altering the urban microclimate, causing an increase in temperature and energy consumption. The new urban configurations sometimes disregard the representativeness of free spaces for public use, especially urban squares, and their positive effects on urban thermal comfort. Considering the importance of such spaces, this study aims to emphasize the contribution of squares in improving the microclimate of densely populated areas, having as a case study the Bom Pastor square, located in the Grande Centro Region, municipality of Vila Velha - ES. Squares are an essential urban element for social interaction with great potential for the insertion of green areas at the neighborhood scale, and can contribute to the quality of the microclimate in densely populated areas. This is an applied, exploratory and descriptive research, defined in five methodological steps: Contextualization of the theme; Handling the ENVI-met simulation software; Data collection; Pilot Simulation, Scenario Simulations and Final Analysis. The simulations were carried out with the ENVI-met software, which allows simulating the microclimate through the surface – vegetation – atmosphere interaction, involving natural and built elements used in the composition of the public space of squares. To verify the influence of the square on the urban microclimate, the simulations considered three scenarios: 1) Real - current configuration with around 40% permeable and green area; 2) Arid – entirety of the square's area covered with impermeable materials and without vegetation; and 3) Hypothetical - higher rates of vegetation and permeability, with approximately 60% permeability of soil and green areas, with vegetations in different scales and volumes. In the scenario simulations, the potential air temperature of scenarios 1 (real) and 3 (hypothetical) present approximate results, where scenario 3 (hypothetical), due to the higher percentage of green and permeable areas, has a milder temperature. In scenario 2 (arid), the simulations of potential air temperature showed higher temperatures when compared to scenarios 1 and 3, with emphasis on the afternoon periods, which are the hottest times of the day (12 pm to 3 pm). The air temperature simulation showed a difference of approximately 1 °C between internal and external points of the square, confirming a cooler interior when compared to its perimeter (morning period, real scenario). Such results show the importance of vegetated and permeable public open spaces, proving the positive contribution of Bom Pastor square, its influence on thermal comfort and consequent urban quality.

**Keywords:** Free spaces for public use; ENVI-met; microclimate

# INTRODUÇÃO



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contextualização do tema

O processo de urbanização e a expansão das cidades contemporâneas, a deterioração da natureza com a redução das áreas vegetadas, bem como o crescimento acelerado e a intensificação de técnicas de produção na construção civil, contribuem, diretamente, para o surgimento de danos consideráveis à vida urbana e natural. Dentre esses prejuízos, pode-se mencionar ações diretas e indiretas sobre o microclima nas cidades, provenientes da emissão de poluentes, do aumento da temperatura do ambiente e das alterações na atmosfera (ROSSI; KRÜGER, 2005). Tais fatores alteram o ambiente natural e o construído, provocando, segundo Xavier (2017), mudanças climáticas, aumento da temperatura local e diminuição da qualidade de vida da população urbana.

A questão ambiental relacionada ao conforto térmico nas cidades tem sido amplamente difundida e evidenciada, com base em complicações vividas pela sociedade, como o aumento da degradação da natureza, poluição do meio ambiente e às saturações da ocupação e uso do solo urbano. Um dos fatores ligados à crise ambiental está relacionado diretamente à crescente evolução de técnicas e ao adensamento construtivo, que enfatizam aspectos prejudiciais ao meio ambiente e, assim, contribuem para o declínio do mesmo.

Os cenários atuais de conformação urbana e suas modificações no meio ambiente natural e construído - provocados pelo adensamento construtivos e a aceleração no crescimento da infraestrutura viária, com ênfase nos automóveis - têm contribuído para a redução de áreas permeáveis e a diminuição dos espaços livres de uso público. Tais prejuízos ao meio construído e natural geram a alteração do microclima local, poluição urbana, além da minimização do conforto térmico.

Dessa forma, vem se manifestando, nos últimos anos, uma preocupação global, visto que tais questões atingem diretamente a qualidade do ambiente urbano e natural, comprometendo o equilíbrio social, ambiental e econômico. No aspecto social, incide na redução da qualidade e do conforto dos espaços livres de uso público, gerando malefícios no convívio da população, devido à falta de manutenção da vida na cidade. No aspecto ambiental, destacam-se as degenerações progressivas do meio natural e ainda o uso exacerbado de recursos energéticos que incidem diretamente também na esfera econômica.

Nesse contexto, os espaços livres de uso público podem influenciar na configuração do meio urbano e natural, sobretudo quando vegetados e quando aplicados materiais de superfície adequados, agindo de forma a refletir no equilíbrio do ecossistema das cidades e auxiliando no conforto térmico urbano.

Em meio a um cenário de adensamento urbano e crescimento populacional, Dias (2005) ressalta que os espaços livres de uso público, tais como as praças - por possuírem características que contribuem para uma resposta positiva ao meio ambiente - são áreas de “respiro” na cidade, por serem lugares de desconpressão em meio a urbe adensada. Através da vivência e uso desses espaços, é notável que tais áreas influenciam diretamente o modo de funcionamento das cidades e na vida de seus habitantes, possuindo papel fundamental no meio urbano.

De acordo com as concepções de espaços livres de uso público no decorrer da história das cidades, percebe-se a necessidade do resgate de tais espaços para que estes venham afirmar também sua função ambiental no meio urbano. As praças destacam-se no contexto social das cidades como parte do sistema de espaços públicos e relacionam vários componentes da estrutura urbana (MORA, 2009, tradução nossa), entretanto, nota-se uma carência de pesquisas que identifiquem, de fato, qual a sua contribuição e influência no microclima urbano de áreas adensadas.

Assim, diante da busca pela melhoria da qualidade de vida da população e também por soluções que reparem os impactos gerados em diversas escalas no meio natural e urbano, juntamente por acreditar na capacidade dos espaços livres públicos em minimizar os efeitos negativos ao meio ambiente e à vida, reforça-se a justificativa de pesquisas que busquem comprovar a contribuição dos espaços livres de uso público para a melhoria do microclima urbano, em especial de área adensadas.

Nota-se que espaços livres públicos, em especial as praças, têm sido pressionados com a urbanização das cidades. Dessa forma, segundo Cavalheiro e Nucci (1998), o adensamento populacional e o crescimento urbano contribuem para a diminuição dos espaços livres e áreas verdes nas cidades, e, por consequência, a redução dos espaços livres gera uma ocupação do solo urbano que não valoriza o contexto socioambiental.

De acordo com estudos realizado pelo grupo de pesquisa “Paisagem Urbana e Inclusão” da Universidade Vila Velha (UVV) em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), a Regional 1- Grande Centro é um exemplo de adensamento populacional e construtivo na cidade. A Regional conta com 19 (dezenove) praças, sendo que apenas 1 (uma) delas atende o bairro Praia da Costa, considerado o mais adensado e com maior número de habitante do município (31.083 habitantes, segundo o IBGE 2010) As pesquisas de Ramos e Jesus (2017) ainda evidenciam que, com base em um raio de abrangência de 400 metros<sup>1</sup>, a única praça existente no bairro Praia da Costa - a Praça Bom Pastor - compreende um total de 9.238 habitantes, atendendo cerca de aproximadamente 30% da população do bairro; considerada, portanto, a praça que abrange o maior número de pessoas na Região Grande Centro, dentro de um raio de 400 metros.

Nesse sentido, pretende-se com essa dissertação compreender qual a contribuição dos espaços livres de uso público para a qualidade do microclima urbano de áreas construídas adensadas, tendo como estudo de caso a praça Bom Pastor, situada na Regional Grande Centro, Vila Velha – ES.

Este estudo justifica-se tendo em vista o cenário atual de crescimento constante das cidades sem a valorização dos espaços livres de uso público. Devido à importância socioambiental desses espaços, relacionada diretamente ao conforto térmico nas cidades, o estudo torna-se fundamental, visto que muito se tem falado sobre microclima urbano, entretanto, sem evidenciar de fato os benefícios das praças para a qualidade térmica de contextos urbanos adensados e que sofrem com as altas temperaturas.

---

<sup>1</sup> De acordo com Ramos L.L.A. et al. no artigo Sistema de espaços livres de uso público da grande Ibes, Vila Velha-ES, adotou-se o raio de 400 metros pois compreende os espaços públicos que atendem a vizinhança de pequenos conjuntos de quadras e lotes.

A Praça Bom Pastor pode ser um exemplo desse cenário. Destaca-se, ainda, por sua influência e representatividade socioambiental no bairro em que se situa. Apresenta um entorno vivo e dinâmico, e está inserida entre construções de médio a alto porte com edificações comerciais e residenciais ao seu redor, além de um grande movimento de pessoas e automóveis durante a maior parte do dia.

## 1.2. Justificativa e relevância do tema

Para delimitar o tema do estudo, foram realizadas pesquisas em plataformas digitais para obtenção de base das produções científicas já existentes, de modo a identificar possíveis lacunas de estudo. Sendo assim, no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, foram realizadas pesquisas das dissertações com os seguintes descritores: “microclima” e “espaços livres de uso público”.

Quanto aos filtros, foram utilizados o ano com delimitação de 2015 a 2019, grande área de conhecimento a “ciências sociais aplicadas” e “arquitetura e urbanismo”. Considerando o descritor “espaços livres de uso público” foram encontrados 146 resultados, e para o tema “microclima”, o número de estudos foram 13 (treze).

Após a leitura das dissertações, foram selecionados o total de 8 (oito) trabalhos relacionados diretamente com o tema proposto. Foi analisado ainda que os estudos mais frequentes sobre o tema estão entre os anos de 2015 a 2017. As pesquisas compatíveis com o tema foram organizadas de acordo com seu ano, título, objetivo e uso do *software* ENVI-met da seguinte forma, como ilustra a **Tabela 1**:

**Tabela 1:** Pesquisa Catálogo de Teses e Dissertações CAPES.

<b>TÍTULO DISSERTAÇÃO MESTRADO</b>	<b>OBJETIVO APRESENTADO</b>	<b>ENVI-met</b>	<b>ANO</b>
Arquitetura de Espaços Livres: interface entre projeto e conforto urbano. Ana Leticia Perosa Ravagnani	Gerar diretrizes de projeto para uma área localizada no centro da cidade de São José do Rio Preto, considerando a influência que as diferentes morfologias de espaços livres provocam no microclima.		2015
Influência da vegetação no conforto térmico do transeunte: estudo de caso em via com canteiro central em Vitória, ES Rosa Angela Casati Ramaldes	Analisar a influência da vegetação na percepção térmica do transeunte em vias metropolitanas de Vitória – ES.		2015
Bioclimatismo E Forma Urbana: Simulação Computacional Em Áreas De Expansão Urbana No Clima Quente-Seco Do Sertão Paraibano Ezio Luiz Martins Simões	Analisar a relação forma urbana versus bioclimatismo, demonstrando as benesses de se utilizar um viés bioclimático na definição formal urbana para o clima Quente-Seco.	x	2016
O processo de densificação e a modificação do microclima: Um estudo comparativo no Bairro Vila Leopoldina na Cidade de São Paulo. Lara Palma Elsing	Relacionar padrões de uso e ocupação do solo de uma fâcie de bairro com seu desempenho em relação ao conforto térmico, a fim de analisar possíveis desdobramentos da legislação, com o intuito de adaptá-la às condições locais de cada região a seus microclimas.	x	2016
A influência da arborização no microclima urbano: um estudo aplicado à cidade de Vitória, ES. Tatiana Camello Xavier	Quantificar a influência da presença de vegetação no ambiente urbano, em função das interações solo-vegetação-atmosfera trabalhadas a partir de simulações com o software ENVI-met 3.1.	x	2017
Remanescentes de áreas verdes: usos urbanos e serviços ecossistêmicos O caso do Parque da Fonte em São Paulo/SP Iaci Morata Martines	Explorar alguns conceitos novos que auxiliam arquitetos e urbanistas na construção de novos caminhos propositivos.		2017
Vila Olímpica Rio 2016: Uma Análise Microclimática Antes e Pós-implantação do Projeto. Lucivaldo Dias Bastos	Realizar um estudo sobre os efeitos causados pela modificação da cobertura do solo e os reflexos desta no microclima local de um ambiente urbano através da simulação computacional.	x	2017
O uso do ENVI-met na análise microclimática urbana: A Praça Afonso Pena – Tijuca, RJ Maira Ribeiro Campos	Avaliar o conforto higrotérmico da praça, analisando os principais condicionantes físicos, ambientais e climáticos que interagem e interferem com os diferentes microclimas que nelas se formam.	x	2018

**Fonte:** Autora (2020).

Entre os estudos sobre o tema microclima, 62% das dissertações avaliadas utilizam simulações computacionais com o uso do *software* ENVI-met. O *software* ENVI-met é referência no âmbito das pesquisas sobre a influências do ambiente natural e construído no microclima urbano, analisando os efeitos no meio ambiente e sua interação com o meio construído.

Sendo assim, analisando a tabela acima, pode-se verificar 50% dos resultados estudam sobre microclima, e destes, 62% utilizam o *software* ENVI-met, enquanto 32% utilizam outros métodos, conforme o Gráfico 1.

**Gráfico 1:** Análise das dissertações.



**Fonte:** Autora (2020).

Nas pesquisas, percebeu-se que as dissertações evidenciam a grande preocupação com o clima e seus efeitos na cidade, porém o número de estudos ainda é limitado, demonstrando, assim, a necessidade de aprofundamento nos temas expostos. O levantamento das dissertações ainda aponta uma lacuna do estudo com ênfase no elemento praça e sua influência na qualidade do microclima urbano.

Quanto a seleção do tema de estudo, no âmbito pessoal e profissional, foi considerada a afinidade com o tema, uma vez que pesquisas envolvendo a qualidade do ambiente construído vêm sendo desenvolvidas pela autora desta dissertação, desde a iniciação científica e o trabalho de conclusão de curso, com a colaboração e coparticipação da professora orientadora desta pesquisa, que desempenha trabalhos vinculado aos Grupo de pesquisa “Paisagem Urbana e Inclusão”.

Além disso, vale destacar a relevância social e acadêmica, visto a importância deste estudo com uso de *software* de simulações microclimáticas em um tempo que muito se tem falado sobre emergências climáticas e desenvolvimento sustentável. A pesquisa abrange o objetivo 13°, dos 17° objetivos da ONU sobre cidades e comunidades sustentáveis e a “Ação contra a mudança global do clima”, abordados na Agenda 2030, que preveem a tomada de medidas para o combate às mudanças climáticas e seus impactos. O objetivo 13°, segundo a Agenda 2030, classifica a mudança climática como “um evento transnacional”, destacando ainda que tal problemática atinge a esfera da economia nacional além de influenciar também na vida da população. A Agenda 2030 ressalta ainda quanto ao objetivo 13° que, até o fim do século XXI, a temperatura da terra pode aumentar mais que 3°, evidenciando a importância do combate as mudanças climáticas e quanto as metas desse objetivo (ONU, 2015, p.26), estas são:

13.a Implementar o compromisso assumido pelos países desenvolvidos partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima para a meta de mobilizar conjuntamente US\$ 100 bilhões por ano até 2020, de todas as fontes, para atender às necessidades dos países em desenvolvimento, no contexto de ações significativas de mitigação e transparência na implementação; e operacionalizar plenamente o Fundo Verde para o Clima, por meio de sua capitalização, o mais cedo possível;

13.b Promover mecanismos para a criação de capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz, nos países menos desenvolvidos, inclusive com foco em mulheres, jovens, comunidades locais e marginalizadas;

13.1 Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países.

13.2 Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais;

13.3 Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação global do clima, adaptação, redução de impacto, e alerta precoce à mudança do clima;

O estudo poderá ainda colaborar como base para futuras pesquisas, na esfera socioambiental, com diretrizes e informações que integram estratégias no processo de desenvolvimento da urbe. Assim, evidenciando a importância dos espaços livres de uso público no meio urbano, sobretudo com áreas verdes e materiais de superfícies adequados, contribuindo para a melhoria do microclima. Além disso, a pesquisa poderá de auxiliar no entendimento e manuseio do *software* ENVI-met em estudos de simulações computacionais sobre o microclima urbano.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo geral**

A pesquisa tem como objetivo geral analisar a contribuição dos espaços livres de uso público, em especial das praças urbanas, para a qualidade do microclima de áreas adensadas, tendo como estudo de caso a praça Bom Pastor, localizada na Regional Grande Centro, município de Vila Velha- ES.

As análises visam compreender a influência da praça Bom Pastor no microclima urbano, considerando a vegetação e materiais de revestimento de superfície que a compõe, através do auxílio do *software* ENVI-met, que permite simular cenários que permitem analisar o conforto térmico e a interação vegetação-superfície-atmosfera.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

a) Aprofundar estudos sobre microclima, clima urbano, ilhas de calor, materiais de superfície e espaços livres de uso público, de forma a compreender os efeitos do ambiente natural e construído na qualidade ambiental e urbana;

b) Manusear o *software* ENVI-met e suas ferramentas de interface, para realizar simulações computacionais considerando a situação climática da área de estudo;

c) Simular o microclima da praça estudo de caso considerando cenários diferenciados, conjugando o uso de vegetação e de materiais de revestimentos da superfície do solo naturais e artificias;

d) Enfatizar diretrizes para melhoria do microclima urbano, a partir de estratégias projetuais, que reforçam a presença de vegetação e de materiais de revestimento de superfície permeáveis e semipermeáveis;

e) Avaliar a aplicabilidade do *software* ENVI-met para análises do microclima, considerando a escala da praça.

#### **1.4. Procedimentos metodológicos e etapas da pesquisa**

Esse estudo é classificado como de natureza aplicada, visto que a pesquisa é direcionada ao emprego de conhecimentos na realidade (GIL, 2008) e de abordagem mista, envolvendo análises quantitativas e qualitativas. Quanto aos objetivos, pode ser classificada como exploratória e descritiva pois investiga e verifica a contribuição do elemento praça no microclima urbano.

Em relação aos procedimentos técnicos, são utilizadas a pesquisa bibliográfica e documental, a partir da consulta de artigos, revistas, dissertações, teses e livros. A pesquisa utiliza a simulação computacional com o auxílio do *software* ENVI-met, tendo como estudo de caso a Praça Bom Pastor, situada no bairro Praia da Costa, Regional Grande Centro do município de Vila Velha -ES. Segundo Gil (2008), o estudo de caso permite um aprofundamento e um conhecimento mais amplo e detalhado do tema a ser estudado, auxiliando na descrição de fenômenos a serem investigados.

Ressalta-se que o *software* ENVI-met foi escolhido como ferramenta de avaliação visto que este realiza simulação térmica do espaço e, a partir da inserção de dados microclimáticos, fornece parâmetros para análise do microclima. O programa ainda permite a formação e simulação de cenários hipotéticos e reais, de acordo com a interação entre superfície – vegetação – atmosfera.

As atividades a serem desenvolvidas durante a pesquisa visam alcançar os objetivos específicos propostos e dividem-se em cinco etapas metodológicas: **1)** Contextualização do tema e revisão bibliográfica; **2)** Manuseio do *software* ENVI-met; **3)** Coleta de dados; **4)** Simulação piloto; e **5)** Simulações dos cenários e análises microclimáticas. O Quadro 1 ilustra o fluxograma de estudo.

**Quadro 1:** Fluxograma de estudo.

<p><b>1. Contextualização e revisão bibliográfica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Clima urbano nas cidades contemporâneas e Os espaços livres de uso público e a qualidade ambiental urbana;</li> </ul>
<p><b>2. Manuseio do software ENVI-met</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Tutoriais para aprendizado do software;</li> </ul>
<p><b>3. Coleta de dados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Visita ao local;</li> <li>•Seleção de pontos de medição de temperatura de superfície;</li> <li>•Compilação de dados em planilhas e gráficos;</li> <li>•Planilha de dados do INMET;</li> </ul>
<p><b>4. Simulação piloto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Inserção de dados de entrada no <i>software</i> (localização, latitude, longitude, grids...);</li> <li>•Modelagem da área;</li> <li>•Inserção de materiais;</li> <li>•Inserção de dados bioclimáticos, data, temperatura do dia, dia para início, duração de horas simuladas;</li> </ul>
<p><b>5. Simulação de cenários e análises</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Aplicação do <i>plugin</i> Leonardo;</li> <li>•Configuração de mapas;</li> <li>•Análises finais.</li> </ul>

**Fonte:** Autora (2021).

Na etapa 1, sobre contextualização do tema e revisão bibliográfica, foram abordados estudos sobre o clima urbano na atualidade, assim como os espaços livres de uso público e a qualidade ambiental, destacando a importância dos mesmos na sociedade e a sua influência relacionada ao clima.

Seguindo para o aprendizado e manuseio do *software* ENVI-met, na etapa 2, foram estudados tutoriais disponíveis, além de dissertações e teses sobre o programa para que a sequência do funcionamento fosse estabelecida. Para o manuseio inicial do *software*, foi realizado o estudo da área selecionada, através de visitas ao local, que auxiliaram no conhecimento do recorte geográfico e na coleta das informações necessárias para alimentar as simulações microclimáticas (Etapa 3).

Com base nas informações obtidas na análise do local (Etapa 3), foi possível a realização da simulação piloto (Etapa 4). Importa ressaltar que para a simulação piloto (etapa 4) foram realizados meses de testes no *software*, para que os dados fossem compatíveis e suficientes para a análise final. Assim, após a simulação piloto concluída, os outros cenários foram configurados, simulados e analisados.

Para a configuração de simulações dos cenários (reais e hipotéticos), na etapa 5, foi realizada uma sequência de etapas metodológicas e procedimentos que resultaram em mapas para análise de dados bioclimáticos. As etapas aqui apresentadas serão abordadas detalhadamente no capítulo terceiro dedicado a Materiais e Métodos.

# 2. A CIDADE E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS



## **2. A CIDADE E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Este capítulo é dividido em três subitens, sendo estes: “O clima urbano, microclima e ilhas de calor”, “Mudanças climáticas no contexto das cidades contemporâneas” e “A influência da vegetação e da superfície urbana no microclima”. O conteúdo consiste na revisão bibliográfica que abrange definições e conceitos relacionados diretamente ao clima urbano, sintetizando fatores que podem interferir de forma positiva ou negativa nas cidades.

### **2.1. Clima urbano, microclima e ilhas de calor**

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, [s.d]) define clima como “um recurso natural vital ao nosso bem-estar, saúde e prosperidade”, abrangendo os elementos que definem o estado e a dinâmica dos climas da Terra, dentre eles a atmosfera, a hidrosfera, criosfera, litosfera de superfície e biosfera. O clima refere-se às características da atmosfera, em observação contínua, durante um grande período de tempo, sendo “a síntese do tempo num dado lugar durante um período de aproximadamente 30-35 anos” (AYOADE, 1996, p. 2).

O Brasil está situado na faixa intertropical, sendo a tropicalidade uma das características mais notável (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). De acordo com sua posição geográfica, o país recebe grande parte da energia solar, o que proporciona céu com luminosidade considerável e temperaturas elevadas aliadas à pluviosidade, sendo estas características do clima quente e úmido.

Conforme pode-se identificar no mapa da Figura 1, o território brasileiro apresenta três tipos de clima: Equatorial, Tropical e Temperado, sendo que o clima Tropical domina grande parte do País e é composto por três subdivisões: Clima Tropical Zona equatorial, Clima Tropical Nordeste Oriental e Clima Tropical Brasil Central.

**Figura 1:** Mapa de clima do Brasil.



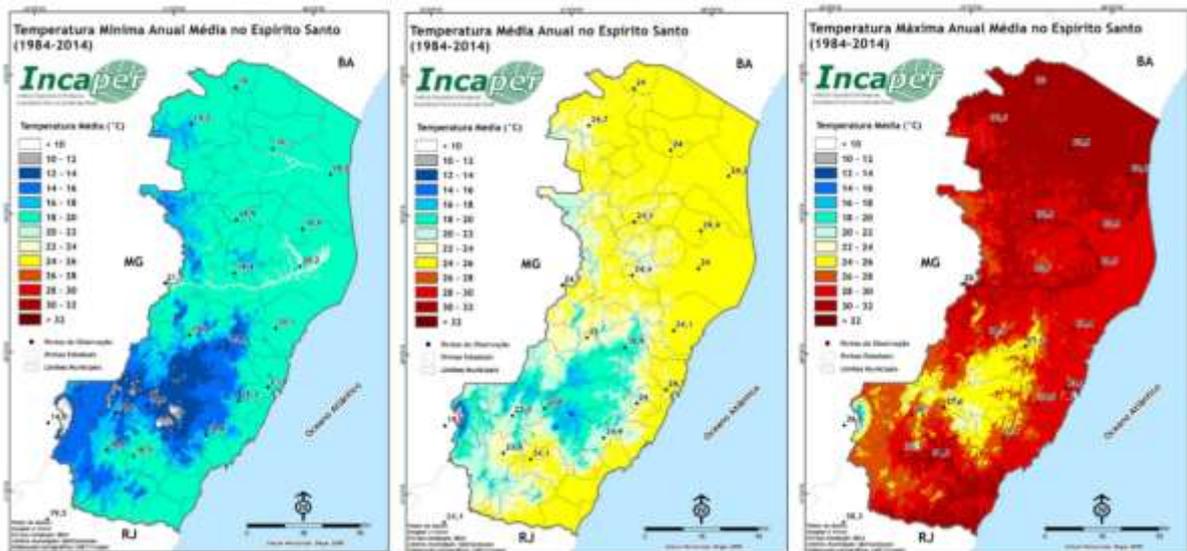
**Fonte:** IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

**Disponível em:** <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/15817-clima.html?=&t=downloads>>. Modificado pelo autor. Acesso em: 23 de fev. 2020.

O Estado do Espírito Santo está situado na área de clima Tropical Brasil Central, e seu clima é classificado predominantemente como tropical quente-úmido, visto que o mesmo está localizado entre os trópicos de Câncer ( $23^{\circ}27'N$ ) e Capricórnio ( $23^{\circ}27'S$ ).

Vale ressaltar que o Estado possui diferença de temperatura em relação a sua faixa litorânea, mais plana e sua área central, com altitudes. A **Figura 2** apresenta os mapas de médias de temperatura mínima, média e máxima anual, entre os anos de 1984 a 2014, disponibilizados pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), que evidencia as temperaturas elevadas no Espírito Santo, principalmente em áreas planas, com destaque para o município de Vila Velha, que apresenta médias máximas de 28°C a 30°C.

**Figura 2:** Mapas de temperaturas mínima, média e máxima anual do Espírito Santo (1984 – 2014).



**Fonte:** Incaper - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: < <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-temperatura-normal-climatologica>>. Acesso em: 24 fev. 2020.

Romero (2001) adota a classificação da região tropical, conforme Ferreira (1965), e subdivide o clima tropical em: clima quente-seco, clima quente-úmido e clima ameno dos planaltos. A autora caracteriza o clima tropical quente-úmido conforme descritos na **Tabela 2**, a seguir:

**Tabela 2:** Caracterização do clima segundo Romero (2001).

<b>Caracterização dos climas tropicais</b>	
<b>Quente-úmido</b>	Pequenas variações de temperatura durante o dia. Amplitude das variações diurnas fracas. Dias quentes e úmidos. À noite, a temperatura é mais amena e com umidade elevada.
	Dois estações: verão e inverno, com pequena variação de temperatura entre elas; o período das chuvas é indefinido com maiores precipitações no verão.
	Radiação difusa muito intensa. O conteúdo de vapor d'água das nuvens evita a radiação direta intensa.
	Alto teor de umidade relativa do ar.
	Localização geográfica: entre os trópicos de Câncer (23°27'N) e Capricórnio (23°27'S).
	Ventos fracos, direção dominante sudeste.
	Semelhança sensível dos dados climáticos de uma localidade para outra.

**Fonte:** Romero (2001, p. 45). Adaptado pela Autora (2020).

Para Romero (2001, p. 19), o clima pode ser analisado de acordo com seus elementos e fatores. Os elementos são estabelecidos como “a qualidade de definir e de fornecer os componentes do clima”. Os fatores são classificados como “a qualidade de condicionar, determinar e dar origem ao clima”. Sendo assim, na configuração do clima, Romero (2001) considera fatores climáticos globais, fatores climáticos locais e elementos climáticos, conforme apresentado na **Tabela 3**.

**Tabela 3:** Configuração do clima segundo Romero (2001).

<b>Configuração do clima</b>	
<b>Fatores climáticos globais</b>	Radiação solar (quantidade/qualidade/inclinação do eixo terrestre/equilíbrio térmico terrestre)
	Latitude
	Altitude
	Ventos
	Massa de água e terra
<b>Fatores climáticos locais</b>	Topografia (declividade/orientação/exposição/elevação)

	Vegetação
	Superfície do solo (natural ou construído/reflexão/permeabilidade/temperatura/rugosidade)
<b>Elementos climáticos</b>	Temperatura (valores médios/variações/valores extremos/diferenças térmicas entre dia e noite)
	Umidade do ar (absoluta/relativa/pressão de vapor)
	Precipitações (chuva/neve – todo tipo de água que se precipita da atmosfera)
	Movimento do ar (velocidade/direção/mudanças diárias e estacionais)

**Fonte:** Romero (2001, p. 20). Adaptado pela Autora (2020).

Para a autora, os fatores climáticos globais são aqueles que dispõem, estabelecem e originam o clima, tais como radiação solar, latitude, altitude, ventos e massa de água e terra. Já os fatores climáticos locais são aqueles relacionados ao microclima ou ao clima local, em um ponto determinado, como a vegetação, a topografia e a superfície do solo. Os elementos climáticos constituem valores relativos aos tipos de clima, como temperatura, umidade do ar, precipitações e movimento do ar, conforme descrito na **Tabela 3** acima.

A partir dessa consideração, Romero (2001) define que os fatores partem dos aspectos mais abrangente (macro) ao de menor abrangência (micro) e os elementos traduzem a especificidade, em valores, relativas de cada clima. Dessa forma, elementos e fatores climáticos, em conjunto, caracterizam os climas.

Os elementos climáticos abrangem temperatura, umidade do ar, precipitações e movimentos do ar. A temperatura é um dos elementos que pode se modificar com o tempo, ao passo que o sol ilumina de maneira desigual a superfície da terra, e a radiação solar pode ser influenciada a partir dos tipos de solo e composição de superfícies. Este elemento em conjunto com a precipitação, umidade e movimentos do ar podem incidir sobre o conforto térmico do ambiente (ROMERO, 2001).

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) certificam que o estudo científico do clima é denominado climatologia, e compreende o clima por dimensões espaciais e temporais de maneira conjunta. Para entender os diferentes climas do Planeta Terra, a climatologia abrange a interação da atmosfera, as atividades humanas e a superfície da Terra. A climatologia é ainda subdividida em elementos climáticos (temperatura, umidade e pressão atmosférica), que atuam na formação dos diferentes climas, sendo que o clima pode ser analisado de acordo com suas dimensões e escalas espaciais.

As escalas espaciais são definidas, de acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), como: macroclimática, mesoclimática e microclimática. Segundo os autores, na área da climatologia, a escala está em uma ordem de grandeza hierárquica, sendo assim, o microclima está inserido no mesoclima e o mesoclima inserido no macroclima, definidos de acordo com o **Tabela 4**:

**Tabela 4:** Organização das escalas espacial e temporal do clima.

<b>Ordem de grandeza</b>	<b>Subdivisões</b>	<b>Escala horizontal</b>	<b>Escala vertical</b>	<b>Temporalidade das variações mais representativas</b>	<b>Exemplificação espacial</b>
<b>Macroclima</b>	Clima zonal Clima regional	>2.000 km	3 a 12 km	Algumas semanas a vários decênios	O globo, um hemisfério, oceano, continente, os mares etc.
<b>Mesoclima</b>	Clima regional Clima local Topoclima	2.000 km a 10 km	12 km a 100 m	Várias horas a alguns dias	Região natural, montanha, região metropolitana, cidade etc.
<b>Microclima</b>		10 km a alguns m	Abaixo de 100 m	De minuto ao dia	Bosque, uma rua, uma edificação /casa etc.

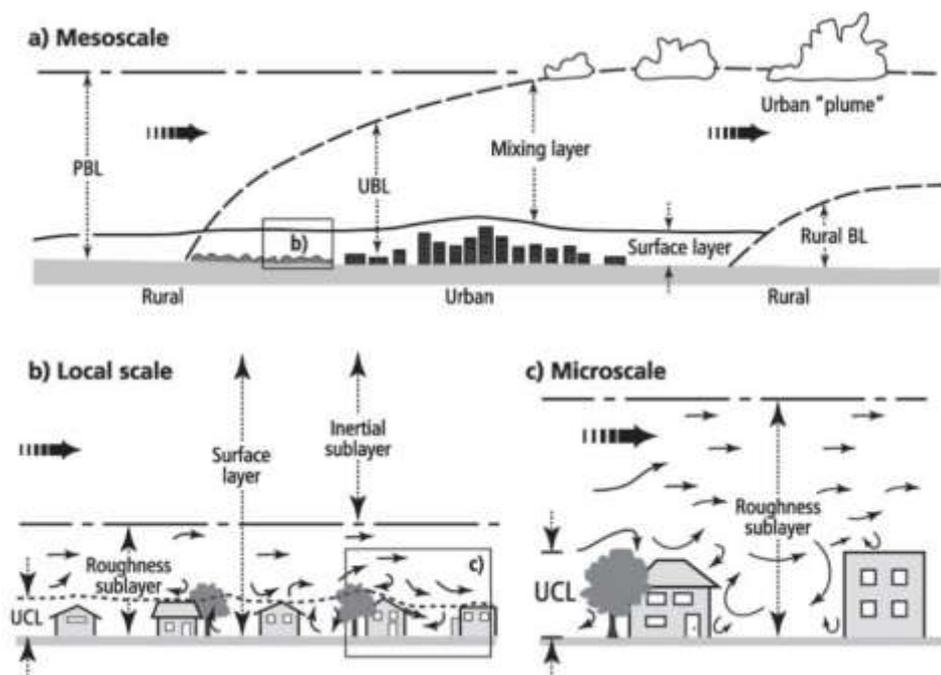
**Fonte:** Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p.23). Adaptado pela Autora (2020).

Ayoade (1996) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007), em seus estudos, definem que o macroclima é a maior unidade climática, compreendendo grande área da superfície da Terra, como o globo e oceano, por exemplo, e ainda os movimentos atmosféricos que atingem o clima. O macroclima é a ordem que abrange o clima zonal e regional, com temporalidade de variações de algumas semanas a vários decênios. Já o mesoclima abrange uma escala intermediária.

Esta divisão age compreendendo como subunidades o clima regional, local e o topoclíma e com temporalidade de várias horas a alguns dias, onde inclui, em sua espacialidade, regiões e cidades. O microclima é a unidade mais próxima à superfície e inclui áreas menores, como o clima de ruas e edificações. Esta divisão possui extensão horizontal de 10 km a alguns metros e sua temporalidade minutos do dia, sendo a menor da escala climática.

Oke (2006) também utiliza três níveis de escalas em seus estudos climáticos: a mesoescala, a escala local e a microescala. O esquema representado na **Figura 3** demonstra a camada limite planetária (*Planetary Boundary Layer* - PBL); a camada limite urbana (*Urban Boundary Layer* - UBL); e o dossel urbano (*Urban Canopy Layer*- UCL).

**Figura 3:** Esquema de escalas climáticas e camadas verticais encontrada em áreas urbanas.



Fonte: OKE (2006, p. 3).

A camada limite planetária (PBL) está localizada na mesoescala, a partir da superfície. A camada limite urbana (UBL) está inserida na mesoescala, sendo demarcada pela superfície, e podendo ser influenciada pela diversidade da forma urbana e suas interações ar-superfície. O dossel urbano (UCL) insere-se na escala local e na microescala, onde é percebida a influência mútua do ar com superfícies rugosas, edificações e vegetações (OKE,2006).

Oke (2006) afirma que a mesoescala compreende uma grande área de extensão, incidindo sobre o clima de toda a cidade, já a escala local, abrange características da paisagem como a topografia e exclui os efeitos da microescala. O autor afirma que a escala local constitui o clima de bairro e abrange a cobertura de superfície, a dimensão das edificações, os espaçamentos entre elas e o desenvolvimento de atividades.

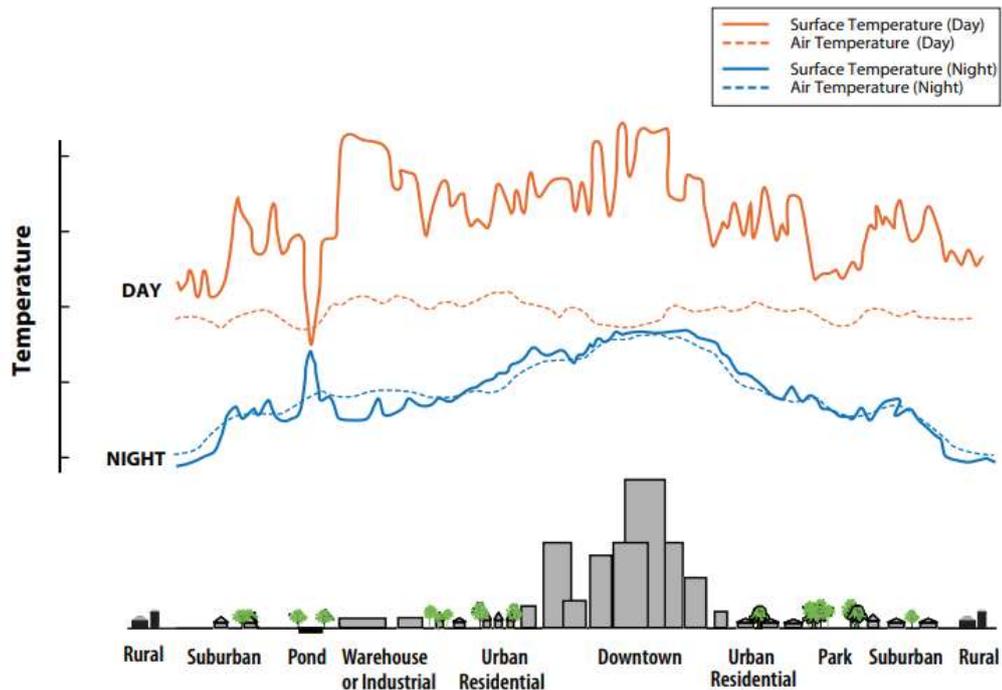
Ainda segundo Oke (2006), quanto a microescala, cada superfície e seus objetos possuem um microclima próprio deles e também da sua vizinhança imediata. Sendo assim, a faixa de temperatura de superfície e de ar pode apresentar variação de graus, mesmo em distâncias curtas, e o fluxo de ar pode ser modificado por pequenos objetos da superfície tais como árvores, ruas e edificações. Dessa forma, o microclima é a escala que pode direcionar e balizar os projetos do desenho urbano de bairros, sendo está a menor escala.

De acordo com Romero (2007, p. 46), o clima de um lugar pode ser conceituado como a “integração de uma série de elementos que se verificam em escalas diferentes”, incluindo da macroescala até a microescala, já o clima regional é definido por “fatores sinópticos, pelos efeitos modificantes da orografia local e pelas modificações introduzidas pelos edifícios ou grupos de edifícios”.

Segundo Ayoade (2002), o clima, possivelmente, é o componente mais relevante do ambiente natural, o autor complementa ainda que, o homem pode influenciar o clima através de ações como a urbanização, por exemplo, ainda que suas ações sejam em escala local. O autor afirma que o maior impacto do homem sobre o clima é na área urbana, ocasionando a diversidade de climas urbanos, diferente da área rural.

Quanto a esta diversidade, demonstrada na **Figura 4**, a *Environmental Protection Agency* (EPA, 2008) conceitua que a diferença de temperatura, comparada entre áreas urbanas e rurais, constituem a ilha de calor.

**Figura 4:** Variações da temperatura superficial e atmosférica.



**Fonte:** EPA - United States Environmental Protection Agency.

**Disponível em:** <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-05/documents/reducing\\_urban\\_heat\\_islands\\_ch\\_1.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_1.pdf)>. Acesso em: 25 fev. 2020.

Segundo Romero (2001, p. 36), com o processo de urbanização, juntamente com as características dos materiais empregados no meio urbano, a cidade apresenta uma “circulação de ar típica”, formando uma espécie de “ilha quente rodeada por um entorno mais frio”, dando origem ao efeito ilha de calor.

Mascaró e Mascaró (2005) afirmam que a ilha de calor é um fenômeno que contempla a cidade de forma global, sendo que as mudanças de temperatura do ar são consideradas no centro, em uma ação conjunta do ambiente construído. Os autores ressaltam que os cenários ambientais, de propriedades diferenciadas, favorecem a formação desses recintos urbanos, onde as características ambientais e morfológicas definem a ação do microclima.

Considerando o fenômeno causado pelos ambientes urbanos serem mais quentes que os rurais, Romero (2007) afirma que todas as cidades possuem ilhas de calor. Tal fenômeno resulta dos acontecimentos e impactos em diversas esferas na cidade contemporânea, gerando assim o aumento gradual da temperatura.

Os efeitos dos climas urbanos podem ser analisados quanto a diferenciação dos valores de temperatura, das áreas urbanas comparadas com as áreas rurais. De acordo com o processo de urbanização das cidades contemporâneas, assim como a deterioração da natureza com a redução das áreas verde, o crescimento acelerado da população, a intensificação de técnicas de produção e da construção civil nas áreas urbanas, pode-se observar o surgimento de prejuízos consideráveis a vida natural e urbana.

Rossi e Krüger (2005) afirmam que o processo de urbanização das cidades favorece a formação de microclimas diversos em diferentes áreas da cidade. Ainda segundo os autores, dentre os prejuízos que esses processos podem gerar, destacam-se, além das ações diretas e indiretas sobre microclimas diferenciados na cidade, o aumento da emissão de poluentes, o aumento da temperatura do ambiente e alterações na atmosfera.

Ferreira, Assis e Katzschner (2017) ressaltam que o processo de urbanização modifica o desempenho das variáveis climáticas, definindo assim o clima urbano. Portanto, a análise em microescala torna-se imprescindível, visto que forma uma base para a idealização de projetos, que incluem estratégias que favoreçam um clima urbano, que proporcione benefícios como o conforto ambiental.

O clima e as variações climáticas exercem grande influência sobre a sociedade. Segundo o AYOADE (2002), o clima influencia o homem e o homem influencia o clima, incidindo diretamente sobre a sociedade, sendo assim, é preciso que ambos vivam em harmonia. As sociedades, muitas vezes, veem o clima como um fator negativo e têm negligenciado as suas potencialidades e recursos (AYOADE 2002), porém, o impacto do clima e das variações climáticas sobre a sociedade pode ser positivo (benéfico ou desejável) ou negativo (maléfico ou indesejável).

O homem influencia o clima urbano alterando-o de acordo com as atividades que desenvolve, como, por exemplo, a urbanização, o extrativismo arbóreo ou até mesmo devido a ações de desmatamento, causando a diminuição do verde urbano exercendo impacto diretamente no microclima da área urbana (AYOADE, 2002).

A **Figura 5** ilustra o efeito de atividades como desmatamento, demonstrando ainda em como a vegetação contribui de maneira positiva, visto que a mesma repõe a umidade do ar, em contraponto, na ausência de área verde, além de prejuízos como ar seco, a água não volta para a atmosfera.

**Figura 5:** Efeito do desmatamento.



**Fonte:** BBC News Brasil (2020). **Disponível em:** <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-51317040>>. **Acesso em:** 31 janeiro 2021.

A urbanização, a poluição, o desmatamento de áreas verdes e outros fatores no meio urbano podem agir no aumento da temperatura local. Dessa forma, o homem e a sociedade tornam-se vulneráveis aos impactos do clima e às variações climáticas. A vulnerabilidade é evidenciada na medida em que a sociedade sofre os impactos climáticos, e a mesma desenvolve a resiliência, que é a capacidade de retroceder mediante as mudanças climáticas, compondo a interface clima/sociedade (AYOADE, 2002).

Romero (2007) destaca, em seus estudos sobre a arquitetura bioclimática, que o desenho urbano e a arquitetura se solidificam desconsiderando os impactos que estes podem gerar no ambiente, e ainda em como os elementos climáticos agem como condicionantes do projeto urbano. Sendo assim, para a autora, o conforto ambiental não tem sido prioridade no planejamento dos espaços na cidade, ressaltando a importância do equilíbrio das relações entre homem - meio construído - meio natural.

## **2.2. Mudanças climáticas no contexto das cidades contemporâneas**

De acordo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS - 2018), as mudanças climáticas ameaçam o bem estar social, influenciando a vida da sociedade contemporânea. O Conselho afirma que, atualmente, o desenvolvimento do Brasil, quanto a sua economia, avança às custas das florestas e do clima, e conclui que as modificações do uso do solo estão entre as principais causas das mudanças climáticas.

Para Primavesi, Arzabe e Pedreira (2007, p. 15), as mudanças climáticas intensificam-se de acordo com “ação do homem, tanto na liberação de gases fósseis ou de gases armazenados em florestas como também na degradação ambiental, que leva à maior produção de calor irradiado na forma de ondas longas”. Para os autores, a emissão de gases pode acontecer tanto por um processo natural ou por origem antrópica. Os autores classificam que a origem antrópica, pode acontecer por um ato proposital ou acidental, entre essas atividades estão a queima de materiais fósseis como o carvão e a madeira, além das atividades industriais e do uso de veículos motorizados.

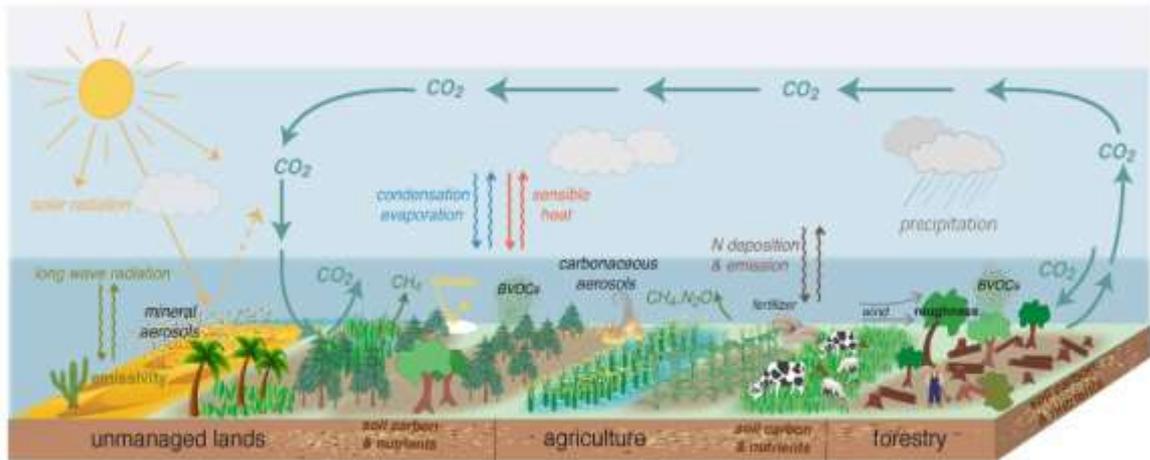
Roaf, Crichton e Nicol (2009, p. 19), afirmam que as mudanças climáticas levaram a população “a uma guerra e os conflitos são endêmicos”, com consequências graves e rápido aquecimento global. As alterações do clima, segundo os autores, podem ser percebidas de forma instintiva, visto que um dos fatores contribuintes nessas mudanças, são os gases emitidos com a queima dos combustíveis fósseis, bem como os edifícios, que são grandes causadores da produção das emissões devido a quantidade de energia utilizada para o seu funcionamento.

Os gases permanecem na atmosfera superior, contribuindo para a formação de uma camada cada vez mais espessa. Com isso, a radiação solar penetra na atmosfera e não volta para o exterior, ocasionando o seu aquecimento, provocando assim, mudanças dos climas – que crescem de forma alarmante, nos últimos anos, com o aumento da emissão de gases.

O relatório especial do Painel Intergovernamental para as mudanças climáticas (IPCC), referente às “Mudanças climáticas e terreno sobre as interações terra-clima”, relata que ocorre uma influência mútua entre a terra e a atmosfera, vinda através da troca de gases, água, energia e compostos orgânicos. Desta forma, estas interações são alteradas pelas mudanças climáticas. Conforme o homem executa ações modificadoras no ambiente, como o desmatamento, as mesmas afetam tanto a temperatura de superfície quanto o clima local.

A **Figura 6** ilustra o ciclo dos ecossistemas e como este afeta o clima. Tais fenômenos acontecem, de acordo com as características das superfícies, a incidência e a emissividade de radiação. Assim, é possível ainda entender a constituição dos fluxos e como estes modulam a atmosfera e sua composição.

**Figura 6:** A estrutura e o funcionamento de ecossistemas que afetam o clima.



**Fonte:** IPCC ([s.d]). **Disponível em:** <

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/05\\_Chapter-2.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/05_Chapter-2.pdf) >. **Acesso em:** 26 fev. 2020.

De acordo com a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas que afetam o clima, a terra se relaciona de maneira contínua com a atmosfera, e, a partir desta interação, acontecem as trocas de gases, água e energia. Evidencia-se, ainda, a ação mútua da superfície com a água, através do processo do fluxo da mesma, dos nutrientes e do carbono.

Ainda o relatório especial do IPCC “Mudanças climáticas e terreno sobre as interações terra-clima”, o funcionamento do ciclo, inicia com o aquecimento da Terra através da absorção de radiação e de ondas solares e esfria pela transferência de calor e da radiação e ondas solares.

Sendo assim, as características da superfície da terra influenciam esse ciclo e os fenômenos gerados, como a reflexão da radiação em ondas curtas (albedo), a emissividade de radiação por vegetação e solo, entre outras.

O IPCC publicou ainda outro relatório especial, este sobre “Aquecimento global de 1,5°C”. O documento descreve os impactos quanto ao aumento de temperatura na Terra, demonstrando que para limitar o aquecimento a essa escala (1,5°C), é preciso uma demanda de ação de mudanças rápidas na sociedade, visto que, com essa limitação, alguns impactos poderiam ser evitados.

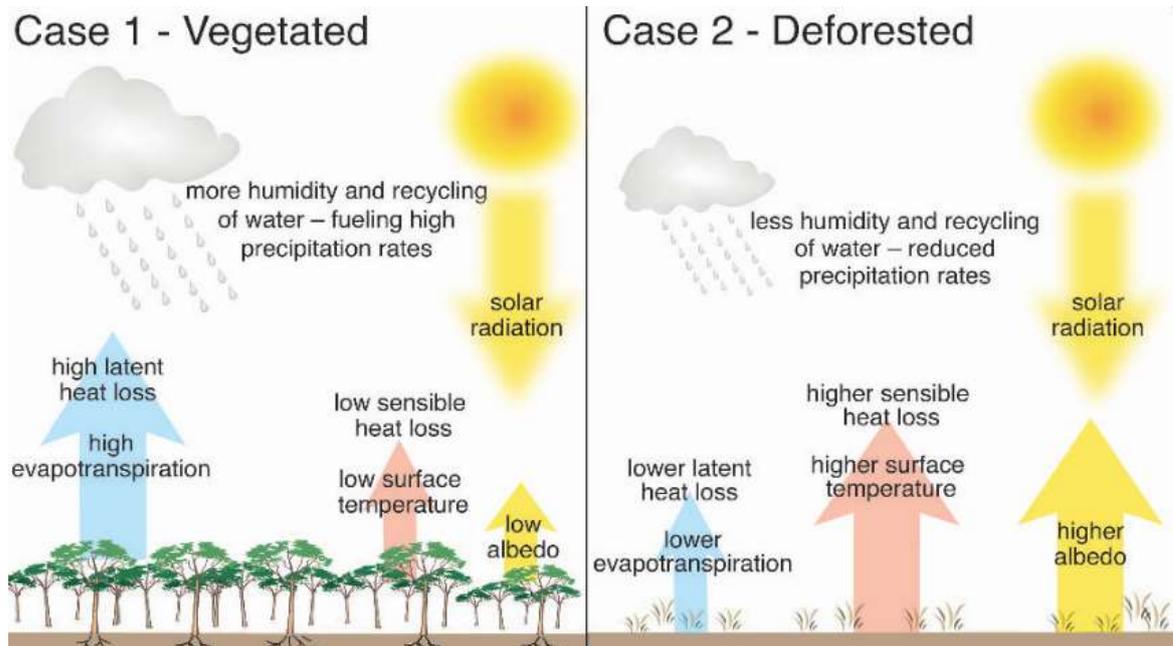
Segundo as Nações Unidas (ONU Brasil, [s.d]), um dos maiores desafios contemporâneos são as mudanças climáticas. A organização comenta que de acordo com a publicação especial do IPCC sobre as mudanças climáticas, a limitação de 1,5°C do aquecimento global, assegura uma sociedade mais justa e sustentável, considerando a comparação dos prejuízos se as médias hipoteticamente aumentassem para 2°C ou mais.

O Greenpeace (2019), que também presta seu apoio no objetivo da limitação do aquecimento da Terra a 1,5°C, destaca ainda a grande preocupação com as questões climáticas no ano de 2019, e informa que o termo “Emergência climática” foi eleito como a Palavra do ano pelo Dicionário Oxford. Vale destacar que as Emergências climáticas ainda carecem de maior atenção, com a aplicação de medidas concretas e atuantes, para contribuir positivamente no equilíbrio de temperaturas, poluentes e às mudanças quanto ao clima em escala global.

Dessa forma, conclui-se que tal limitação pode estabelecer uma transição rápida e de longa abrangência incidindo sobre a Terra, a indústria, as edificações, os transportes e as cidades. Os impactos das mudanças climáticas e o aumento de carbono comprometem desde o cultivo dos alimentos até o nível do mar, influenciando riscos de inundações e desestabilizando o meio ambiente e a população, tornando-se um problema global.

De acordo com a **Figura 7**, pode-se perceber ainda o ciclo ambiental em dois casos: área vegetada e desmatada, o que é um fator de importância e emergência climática.

**Figura 7:** Efeitos climáticos.



**Fonte:** Foley et al (2003).

Sendo assim, como plano de ação para o Planeta, em 2015, a ONU Brasil publicou a Agenda 2030. O documento é um plano de ação para fortalecer as bases do Planeta, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas para os próximos 15 anos, equilibrados em três esferas: econômica, social e ambiental. Dentre os objetivos, podemos destacar o 13º - Ação contra a mudança global do clima: Tomar medidas para combater a mudança climática e seus impactos. Este tópico, contém premissas imprescindíveis para a sociedade contemporânea, além disso, objetiva a capacidade da resiliência e adaptação a riscos ligados ao clima, além da compatibilização de medidas políticas sobre as mudanças climáticas. O documento ainda destaca questões como a conscientização sobre redução dos impactos, criação de planejamento e gestão de fatores relacionados as mudanças climáticas, demonstrando assim, o aumento da preocupação quanto as emergências climáticas de forma generalizada.

### **2.3. Os espaços livres de uso público e a qualidade ambiental urbana**

Os espaços livres de uso público possuem grande relevância na urbe, visto que atualmente, é notável que a configuração urbana e a atuação do ser humano geram prejuízos evidentes à população quanto a qualidade de vida ambiental e urbana.

Para Calliari (2016), a cidade pode ser definida de acordo com a forma que a mesma proporciona encontros e o convívio entre as pessoas, sendo que tais experiências geram “a essência da civilidade”. Sendo assim, percebe-se que a inserção do elemento urbano espaço público na cidade, permite o acontecimento de tais encontros e também integrações urbanas e sociais.

Portanto, quando a configuração desses espaços na cidade surge de forma inadequada, desfavorecem a qualidade do ambiente, visto que estes agem de maneira incidente na condição da vida urbana, no ambiente construído e natural da cidade.

Isto posto, importa destacar que os espaços livres de uso públicos carecem de uma dedicação singular em sua concepção e planejamento, visto que são áreas que permitem uma junção de conexões sociais e físicas com a cidade e atuam de forma a atrair como público a população local, trazendo assim, a vitalidade urbana.

Os espaços livres de uso público podem ser conceituados como um espaço abrangente que se contrapõe aos espaços construídos em áreas urbanas e integra os demais, como cita Lima et al. (1994, apud Rubira, 2016). Outros conceitos ainda podem ser adotados, como Mora (2009, p. 3 tradução nossa) que caracteriza espaços públicos como espaço urbano aberto e livre, sendo capaz de proporcionar o desenvolvimento de atividades em grupo contribuindo assim para a vida pública.

Segundo Minda (2009), o espaço público pode ser definido como um elemento estruturante no meio urbano, além de ser um espaço destinado ao convívio e a socialização por natureza, dessa forma, a relação entre a arquitetura e a cidade é considerada como direta, formando um conjunto com os diversos processos de mudanças na história em contraponto as intervenções urbanas.

Assim, com o crescimento das cidades, os espaços públicos foram surgindo de forma gradual. Robba e Macedo (2010) afirmam que, as praças são espaços urbanos acessíveis, sem a presença de edificações ou carros, voltadas para o lazer da população assim como a convivência da mesma. Os autores afirmam que as praças podem exercer funções diversas (convívio social, uso religioso, comércio, serviço, circulação), indispensáveis para a vida urbana, e que sofreram alterações com a evolução das cidades.

A praça pode ser caracterizada como um espaço que promove e constitui “uns dos símbolos mais importantes do imaginário da população” (Minda, 2009, p. 39). O autor destaca que a praça possui interligação direta com a cultura popular, fortalecendo a cidadania.

De acordo com Robba e Macedo (2010), as praças em áreas centrais exercem ainda a função de amenizar as condições climáticas, sendo uma alternativa naturalista. Segundo os autores, a praça contribui quanto aos valores ambientais com a melhoria da ventilação e aeração urbana, da insolação de áreas adensadas, além da ajuda no controle da temperatura, entre outros aspectos.

Isto posto, é destacada a importância dos espaços livres de uso público no planejamento urbano da cidade contemporânea adensada, enfatizando os valores ambientais, visto as influências benéficas de tais espaços.

## **2.4. A influência da vegetação e da superfície urbana no microclima**

Para que o conforto e a qualidade ambiental sejam satisfatórios na escala dos usuários, é indispensável que a vegetação, juntamente com outros elementos de infraestrutura urbana, corresponda positivamente às características e as especificidades das cidades.

As ações do homem e o adensamento urbano, juntamente com a composição das superfícies urbanas, influenciam no microclima das cidades. Estes fatores estão ligados diretamente aos padrões de ocupação do solo, assim como os efeitos da inserção das áreas verdes, sendo assim, a composição adequada da superfície pode resultar em benefícios não apenas nas temperaturas máximas ou no fluxo de calor, mas também agregando valor a cidade.

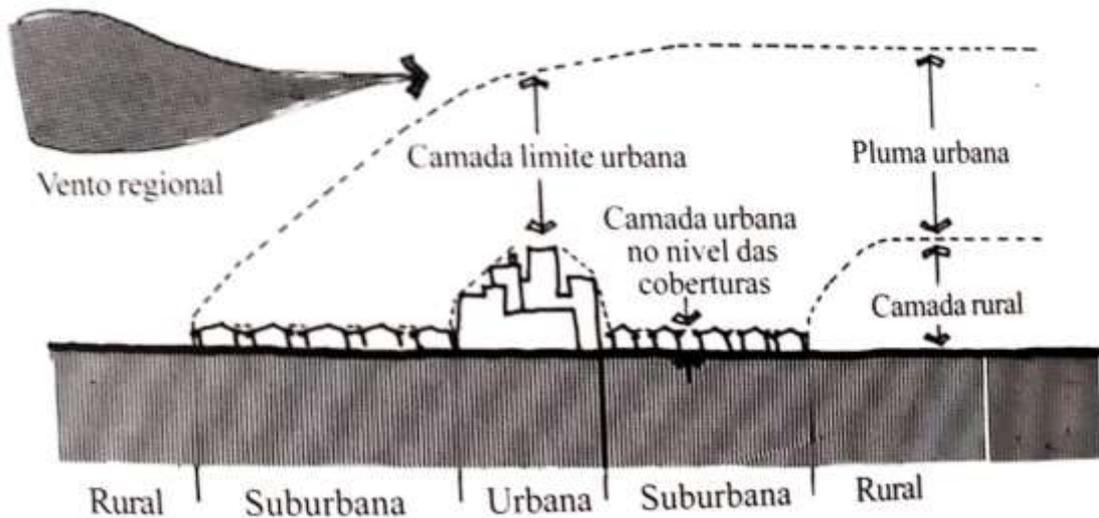
Mascaró e Mascaró (2005) afirmam que a presença de árvores favorece o recinto urbano (cenários ambientais com diferentes características), e pode interferir aumentando a umidade relativa do ar e conseqüentemente desempenho térmico. Diante disso, um fato a ser relevado é a temperatura em ambientes diversificados, como por exemplo, ruas arborizadas, onde é observado que o recinto urbano pode agir na redução ou na potencialização do desempenho ambiental, ressaltando a influência das propriedades dos materiais empregados na superfície e sua permeabilidade.

Romero (2007) afirma que o clima local é influenciado por diversas fontes, entre elas, os materiais utilizados para compor as superfícies urbanas, visto que estes materiais possuem propriedades que podem contribuir ou não para o microclima. Ainda segundo a autora, a cidade pode agir alterando o clima local, de acordo com as modificações e a composição das superfícies, sendo que estas podem ser constituídas por materiais rugosos, ou que conduzam mais calor ao ambiente, causando assim, a mudança nos ventos, entre outras características.

A autora conclui que o clima local, em uma determinada cidade, sofre interferência dos materiais que compõem a superfície urbana, e que assim o clima urbano é compreendido pela modificação do clima local. O clima local, portanto, é influenciado por diversos fatores, incluindo a composição das superfícies urbanas.

Desse modo, a cidade pode contribuir para a alteração do clima, conforme o esquema da **Figura 8**, que ilustra a atmosfera sob a influência urbana, de acordo com suas camadas (limite urbana, urbana no nível das coberturas e pluma urbana). A camada caracterizada por ser criada pelo deslocamento do vento por meio de superfície rugosa é a limite urbana, esta recebe toda influência térmica e é a mais próxima à superfície urbana; em seguida a camada no nível das coberturas, onde estão localizados os edifícios, apresenta uma mescla de microclimas produzidos pelo entorno; e a pluma urbana, que é a prolongação da camada limite urbana.

**Figura 8:** Atmosfera sob influência urbana.



**Fonte:** Romero (2007, p. 47).

Para Romero (2001), a análise da superfície do solo pode ser realizada de acordo com seus aspectos naturais e construídos, e então, a partir da avaliação, são determinados os índices de reflexão ou absorção da superfície do solo. A autora classifica albedo como “a proporção entre a luz do sol recebida e refletida por uma superfície” (ROMERO 2001, p. 34).

Romero (2011, p.10) afirma que o uso de materiais inadequados, que possuem alto índice de armazenamento de calor e rugosidade elevada, gera o aumento da absorção da radiação solar, reduzindo também a velocidade do ar, entre outras implicações negativas ao meio “e a consequente diminuição do albedo contribui para a formação da ilha de calor urbana”, em contraponto, utilizar materiais de alto albedo e alta refletância contribuem de forma positiva para mitigar esse efeito.

Sendo assim, com base em Romero (2001, p. 34), entende-se que os materiais de superfície de albedo elevado e baixa condutividade colaboram para a criação de um “microclima de extremos, já que não auxiliam para equilibrar os contrastes”; já os materiais com albedo baixo e condutibilidade alta, contribui e resulta para um microclima estável, visto que “o excesso de calor é absorvido e armazenado rapidamente e, quando as temperaturas diminuem, é rapidamente devolvido”.

Dessa forma, quanto ao albedo, podemos constituir a seguinte tabela síntese, de acordo com a **Tabela 5**:

**Tabela 5:** Síntese da relação entre albedo, condutividade e seus efeitos.

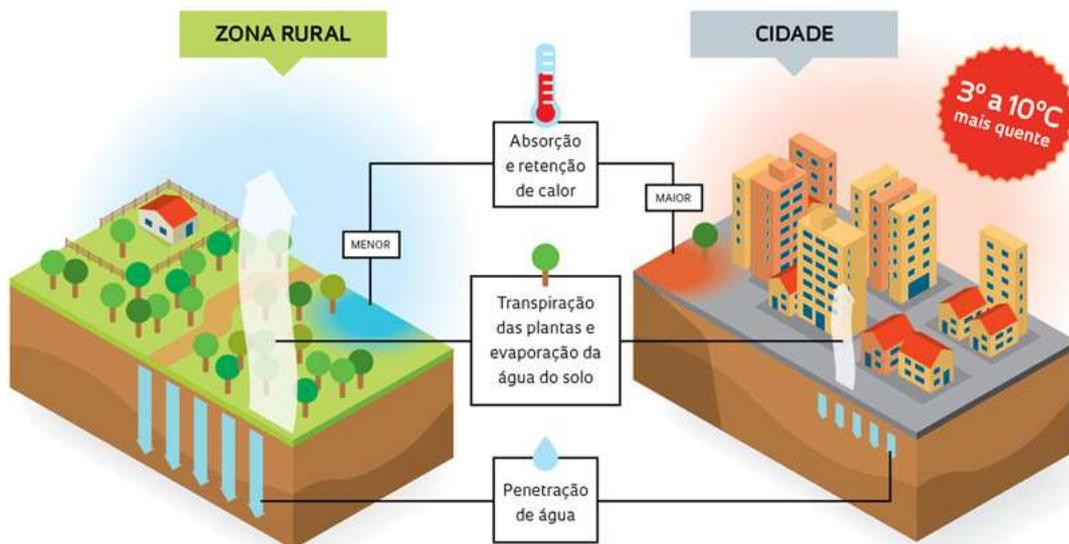
Albedo x condutividade	Efeito
↑ Alto albedo + ↑ Alta condutividade	Positivo
↑ Alto albedo + ↓ Baixa condutividade	Negativo
↓ Baixo albedo + ↓ Baixa condutividade	Negativo
↓ Baixo albedo + ↑ Alta condutividade	Positivo

**Fonte:** Elaborado pela autora (2020).

De acordo com os estudos, entende-se, ainda, que as superfícies de solo úmido possuem a tendência de equilíbrio de temperatura, já as superfícies de solo como areia e pavimentos agem de forma diferente, comportando-se com temperatura mais elevada durante o dia, e mais baixa à noite. Quanto a análise do solo construído ou alterado pela ação do homem, Romero (2001, p. 35) também destaca o processo de urbanização, visto que a substituição de superfícies vegetadas por construções e ruas pavimentadas gera o desequilíbrio do microambiente. Esse fato acontece devido a alteração do ciclo térmico diário e “as diferenças existentes entre a radiação solar recebida pelas superfícies construídas e a capacidade de armazenar calor dos materiais de construção” (ROMERO, 2001, p. 35).

Assim, segundo os fundamentos expostos, as superfícies das edificações ampliam os efeitos da radiação incidente, e agem como refletoras e radiadoras. Em contraponto, as áreas verdes atuam contribuindo na criação de um microclima diferente das áreas áridas, na velocidade do vento, na umidade do ar e na temperatura (ROMERO, 2001), conforme a **Figura 9**.

**Figura 9:** Comparação área urbana e rural.

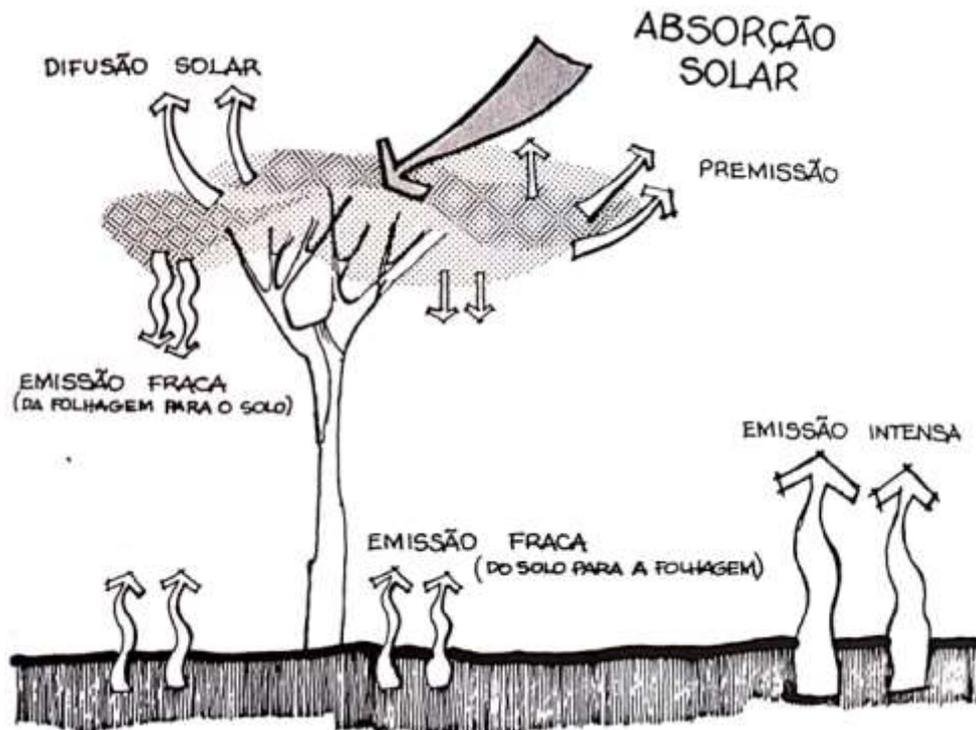


**Fonte:** Revista FAPESP (2012). **Disponível em:** < <https://revistapesquisa.fapesp.br/ilha-de-calor-na-amazonia/> >. **Acesso em:** 31 janeiro 2021.

A **Figura 9**, ilustra como ocorre o efeito das áreas vegetadas e arborizadas, “protegendo” as superfícies da radiação direta incidente do sol, proporcionando um ambiente mais fresco e agradável nas áreas urbanas. De acordo com esse processo, as áreas vegetadas proporcionam superfícies com temperaturas mais baixas, comparadas as áreas construídas, visto que a capacidade calorífica e de condutibilidade térmica da vegetação é menor que a dos materiais utilizados nos edifícios. Lima e Amorim (2006) também afirmam que a falta de arborização é um fator que pode causar alterações no microclima, gerando desconforto térmico.

A vegetação age como termorregulador microclimático, conforme ilustrado na **Figura 10**, e contribui positivamente para a ambiência urbana, regulando através de sua estrutura, as radiações de grande comprimento de onda.

**Figura 10:** Efeito termorregulador da vegetação.



Fonte: Romero (2001, p. 33).

A ausência ou ineficiência destas vegetações podem gerar custos financeiro e prejuízos ambientais, uma vez que o aumento da temperatura - devido a substituição de áreas, anteriormente agrícolas, por edifícios e pavimentações - tende a gerar impactos diretos na população. Quanto aos aspectos ambientais, a vegetação atua mitigando a radiação solar na estação quente e, através do sombreamento, podendo ainda modificar a temperatura do local e a umidade relativa do ar (MASCARÓ; MASCARÓ, 2005).

Mascaró e Mascaró (2005) ainda ressaltam a importância do tipo de vegetação e de como elas são organizadas. Os autores afirmam que quando distribuídas em diferentes níveis, apresentam condições satisfatórias e eficientes quanto ao conforto do local.

À medida que surgem novas configurações e formatações urbanas, evidencia-se ainda mais a importância de áreas verdes na cidade, com a função de proporcionar qualidade de vida para população. Shinzato (2007) evidência que o microclima pode ser alterado devido a substituições de áreas permeáveis e verdes por edificações e superfícies pavimentadas, causando, assim, desconforto ambiental aos transeuntes no local. A autora ainda afirma, que estas alterações podem ser caracterizadas pelo aumento da temperatura do ar e também das superfícies, o que contribui para o aumento do consumo de energia, pelo uso de sistemas de condicionamento.

Shinzato (2007) afirma que a vegetação, quando implantada de forma eficiente no meio urbano, pode contribuir diretamente para a qualidade do ambiente. A autora ainda destaca quatro aspectos relacionados aos benefícios da vegetação, enfatizando a influência sobre os aspectos climáticos (1), ecológicos ligados à água (2), relacionados à vida humana (3) e relacionados à fauna (4). Estes destacados conforme descrição presente na **Tabela 6**:

**Tabela 6:** Influência da vegetação.

INFLUÊNCIA SOBRE OS ASPECTOS CLIMÁTICOS	Melhoria do microclima entre os edifícios, em relação à qualidade do ar, sombreamento nos climas quentes, proteção aos ventos no inverno e contribuição para orientar a ventilação natural.
INFLUÊNCIA SOBRE OS ASPECTOS ECOLÓGICOS RELACIONADOS À ÁGUA	Contribuição no controle de enchentes, proteção contra a erosão do solo, ajuda na retenção e absorção das águas da chuva. Serve também como base para implantar a infraestrutura dos sistemas públicos de água e esgoto.
INFLUÊNCIA SOBRE OS ASPECTOS DA VIDA HUMANA	Utilização em lugares como playground, áreas de esportes e recreação para criar um ambiente agradável, facilitando o encontro das pessoas. Cria caminhos de passagem para pedestres e determina a divisão de áreas com usos diferenciados. Ajuda na recuperação de pacientes em hospitais e na diminuição dos índices de violência, além de valorizar imóveis próximos às áreas verdes.
INFLUÊNCIA SOBRE OS ASPECTOS RELACIONADOS À FAUNA	Habitat, diversidade e proteção natural da fauna.

**Fonte:** Shinzato (2007, p. 30). Adaptado pela Autora (2020).

Shinzato (2007) ressalta que, a presença do verde urbano, favorece e promove a melhoria do microclima do ambiente e da qualidade do ar, além de permitir o sombreamento em estações quentes, e a proteção aos ventos, no inverno, bem como colabora para a orientação da ventilação natural, devido a sua forma.

Alvarez et al. (2010) destacam a fragilidade do verde urbano visto que o mesmo sofre diretamente os efeitos da ação do homem, com as pressões da urbanização e do adensamento populacional. Os autores enfatizam a importância de avaliar e calcular tais áreas ao afirmarem que “para garantir um mínimo de bem-estar à população, é importante quantificar os elementos relacionados à cobertura vegetal presentes nas cidades” (ALVAREZ et al., 2010, p. 692).

De acordo com os autores Londe e Mendes (2014), as áreas verdes são de grande relevância, visto que o verde urbano é fator básico para o bem-estar e melhoria na qualidade de vida nas cidades. Os autores destacam a importância de pesquisas com ênfase na análise de tais áreas, transmitindo assim, os benefícios do verde urbano na saúde e na qualidade de vida da população.

Sendo assim, importa salientar, dentro desta temática que, conforme já citado, a vegetação possui grande influência na configuração do meio urbano e natural. Este elemento contribui diretamente para o aumento da qualidade de vida dos habitantes locais, saúde do ambiente urbano e natural, proporcionando assim níveis satisfatórios de conforto.

Melhado (2013) complementa que a arquitetura necessita da integração harmoniosa envolvendo estética, conforto e qualidade de vida, de modo a gerar o mínimo de impacto possível no entorno e no meio ambiente. Afirma, ainda, que a arquitetura e o planejamento urbano devem cooperar de maneira contínua para a melhoria de vida da população, com vista em uma melhor relação com o meio ambiente.

Dessa maneira, a busca pela melhoria e qualidade de vida da população e os impactos gerados em diversas escalas no meio ambiente fomentam o surgimento de soluções e estudos sobre as problemáticas relacionadas ao meio ambiente, objetivando o auxílio de fatores que, de alguma forma, tornem possível conter ou reduzir impactos que atingem negativamente a qualidade do meio ambiente e à vida humana.

# 3. MATERIAIS E MÉTODOS



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são esclarecidas e demonstradas todas as etapas, processo e técnicas utilizados nesta dissertação, tendo como área estudo de caso a praça Bom Pastor, em Vila Velha – ES. Após o detalhamento das etapas de pesquisas, neste capítulo, também é apresentada a ferramenta de simulação microclimática aplicada nas análises do microclima - o *software* ENVI-met (versão 4.4.5), suas interfaces e *plugins* disponíveis, com foco no *plugin* Leonardo (versão 4.4.5). Na sequência, a praça, recorte de estudo, bem como seu entorno, são caracterizados.

Conforme já apresentado, este estudo aplica as seguintes etapas de desenvolvimento:

**(1)** Contextualização e revisão bibliográfica sobre o clima, vegetação e os espaços livres de uso público;

**(2)** Manuseio do *software*, incluindo estudos de tutoriais e pesquisas disponíveis;

**(3)** Coleta de dados e delimitação do recorte para a praça estudo de caso, para caracterização e contextualização do local, incluindo levantamento de dados e medições de temperatura de superfície, compilando os dados obtidos com os dados fornecidos pelo INMET;

**(4)** Simulação piloto, com a modelagem da área, configurando o *software* com informações necessárias para ajuste e melhor precisão do resultado, obtendo simulações do microclima;

**(5)** Simulação de cenários, análise e discussões dos resultados com a configuração de mapas;

### 3.1. Caracterização e detalhamento das etapas de pesquisa

Na sequência serão explicadas cada uma das etapas de pesquisa:

#### **Etapa 1** – Contextualização do tema e revisão bibliográfica

Visando atender o objetivo específico **(a)**, esta etapa consistiu na **revisão bibliográfica** para contextualização do tema e fundamentação da pesquisa, iniciando com levantamento bibliográfico dos principais temas. Assim, neste primeiro momento, foi necessário aprofundar os estudos sobre microclima urbano e os seus efeitos no ambiente natural e construído, mudanças climáticas, bem como pesquisas que evidenciam a importância dos espaços livres de uso público para qualidade ambiental urbana.

Como principais autores, destacam-se: Robba e Macedo (2010) e Mora (2009) sobre espaços livres de uso público; Melhado (2010) que aborda a temática da arquitetura e do desenvolvimento sustentável; Ayoade (1996) e Romero (2001, 2007 e 2011) sobre clima e clima urbano; Campos (2018) e Maciel (2014) sobre o *software*, Shinzato (2014) e Xavier (2017) que evidenciam os efeitos da vegetação no microclima das cidades, além dos autores Mascaró e Mascaró (2005) que trazem à tona a temática das ilhas de calor e recintos urbanos.

Ainda nesta etapa foram selecionadas pesquisas sobre o microclima que utilizam do *software* ENVI-met, para assim, na fase seguinte, servir de base de conhecimento do programa. Filtrando tais estudos e pesquisas, foi possível avaliar a viabilidade da utilização do *software* e traçar estratégias para obter dados necessários para a simulação.

## Etapa 2 – Manuseio do *Software* ENVI-met

A segunda etapa visou **compreender o funcionamento** do *software* ENVI-met versão 4.4.5 LITE e o seu *pluglin* Leonardo, que permite a criação de mapas, atendendo assim, o objetivo específico **(b)**. O entendimento e manuseio do *software* e seus *plugins* foi realizado de acordo com os tutoriais disponibilizados pela ENVI-met *Company* (disponível em: <https://www.envi-met.com/>). Visto que o programa não é intuitivo, foi necessário recorrer a autores de dissertações de mestrado que utilizaram o *software* em suas análises de microclima, além de consultas a pesquisadores que fazem uso do ENVI-met e ainda inúmeros testes realizados de forma recorrente e incansáveis, buscando a calibragem do programa através de resultados cada vez similares ao real.

O manuseio do *software* foi realizado com a versão gratuita ENVI-met 4.4.5 LITE *winter*, disponibilizado pela ENVI-met *Company*. Essa versão possui limites quanto a dimensão da área de estudo e não pode ser utilizada para fins comerciais, apenas estudos acadêmicos. A ENVI-met *Company* lança uma nova atualização a cada seis meses<sup>2</sup>, para seu funcionamento independentemente da situação climática.

O *software* conta com uma biblioteca de materiais pré-definidos e possibilita a inserção de materiais na área de modelagem, onde também é possível atribuir as características do local a ser analisado dentro do programa. Para facilitar e guiar a modelagem da área, o *software* permite que seja utilizada uma imagem aérea de fundo do local, essa imagem poderá ser obtida no *Google maps* ou *Google earth*, desde que seja escalada de acordo com os grids que configurados e salva no formato de imagem *bitmap*. No caso desse estudo, essa imagem foi gerada com o auxílio do *software* AutoCad. Caso o norte necessite de rotação para alinhamento, essa informação deverá ser inserida nas configurações de dados iniciais.

A modelagem da área oferece subitens para a configuração da mesma, possibilitando até mesmo inserir o gabarito dos edifícios do recorte a ser estudado, níveis básicos de elevação do terreno e ainda dados como vegetação, solo e superfície.

---

<sup>2</sup> No mês de dezembro, é disponibilizada para *download* a versão *winter* e, em agosto, a versão *summer*, objetivando atualização contínua do *software*.

Após a configuração inicial, para o início da simulação, tornou-se necessário criar um *workspace* na guia principal do programa e configurar o gerenciamento do projeto, com a inserção de dados, tais como: dia da simulação desejada, horário de início e período em horas a serem simulados.

O *software* oferece três níveis graduais de simulação, cada um com diferentes configurações internas. O menor nível foi utilizado nas simulações base teste e também na simulação piloto, devido ao tempo de duração da conclusão da simulação, este nível solicita a inserção de dados como temperatura mínima e máxima do dia, velocidade e orientação do vento.

A duração da simulação varia de acordo com a máquina utilizada, o nível de simulação, sendo que o detalhamento da área, a dimensão, entre outros fatores também podem influenciar no tempo de finalização.

Os arquivos base teste desse estudo tiveram duração de simulação de no mínimo, dez horas. Com todas as informações configuradas, o arquivo de simulação foi carregado no guia principal de simulação do ENVI-met, dando início ao processo.

Após a conclusão da simulação, de acordo com o resultado gerado, é possível a criação de mapas de análise utilizando o *plugin* Leonardo. O *plugin* possibilita a análise, de acordo com as horas programadas previamente nas configurações da simulação, como um panorama geral e também com pontos específicos, demonstrando como estes pontos se comportam em relação a temperatura e outros parâmetros disponibilizados no *plugin*.

O Leonardo permite a análise de vários fatores como temperatura de superfície, do ar, velocidade do vento, umidade relativa, entre outros. O *plugin* também realiza comparações abrangendo mais de um horário, permite a configuração gráfica das imagens, além de facilitar a leitura dos mapas de forma didática.

O item 3.2 deste capítulo é dedicado ao *software* ENVI-met e suas configurações. Neste item serão aprofundadas a ordem de cada passo necessário para a utilização do *software* juntamente com o detalhamento de suas funções e configurações para que o resultado final das simulações seja alcançado.

### **Etapa 3 – Coleta de Dados**

A etapa de coleta de dados consistiu na composição da base de informações solicitadas pelo *software* ENVI-met, como requisito para a simulação. Sendo assim, o levantamento de dados foi realizado *in loco* e por meio de plataformas meteorológicas disponíveis, para que as informações solicitadas no *software* fossem preenchidas da maneira mais fiel possível.

Para a alimentação dos dados no ENVI-met 4.4.5 LITE *winter*, foi necessária a inserção de características e informações bioclimáticas locais da área estudada, como temperatura, velocidade e direção do vento. Para isso, algumas plataformas disponibilizam dados climáticos por meio de estações meteorológicas.

Os dados climáticos utilizados na configuração do recorte simulado foram extraídos da tabela de dados históricos anuais, fornecida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), vinculado ao Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, visando maior confiabilidade nos resultados.

Para o desenvolvimento da malha urbana e do recorte a ser simulado, de acordo com a base do município disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Vila Velha (PMVV), foram utilizados o *software* AutoCad e também o *software* Revit. As imagens aéreas e por satélites utilizadas foram obtidas através do *Google Maps* e *Google Earth*, além do levantamento fotográfico realizado *in loco*.

Após a compilação de dados para inserção das informações bioclimáticas no *software* ENVI-met, a coleta de dados *in loco* objetivou a preparação do modelo do local a ser simulado. Com a base de informações coletadas, no levantamento no local, primeiramente foi feita a observação de forma direta quanto ao fluxo, uso, atividades desenvolvidas, condição do céu e percepção climática relacionada ao local e seu entorno, que resultaram em anotações, acervo fotográfico e medição de temperatura de superfície para conhecimento da área e compilação de dados que utilizados na configuração do *software*.

Durante o levantamento, dados como gabarito das edificações foram agregados a pesquisa e conferidos posteriormente de acordo com os dados virtuais. O fluxo e a dimensão das vias do entorno da praça também foram observados para que a modelagem e caracterização da análise do espaço fosse completa.

Foram também selecionados alguns pontos de amostragem para as medições de temperatura de superfície e posterior calibragem do *software* ENVI-met durante a etapa da simulação piloto, confrontando os dados da medição real no local com os dados obtidos na simulação do *software*. Para uma melhor precisão dos resultados, os pontos coletados consideraram materiais de revestimentos distintos, exposto ao sol e também sob à sombra. Segundo a norma ISO 7726/1998, a temperatura de superfície deve ser utilizada com o intuito de avaliar as trocas radiativas.

Para integrar a base de dados precisos quanto ao conhecimento do local, foram estudadas informações socioeconômicas (crescimento da população, número de habitantes por regional, entre outros dados), fornecidas pelo Perfil Socioeconômico redigido pela Secretaria Municipal de Planejamento Orçamento e Gestão da Prefeitura Municipal de Vila Velha (SEMPLA) e também pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os dados urbanísticos e também a base do município em AutoCad foram disponibilizados no site da Prefeitura de Vila Velha (PMVV).

#### **Etapa 4 - Simulação piloto**

A simulação piloto possui a função de equiparar os dados reais com os simulados, afim de verificar a coerência das medições *in loco* e a confiabilidade do programa seja comprovada. Nesse sentido, foram necessárias medições de temperaturas de superfície no local para que a simulação piloto fosse realizada. As medições de temperatura de superfície foram realizadas em um dia ensolarado e quente de verão (19/02/2020), em três horário úteis durante o dia: 10 horas, 13 horas e 16 horas.

A medição da temperatura de superfície foi realizada em 06 (seis) pontos diferentes, com materiais de revestimento de superfície distintos (materiais naturais e industrializados), no sol e na sombra, com o Termômetro infravermelho de não contato *Scantemp*, da marca *Incoterm*, disponibilizado pelo Laboratório de Conforto da Universidade Vila Velha (**Figura 11**), que registra a temperatura a partir de um sistema ótico, captando as “energias emitidas, refletidas e transmitidas pelo objeto mirado” (VASCONCELLOS, 2006).

**Figura 11:** Instrumento para medição de temperatura de superfície.



(A) Caixa do aparelho.



(B) Aparelho em uso.

**Fonte:** Autora (2020).

Na medição para a simulação, os pontos já pré-definidos foram analisados, e a temperatura de superfície foi aferida nas vias perimetrais, em superfícies com o revestimento asfáltico exposto ao sol e em superfície de bloco intertravado de concreto na sombra, que constituem parte do entorno imediato da praça, além disso, as temperaturas de superfície dos percursos internos foram aferidas, tanto no sol e quanto na sombra, para fins de conhecimento do local.

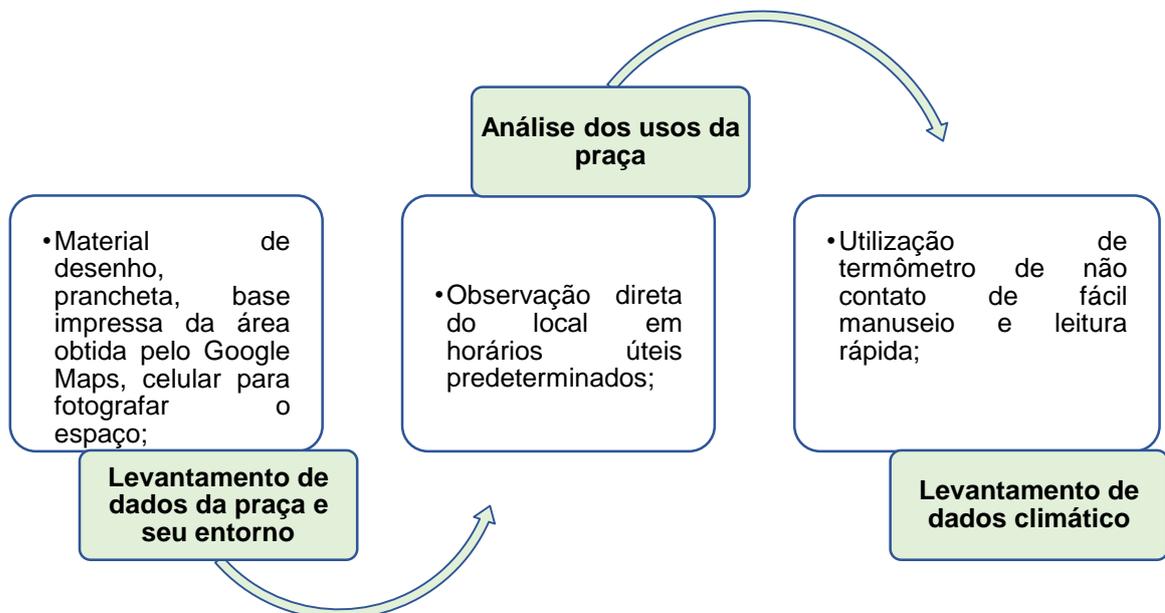
Para auxiliar na coleta de dados da praça, primeiramente foi realizado um croqui da área, com a marcação dos pontos de medição.

Sendo assim, para o levantamento de dados microclimáticos no local, no caso desse estudo, a medição de temperatura de superfície, importa destacar os seguintes itens:

- Medição de temperatura realizada com aparelho leve, fácil transporte e de medição instantânea com estabilização e leitura rápida;
- O tempo do trajeto das medições de um ponto para o outro não foi demorado, para não haver alterações no tempo;
- Compilar os dados obtidos com o auxílio de planilhas gerando gráficos e tabelas (todo material foi processado no software Excel).
- Além dos itens acima, foi preciso fazer uso de material de desenho, tais como trena, lapiseira, papel e prancheta.

O infográfico representado na **Figura 12** ilustra a ordem, materiais e instrumentos utilizados para o levantamento de dados no local, bem como as medições de temperatura e coleta de informações bioclimáticas.

**Figura 12:** Infográfico metodológico.



**Fonte:** Autora (2021).

Após as medições de temperatura de superfície, objetivando facilitar o entendimento dos dados, os mesmos foram transcritos para as planilhas confeccionadas, originando também cálculos de temperatura média, como um resumo de cada ponto escolhido.

Posteriormente, estes dados geraram gráficos, que auxiliaram na compreensão dos resultados.

As planilhas e gráficos confeccionados nessa etapa serviram como “dados base resumo”, úteis para futuras comparações com as informações obtidas no *software* de simulação e no INMET.

### **Etapa 5 – Simulação de cenários**

Para atender o objetivo específico **(c)**, com a simulação e análise do microclima da praça, foram simulados três cenários, são eles: Cenário 1) situação real existente da praça; Cenário 2) área da praça como um espaço árido, pavimentado com materiais impermeáveis e sem vegetação; e Cenário 3) área da praça vegetada, com aproximadamente 60% de permeabilidade do solo e vegetações com escalas e volumes diferentes, elevando a porcentagem de área sombreada. Vale ressaltar que todos os cenários apresentados mantiveram a pedra e a pequena capela existente no interior da praça.

A simulação do Cenário 1 objetivou verificar a real influência da praça, em relação ao microclima do entorno, considerando que a mesma possui parte considerável, em torno de 40%, aproximadamente, da sua área sombreada por árvores de grande e médio porte. Em contraponto, o Cenário 2 visou enfatizar as consequências de um espaço árido, sem vegetação e materiais de revestimentos de superfície, em sua maioria, impermeáveis, não adequados ao meio urbano. O Cenário 3 buscou evidenciar, a partir da simulação de um cenário com maior composição vegetal e permeabilidade do solo, que possíveis estratégias projetuais na escala da praça, podem contribuir na melhoria do microclima urbano.

A partir das simulações de cenários, e com a produção e análise dos mapas no ENVI-met, produzidos pelo *plugin* Leonardo, atendendo o objetivo **(d)** e **(e)**, buscou-se evidenciar a influência da praça no microclima urbano do bairro, ressaltando a importância dos materiais inseridos na mesma, além da presença do verde e de sombreamento no local, enfatizando ainda a influência de materiais de superfície adequados e sua interação com o conforto térmico do local, afim de verificar a real aplicabilidade do *software* para análises sobre o microclima, em espaços livres de uso público, na escala de praça.

### 3.2. O *software* ENVI-met

O *software* ENVI-met foi desenvolvido na Alemanha pelo Professor Doutor Michael Bruse, que iniciou o projeto sobre microclima com o ENVI-met em 1994 e então deu continuidade nos estudos e desenvolvimento juntamente com seus sócios e equipe. De acordo com o ENVI-met, o desenvolvimento do modelo do *software* tem a missão de auxílio na construção das áreas urbanas em condições habitáveis, devido a problemática da exposição das condições climáticas (ENVI-met, [s.d.]).

O *software* ENVI-met possibilita a criação de cenários com condições sustentáveis em determinado ambiente, além disso, o ENVI-met possui *plugins* que permitem a análise de vários fatores ligados ao microclima ambiental, sendo esse um tópico complexo na etapa de desenvolvimento de projeto. O *software* é destinado a modelagem e simulação microclimática, permitindo a interação de atmosfera, vegetação e superfície no ambiente, contando com algumas versões como: ENVI-met *Business*, (para arquitetos, arquitetos paisagistas, planejadores urbanos e outros profissionais), ENVI-met *Science* (para universidades), ENVI-met *Science & BIO-met* (para universidades), ENVI-met *Student* (para projetos de pós-graduação e doutorado) e ENVI-met *Lite* (para aprendizagem e exploração), sendo a última a versão gratuita e também utilizada nesse estudo, com domínio, análise e opções reduzidas para fins de teste sem uso comercial.

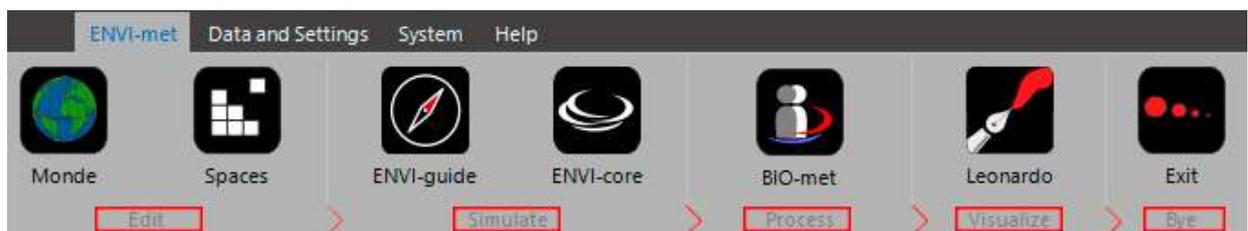
A versão 4.4.5 LITE do *software* ENVI-met foi utilizada nesse estudo devido a gratuidade, apesar das limitações - como a dimensão da área e a biblioteca de materiais disponíveis reduzida -, permite a concepção de cenários reais e hipotéticos, de acordo com o microclima e analisa fatores como temperatura de superfície e do ar, umidade e temperatura potencial do ar, velocidade do vento, entre outros, através da simulação da performance dos materiais utilizados na modelagem computacional do cenário, compondo edificações, vegetação e superfície, conforme inserção de dados bioclimáticos.

Vale ressaltar a importância da simulação piloto, que possibilita conhecer o modelo, comparando os resultados das medidas feitas *in loco* e os resultados da simulação computacional, para a validação do mesmo. No caso desse estudo, foi realizada medição de temperatura de superfície, em um dia quente de verão, para fins comparativos de diferentes cenários.

Na sequência será apresentado um breve panorama sobre o *software* e suas interfaces.

A interface de abertura do ENVI-met é dividida em cinco etapas: *Edit*, *Simulate*, *Process*, *Vizualize* e *Bye* (**Figura 13**).

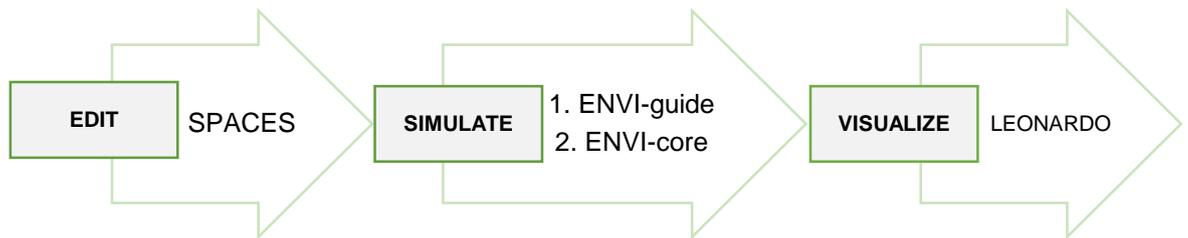
**Figura 13:** Interface ENVI-met.



**Fonte:** *Software* ENVI-met.

As interfaces iniciais apontam uma sequência a ser seguida para resultar simulação final, neste estudo, foi utilizado o seguinte caminho, como é demonstrado no fluxograma abaixo, ilustrado na **Figura 14**:

**Figura 14:** Fluxograma de dados.

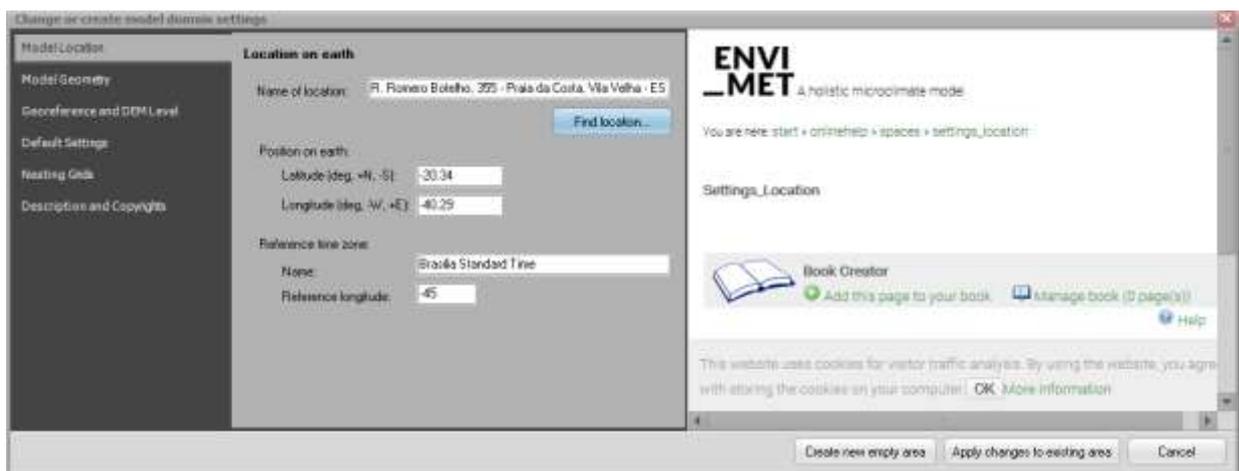


Fonte: Autora (2021).

Vale ressaltar que as fases seguidas foram utilizadas especificamente para esse estudo, podendo existir outras formas de manuseio resultando a simulação final.

A aba **Edit**, na interface *Spaces*, no tópico *model settings*, ambiente da janela “Edit Settings/ Create New Area”, o *software* destina a configuração inicial da área, com a inserção de dados de entrada para modelagem, conforme mostra a **Figura 15**.

**Figura 15:** Change or create model domain settings.



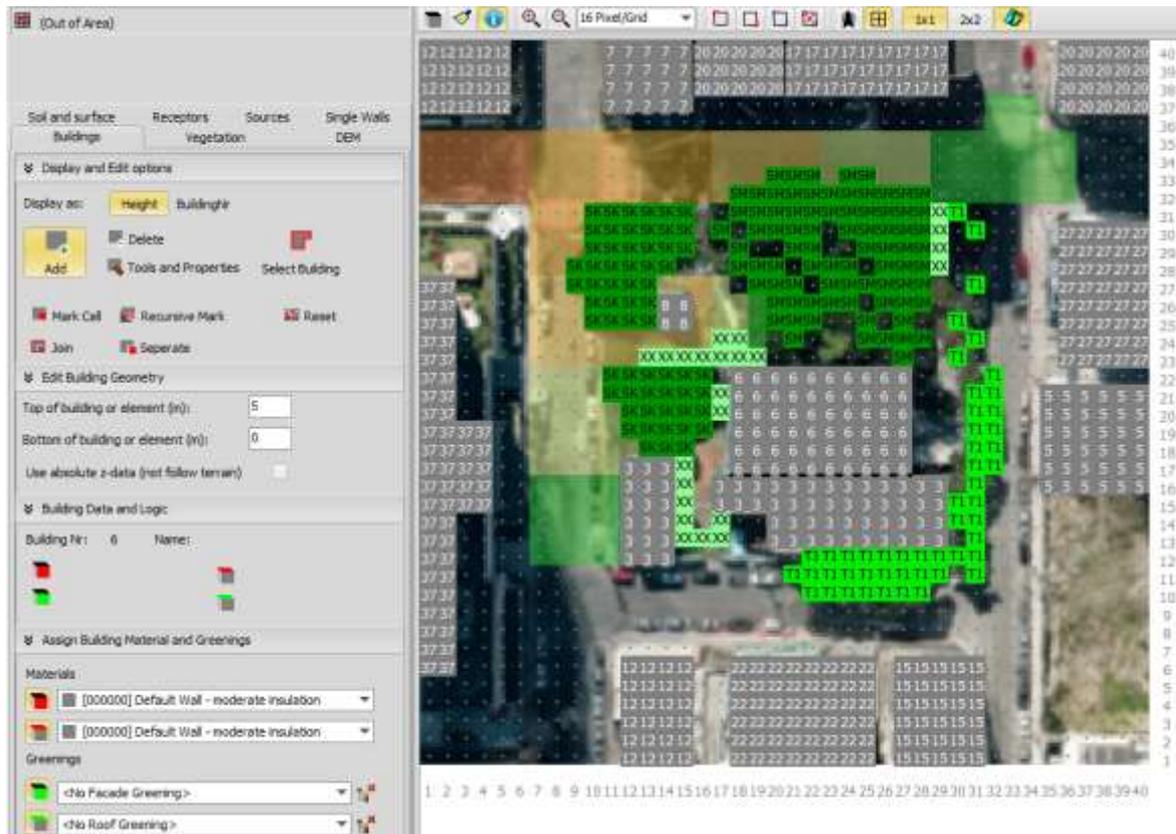
Fonte: Software ENVI-met.

Esses dados iniciais servirão para criar a área a ser modelada e posteriormente simulada, sendo assim, nesse ambiente, serão fornecidas informações como localização da área, rotação de norte (se necessário), dimensão das células *grids*, e, dimensão do modelo, configurando a inserção de dados fundamentais para o resultado final da simulação.

Após essa etapa, em *digitalize*, uma imagem da planta baixa da área em formato *bitmap* é fixada como plano de fundo, para nortear a inserção de materiais no local.

Dando sequência a fase de modelagem na interface *Spaces*, é preciso a inserção dos materiais na área escolhida. O *software* ENVI-met dispõe de materiais pré definidos, sendo assim, para a modelagem da área (**Figura 16**), são dispostos tópicos a serem seguidos, sendo esses separados em: a) *soil and surface* – solo e superfície (configurações de superfícies, nas quais o *software* disponibiliza materiais como asfalto, concreto, solo arenoso, solo argiloso, entre outros; b) *receptors* – receptores (pontos específicos que podem ser determinados na área do modelo para serem monitorados – recurso não utilizado no estudo); c) *sources* – origens (dispõe de recursos como fonte de água e pista de teste monitorados – recurso não utilizado no estudo); d) *single walls* – paredes simples, e) *buildings* - edifícios (permite configurar materiais de fachada e “teto” e ainda altura das edificações), f) *vegetation* – vegetação (o *software* disponibiliza algumas espécies, porém, se o pesquisador obter dados aprofundados da espécie, é possível a criação no banco de dados) e g) DEM (permite inserir níveis no terreno).

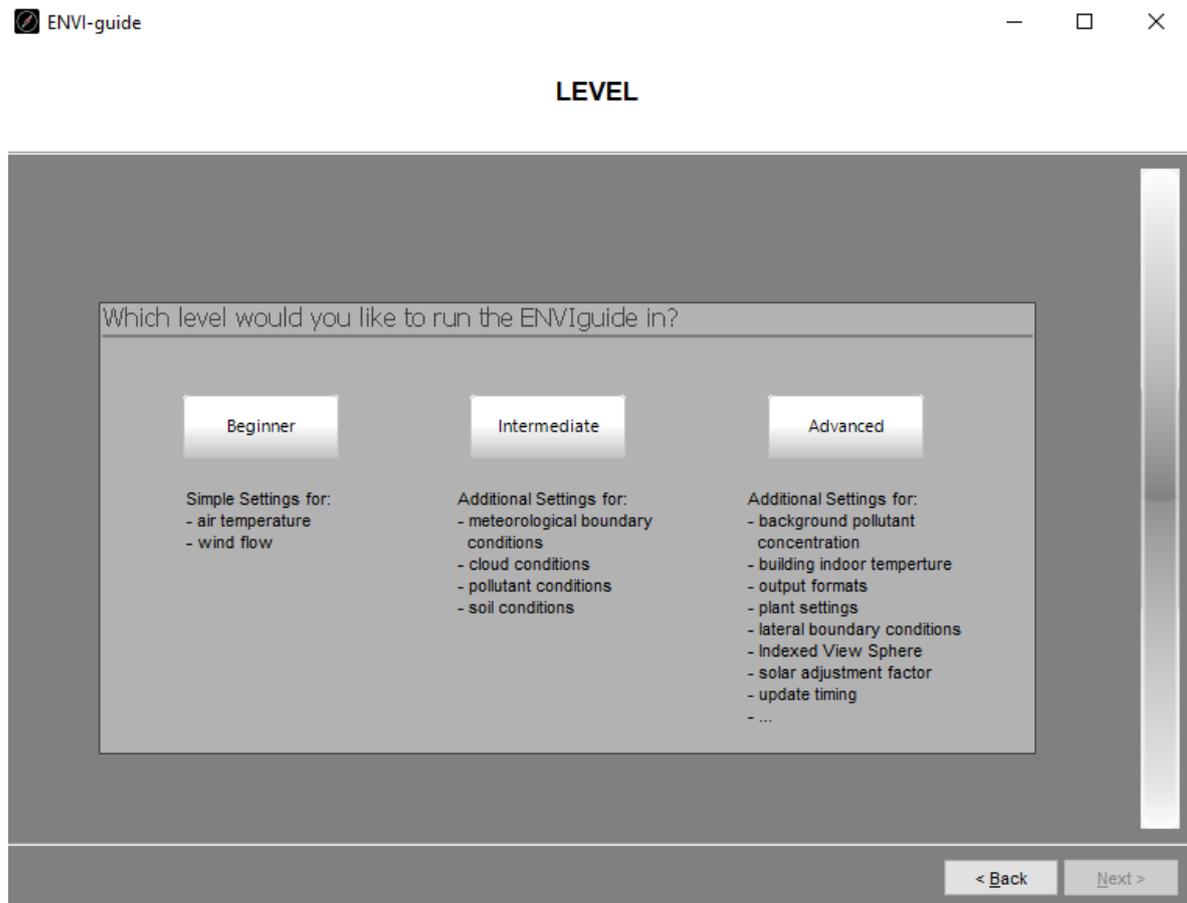
**Figura 16:** Configuração de modelagem em *Space*.



Fonte: Software ENVI-met.

Após a inserção de materiais em toda a área, conforme a **Figura 16**, é preciso retornar a interface principal para as próximas configurações na aba **Simulate**.

Na aba **Simulate**, na interface *ENVI-guide*, a modelagem com os dados da área, antes já salvos, são carregados, e então, novas configurações são realizadas. Nessa etapa são inseridas informações de configuração como dados do dia que deseja simular, horário de início da simulação, quantidade de horas a serem simuladas, direção do vento, velocidade do vento, temperaturas mínimas e máximas do dia. Além disso, o *software* oferece níveis de simulação (**Figura 17**), sendo esses: *Beginner*, *Intermediate* e *Advanced* (Iniciante, Intermediário e Avançado).

**Figura 17:** Níveis de simulação.

**Fonte:** Software ENVI-met.

O nível de simulação *beginner*, utilizado nesse estudo, possui tempo estimado para simular a área (como base a praça estudo de caso) superior a 10 horas, considerando uma a simulação configurada com duração de 48 horas, sendo que, de acordo com a evolução dos níveis, esse tempo pode aumentar significativamente. Os outros níveis abrangem outras configurações específicas não exploradas na pesquisa, por isso, não foram testados nesse estudo.

Quanto ao tempo de duração da simulação, no âmbito desta pesquisa, foi realizado um experimento teste para simulações no Envi-met, considerando a mesma área e configurações de materiais, testando dois modelos de computadores, conforme especificações presentes na **Tabela 7**.

**Tabela 7:** Comparação de máquinas e o processo de simulação.

CARACTERÍSTICAS	COMPUTADOR PRINCIPAL	COMPUTADOR SECUNDÁRIO
<b>Sistema operacional</b>	Microsoft Windows 10 Home Single Language	Microsoft Windows 10 Home
<b>Versão/ data do BIOS</b>	Dell Inc. 1.1.7/ 17/07/2018	Dell Inc. A07/ 17/05/2012
<b>Fabricante/ modelo do sistema</b>	Dell Inc./ Inspiron 7572	Dell Inc./ Vostro 3560
<b>Processador</b>	Intel® Core™ i7 – 8550U CPU @ 1.80GHz, 1992 Mhz, 4 Núcleos, 8 Process	Intel® Core™ i5 – 3210M CPU @ 2.50GHz, 2501 Mhz, 2 Núcleos, 4 Process
<b>Tempo aproximado de simulação para 48 horas – cenário real</b>	13 horas	22 horas
<b>Tempo aproximado de simulação para 48 horas – cenário árido</b>	10 horas	18 horas

**Fonte:** Autora (2021).

Vale ressaltar que o tempo de simulação pode variar devido a diversos fatores, como a dimensão da área, nível de simulação, detalhamento de materiais, velocidade de internet, uso do computador simultâneo com a execução do *software*, entre outros como a capacidade da máquina. Sendo assim, analisando apenas as duas máquinas relacionadas acima, é possível concluir que, a simulação se torna mais ágil também levando em consideração o processador utilizado.

Segundo Maciel (2014), é importante que a simulação seja realizada considerando um período total de 48 horas. O autor defende que esse período se torna necessário para que, assim, o programa consiga se estabilizar, sendo as primeiras 24 horas descartadas, devido a estabilização das condições iniciais.

Após a conclusão dessas etapas, o ENVI-met inicia a simulação em ENVI-core (**Figura 18**), onde é preciso selecionar o arquivo gerado nas etapas anteriores, carregar em “load”, fazer a checagem em “check” e assim começar a simulação em “run”.

**Figura 18:** ENVI-met *Default Config*.



**Fonte:** Software ENVI-met.

Com a simulação concluída, o ENVI-met permite a configuração e criação de mapas no *plugin* Leonardo, como foi explorado nesse estudo e conforme detalhado no subitem seguinte “O *plugin* Leonardo e a configuração de mapas”.

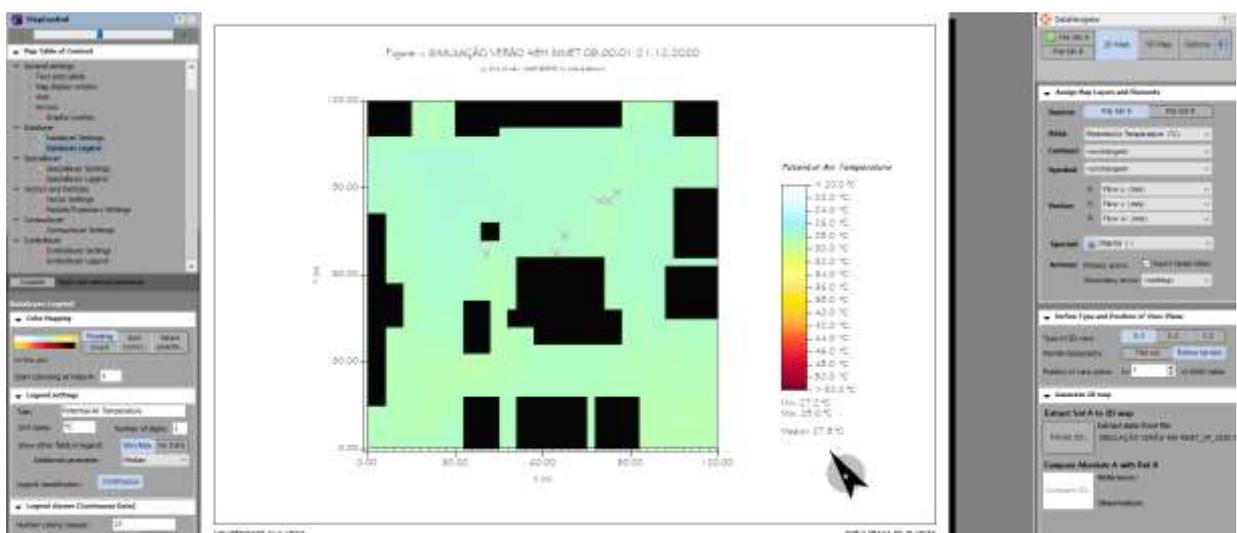
### 3.2.1. O plugin Leonardo e a configuração de mapas

O *plugin* Leonardo permite que os arquivos *output* na extensão “EDX” sejam carregados e assim disponibiliza fontes para a extração de dados que formaram os mapas. Os arquivos *output* são separados em pastas, após a simulação, sendo essas: *atmosphere*, *buildings*, *inflow*, *log*, *radiation*, *receptors*, *soil*, *surface* e *vegetation*.

Dentro de cada pasta existe o arquivo que servirá para a confecção do mapa por horário simulado. As fontes de informação também variam de acordo com a pasta escolhida como, por exemplo, a pasta *atmosphere* possibilita a criação de mapas de velocidade do vento, temperatura potencial do ar, umidade relativa, entre outros, e, a pasta *surface* permite confeccionar mapas de temperatura de superfície entre outras fontes relacionadas a superfície, sendo essas pastas suficientes para serem utilizadas nas análises específicas desse estudo.

A partir de cada arquivo carregado no Leonardo, o mesmo fornece as opções de informações que podem ser extraídas da fonte de dados escolhida para que os mapas sejam confeccionados (**Figura 19**).

**Figura 19:** Interface Leonardo.



**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met e *plugin* Leonardo (2021).

Os mapas gerados com *plugin Leonardo* permitem melhor visualização a partir da análise de variáveis, proporcionando a verificação da área por cada hora simulada, possibilitando assim, o estudo microclimático do local.

O *plugin* também possibilita a configuração da prancha em que o mapa será inserido, editando legendas, cores, escala, unidade de medida dos fatores, intervalo de valores, valor inicial e outras.

Através do *plugin Leonardo* os mapas podem ser personalizados, com inserção de norte, títulos e marcação de pontos, e então o estudo poderá ser realizado de forma ainda mais aprofundada, além da criação de legenda única, que facilita a leitura e entendimento dos mapas da mesma área e fonte.

Na aba **Map Explore** do *plugin Leonardo* (**Figura 20**), é possível marcar pontos na área do mapa afim de identificar dados específicos do local, como por exemplo, temperatura de superfície em um determinado material inserido no ponto. Dessa forma, além de uma visão geral do microclima local, pode-se estabelecer pontos únicos para a análise de parâmetros.

**Figura 20:** *Map Explore*.



**Fonte:** Software ENVI-met.

A aba *Map Explore* permite que mais de uma fonte seja analisada ao mesmo tempo em determinado *grid*, de acordo com o ponto marcado no mapa, além disso, possibilita que tais dados sejam exportados em formato de planilha para o Excel de forma direta para a criação de gráficos.

### **3.3. Contextualização da área de estudo**

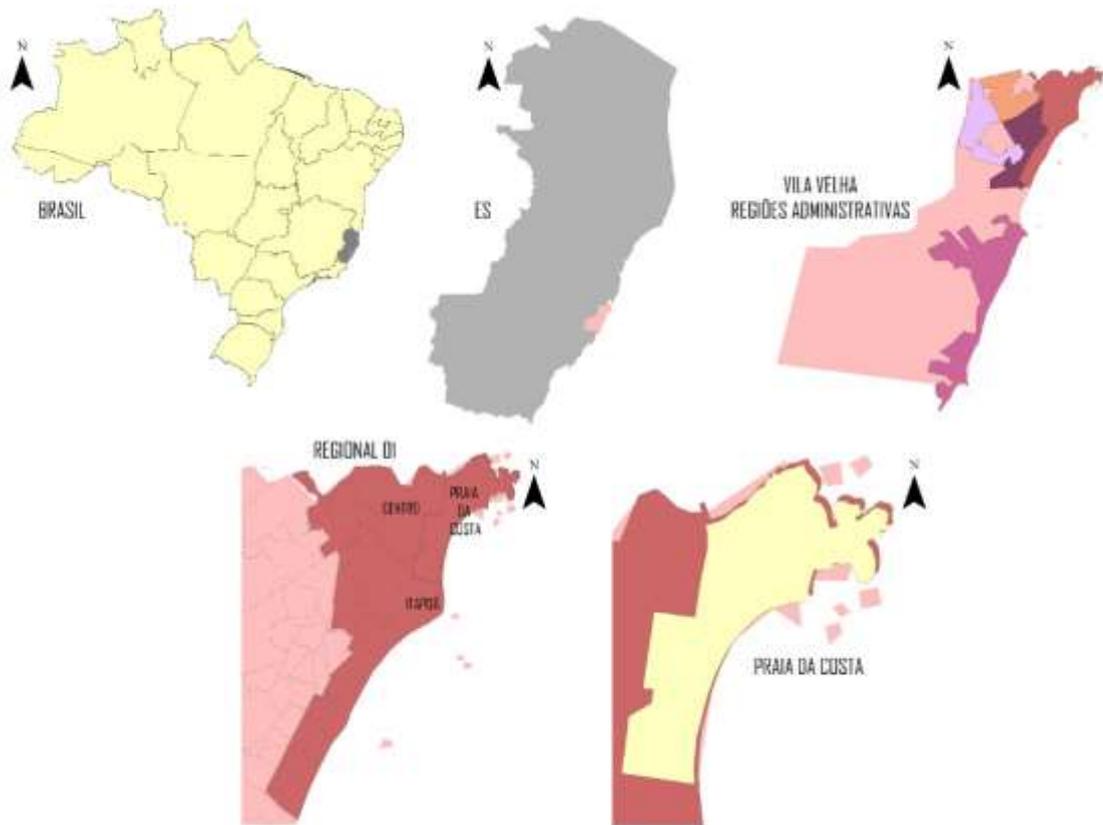
Capítulo destinado a caracterização da praça Bom Pastor, situada no bairro Praia da Costa, município de Vila Velha, estado do Espírito Santo, que é o objeto de estudo de caso desse estudo, trazendo especificações sobre o uso do espaço e vivência, abordando aspectos ambientais, sociais, urbanos e microclimáticos. São contextualizadas primeiramente a relação das praças no sistema de espaço livre de uso público no contexto da regional centro, onde a praça Bom Pastor está inserida e com destaque sobre a contribuição e importância da mesma para seu entorno imediato.

#### **3.3.1. Caracterização da praça Bom Pastor**

Com base em dados fornecidos pela Câmara de Vila Velha, o município é o mais antigo do Espírito Santo, sendo a cidade litorânea mais populosa com o maior número de habitantes em área urbana, dispõe de um grande centro comercial e industrial. De acordo com o último CENSO, em 2010, a população de Vila Velha somava 414.586 pessoas, e segundo o IBGE, a população estimada para o ano de 2020 é de 501.325 pessoas, apresentando um crescimento de aproximadamente 21% da população em 10 anos.

Com base nos dados disponibilizados pelo Censo de 2010, no ano de 2013, a Secretaria Municipal de Planejamento Orçamento e Gestão da Prefeitura (SEMPPLA) da Prefeitura Municipal de Vila Velha (PMVV) disponibilizou o Perfil Socioeconômico para o município. Para melhor organização, de acordo com o PDM de Vila Velha, o município foi dividido em cinco Regionais Administrativas, conforme mostra a **Figura 21**, sendo a Regional Centro a mais populosa, abrangendo os principais bairros na cidade, como Praia da Costa.

**Figura 21:** Localização do bairro.



**Fonte:** Rocha, 2021 a partir do ArcGis (2021).

De acordo com a SEMPLA, a Regional 1 Centro soma um total de 147.279 habitantes com 18 bairros, representando aproximadamente 35,5% da população de Vila Velha, sendo o bairro Praia da Costa o de maior população correspondendo a 31.083 habitantes (**Tabela 8**).

**Tabela 8:** Comparativo população, extensão territorial e habitantes/km<sup>2</sup>.

VILA VELHA	REGIONAL 1	BAIRRO PRAIA DA COSTA
414.586 hab	147.279 hab	31.083 hab
210,225 km <sup>2</sup>	15,134528 km <sup>2</sup>	2,71561 km <sup>2</sup>
1.972,10 hab/km <sup>2</sup>	9,73 hab/km <sup>2</sup>	11,45 hab/km <sup>2</sup>

**Fonte:** Censo (2010), SEMPLA (2013); IBGE (2010). Adaptado pela autora (2021).

O bairro Praia da Costa, ainda que o mais populoso do município, conta apenas com uma única praça: a praça Bom Pastor (**Figura 22**).

Figura 22: Localização, uso da praça e do entorno.



(A)



(B)

**Fonte:** (A) Rocha, 2021 a partir do ArcGis (2021). Adaptado pela autora (2021). (B) Autora (2021) a partir do Revit (2021).

Com base nos estudos do grupo de pesquisa “Paisagem Urbana e Inclusão”, a praça Bom Pastor é a única que atende aos habitantes do bairro. Qualificada como uso religioso, institucional, passeio e permanência, é caracterizada como um espaço agradável com grande extensão de área verde, inserida em um espaço de 3.544,8 m<sup>2</sup> aproximadamente, onde a área de praça compreende 1.687,6 m<sup>2</sup> de área útil, sem contabilizar calçadas, também em valores aproximados.

A praça Bom Pastor está inserida entre as ruas Maranhão, Romero Botelho, Frei Aurélio Stulzer e Inácio Higino, em uma área do bairro bastante movimentada, onde o fluxo de carros e pessoas é intenso devido ao seu entorno vivo, composto por habitações multifamiliares, supermercado, shopping, igreja, padaria, centro empresarial e ainda por ser próxima à Ponte Deputado Darcy Castello de Mendonça, que liga Vila Velha a Vitória.

O local da praça é agradável e bastante arborizado, somando aproximadamente 42% de sombreamento em seu interior (**Figura 23**), além disso, conta com revestimentos naturais como terra, grama, areia e outros; e industrializados como bloco de concreto, cimento, entre outro; compondo a superfície, sendo esses, em sua maioria, permeáveis e semipermeáveis.

**Figura 23:** Sombreamento Praça Bom Pastor.



**Fonte:** Acervo autora (2020).

Com base na planta baixa da praça, análises de imagens aéreas e visitas ao local, pode-se afirmar que, com aproximadamente 40% de área de sombreamento, segundo o PDM de Vila Velha (Art.14, inciso I), a praça cumpre o papel indicado nas diretrizes para política de áreas verdes, praças e parques urbano, visto que a vegetação existente atua como elemento integrador da paisagem urbana onde está inserida, qualificando ambientalmente o local.

Quanto ao uso da praça (**Figura 24**), é possível observar que a mesma conta com alcance local das residências vizinhas, frequentadores da igreja (até mesmo devido a capela existente em seu interior), trabalhadores do shopping e do centro empresarial em seu horário de almoço. Devido a praça não apresentar equipamentos destinados a atividades ativas, recreativas ou passivas em seu interior, o espaço não incentiva a intensidade do seu uso, porém, em função da pandemia da Covid 19, a praça tem sido utilizada para missas ao ar livre, estimulando a rotina de vivência na praça.

**Figura 24:** Usos da Praça Bom Pastor.



**Fonte:** Acervo autora (2020) - Paróquia Bom Pastor.

A Paróquia Bom Pastor realiza várias atividades na praça, como missas, festas e até mesmo um projeto de ecologia onde plásticos são recolhidos e enviados para reciclagem, trazendo maior vivência ao local, visto que não há divisão de muro entre a instituição religiosa e a praça.

# 4. SIMULAÇÃO PILOTO E MODELAGEM DA PRAÇA BOM PASTOR NO ENVI-met



## 4. SIMULAÇÃO PILOTO E MODELAGEM DA PRAÇA BOM PASTOR NO ENVI-met

Este capítulo apresenta todos os procedimentos realizados na simulação piloto, com a demonstração das configurações utilizadas no *software* ENVI-met. A simulação piloto se faz necessária, pois, permite a calibragem do *software*, através de ajustes na configuração da área do recorte simulado modelado. A partir da inserção de informações meteorológicas e dados microclimáticos obtidos através de levantamento e medições na Praça Bom Pastor, a simulação piloto visa a verificação dos resultados gerados pelo ENVI-met, comparados com as medições reais realizadas no local. Por fim, expõe as considerações sobre a simulação piloto com a demonstração do resultado final e as comparações devidas.

A simulação piloto permite a comparação de resultados obtidos *in loco* e resultados fornecidos na simulação microclimática do ENVI-met, sendo assim, com base nesses resultados, ajustes podem ser feitos, como, a velocidade do vento, para que a conclusão do estudo seja mais próxima à realidade. Além disso, a simulação piloto auxilia no melhor entendimento e conhecimento do *software*, e, com base nos resultados obtidos através da mesma, dados podem ser equiparados, quanto a temperatura do ar, aos valores fornecidos por estações meteorológicas, como no caso desse estudo, tais dados foram extraídos do INMET, de acordo com a estação A634 de Vila Velha, demonstrando assim, a confiabilidade da informação.

Através da simulação piloto da Praça Bom Pastor, é possível a criação de cenários para a área estudada especificamente, para que possibilidades distintas sejam realizadas, quanto ao projeto da praça e a análise do microclima, objetivando suporte para possíveis ações urbanas e pesquisas futuras.

No capítulo 4, três cenários da área do recorte simulado serão apresentados, visando a proposta e comparação de diferentes situações, avaliando a influência da praça estudo de caso em relação ao seu entorno.

## 4.1. Coleta de dados para simulação piloto

Com base nas instruções sobre o *software* ENVI-met, apresentadas anteriormente, foi possível dar início a coleta de dados para a simulação piloto. Sendo assim, a configuração da área da praça Bom Pastor foi realizada, a partir da compilação de dados do local, além dos valores de temperatura de superfície obtidos no levantamento, objetivando a comparação de tais índices gerados pelo *software*, através da simulação, com os resultados da medição no local.

Dessa forma, visando a conferência e posteriormente calibração de dados no *software* ENVI-met na simulação piloto final, foram realizadas medições de temperatura de superfície no levantamento de dados *in loco*.

Para embasar a simulação piloto, durante o levantamento de dados no local, foram listados os materiais utilizados para composição de revestimento da superfície, gabarito das edificações, além da observação do fluxo na praça e no entorno imediato, uso e vivência na área. Tais dados obtidos no levantamento serviram como suporte para alimentar o *software*, com informações solicitadas pelo mesmo durante a modelagem da área. O estudo para compilação de dados da praça foi feito com o auxílio de um bolsista do grupo de Pesquisa Paisagem Urbana e Inclusão da Universidade Vila Velha (UVV).

Objetivando a validação da simulação piloto, foram preestabelecidos pontos com revestimentos variados, naturais e industrializados, compreendendo situações diferentes para medição de temperatura de superfície, no percurso interno da praça, sendo esses expostos ao sol e a sombra, abrangendo materiais de maior predominância no local: terra, grama e bloco intertravado de concreto (**Quadro 2**).

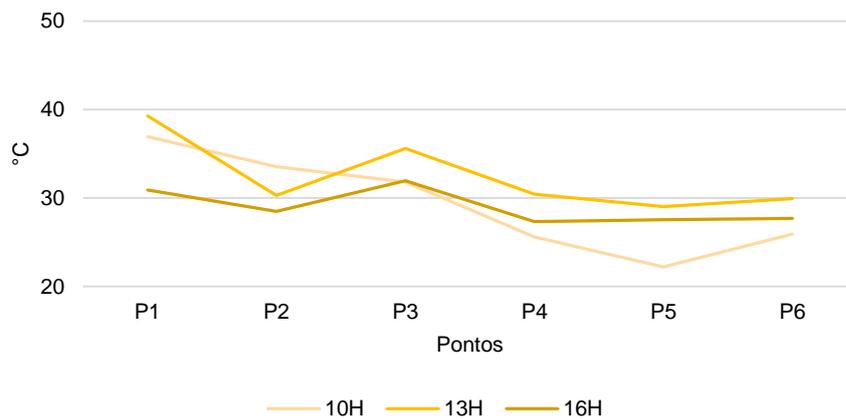
**Quadro 2:** Pontos e materiais.

**Fonte:** Adaptado pela autora (2020) a partir de acervo e Google Earth.

Assim como detalhado no Capítulo “Materiais e Métodos”, as medições de temperatura de superfície foram realizadas três horários (10h, 12h e 16H), em um dia quente de verão, de céu limpo e ensolarado, em fevereiro de 2020 (19/02/2020). Como instrumento de medida, foi utilizado o Termômetro infravermelho de não contato Scantemp, da marca Incoterm, disponibilizado pelo Laboratório de Conforto da Universidade Vila Velha.

Os resultados obtidos na medição do local indicam que os pontos em que os materiais estão à sombra (P4, P5 e P6) apresentam temperaturas mais baixas que aqueles expostos ao sol (P1, P2 e P3), evidenciando assim a importância de áreas sombreadas no espaço, conforme **Gráfico 2**. No início do dia, as temperaturas médias aproximadas no sol e na sombra do ponto localizado na terra (P1 e P5) somam a diferença de aproximadamente 14 C°; a grama (P2 e P4) somam 7 C° e bloco intertravado de cimento somam 5 C° (P3 e P6); já no período médio do dia, apresentam valores de temperatura com diferenças que chegam a 10 C° e no fim do dia as temperaturas mais equilibradas entre os pontos.

**Gráfico 2:** Temperatura de superfície (pontos internos) - medição *in loco*.



**Fonte:** Autora (2021).

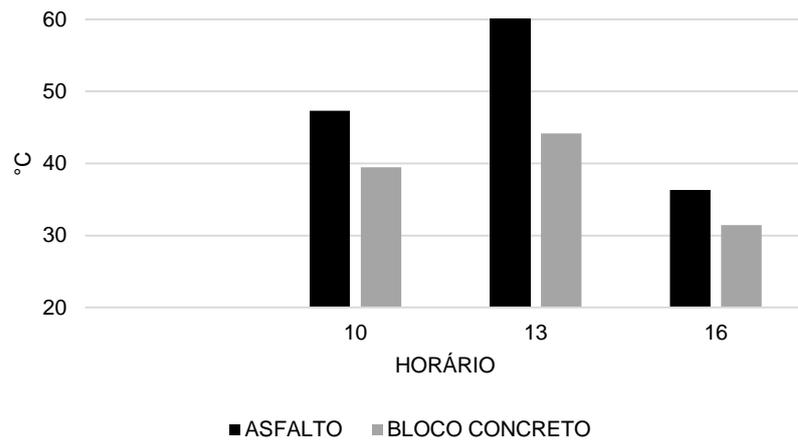
Para fins de comparação, ainda foram realizadas medições no entorno imediato da praça, na rua Romero Botelho, na superfície blocos intertravados (E1) e asfalto (E2), onde existe grande fluxo de veículos e transeuntes (**Figura 25**). As medições de temperatura de superfície foram feitas na área de asfalto, que fica exposta ao sol durante a maior parte do dia, e na área de blocos de concreto, que é parte sombreada pela vegetação da praça.

**Figura 25:** Área exposta ao sol e sombreada do entorno imediato da praça.



Fonte: Autora (2021).

**Gráfico 3:** Temperatura de superfície (pontos entorno) - medição *in loco*.



Fonte: Autora (2021).

Com base nas medições dos pontos E1 e E2 do entorno, foi possível perceber que o entorno imediato, de acordo com o **Gráfico 3**, nos horários de medição, a superfície asfaltada exposta ao sol apresenta temperaturas superiores comparadas a temperatura de superfície sombreada pela vegetação da praça.

Então, após a conclusão dessas etapas, três cenários serão apresentados, visando a proposta e comparação de diferentes situações, avaliando a influência da praça estudo de caso e seu entorno.

## 4.2. Inserção de dados e modelagem da área no *software* ENVI-met

Com base nas informações descritas nos itens anteriores quanto as configurações do *software*, nesse tópico, serão apresentadas todas as configurações necessárias de modelagem e inserção dos dados específicas para a simulação da área estudo de caso.

Sendo assim, no início do processo de simulação do ENVI-met 4.4.5 LITE, a modelagem da área é realizada no ambiente *Space*, presente na aba ENVI-met, conforme demonstrado na **Figura 26**. Nesse ambiente, a modelagem de toda a área de estudo será feita, incluindo a inserção de materiais existentes do local ou, no caso de cenários hipotéticos, os materiais escolhidos para simulação.

**Figura 26:** Interface ENVI-met - Space.



**Fonte:** ENVI-met. Adaptado pela autora (2021).

Na aba de edição, em **Spaces**, o cenário é modelado e, a área do local de estudo localizada pelo software de acordo com seu endereço, longitude e latitude, seguido de configurações da dimensão geométrica da área, além da rotação do norte (caso haja necessidade de rotacionar, de acordo com a imagem da área, inserida posteriormente), dimensão dos grids e células (elementos que compõem a malha ortogonal do modelo base para simulação – eixo x, y e z), conforme a **Figura 27**.

**Figura 27:** Configurações de dados iniciais do *software*.

Change or create model domain settings

Model Location

Model Geometry

Georeference and DEM Level

Default Settings

Nesting Grids

Description and Copyrights

**Location on earth**

Name of location: R. Romero Botelho, 310 - Praia da Costa, Vila Velha - ES. Find location...

Position on earth:

Latitude (deg. +N, -S): -20.34

Longitude (deg. -W, +E): -40.29

Reference time zone:

Name: Brasilia Standard Time

Reference longitude: -45.00

**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met (2021).

O preenchimento dos dados iniciais de entrada e a configuração geográfica são a base de modelagem da área de estudo, por isso, importa que todas as informações sejam conferidas antes de continuar as etapas de configurações.

Quanto a configuração da malha de modelagem, como base de entendimento, foram aprofundadas as pesquisas de Campos (2018), Xavier (2017) e Maciel (2014).

Ressalta-se que a versão ENVI-met 4.4.5 LITE disponibiliza a dimensão máxima do modelo de 50 x 50 x 40 grids (considerando os eixos x, y, z). Sendo assim, para que a dimensão do modelo da praça Bom Pastor e seu entorno fosse alcançada da melhor forma, optou-se pela configuração do tamanho das células dos grids x, y, z, de 3 x 3 x 2, respectivamente, configurando um recorte de área a ser simulada com dimensões de 120 x 120 x 60 metros, em um modelo de 40 x 40 x 30, conforme a **Tabela 9**.

**Tabela 9:** Configurações da área.

<b>CONFIGURAÇÕES DA ABA CREATE DOMAIN SETTINGS</b>	
<b><i>Location on earth</i></b>	
<b><i>Name of location</i></b>	Rua Romero Botelho, 310, Praia da Costa, Vila Velha, ES
<b><i>Position of earth</i></b>	Latitude -20,34; Longitude -40,29
<b><i>Model geometry</i></b>	
<b><i>Model dimensions</i></b>	40 x 40 x 30
<b><i>Size of grid cell in meter</i></b>	3 x 3 x 2
<b><i>Model rotation of out grid north</i></b>	35°
<b><i>Nesting grid</i></b>	
<b><i>Nr of nesting grid</i></b>	1

**Fonte:** Autora (2021).

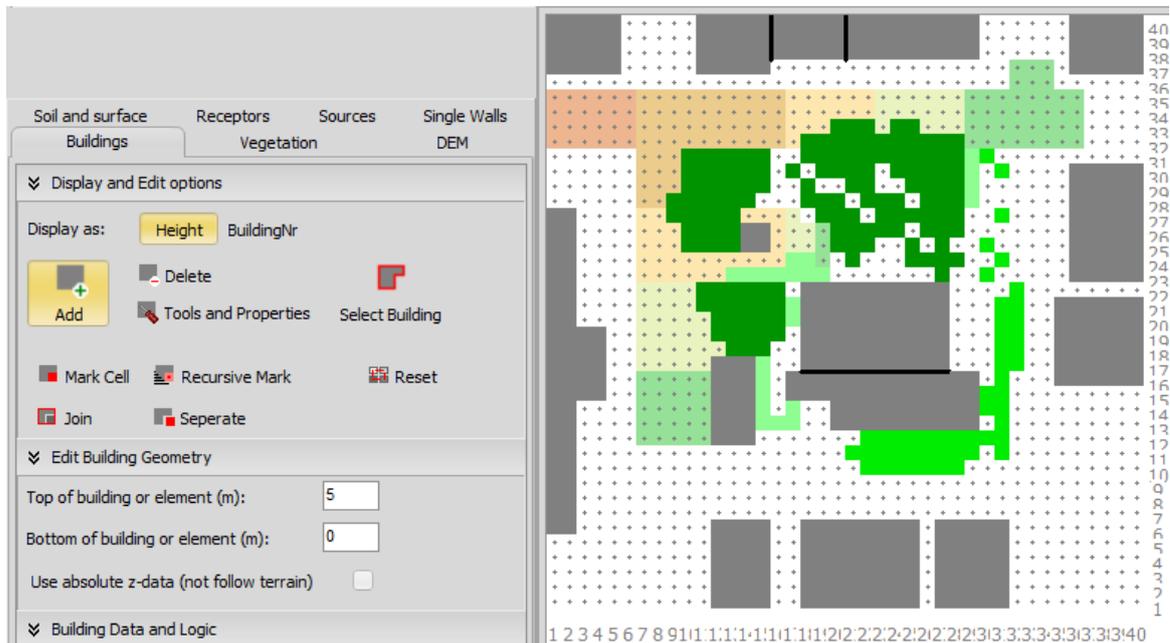
Para a modelagem da área, optou-se nesse estudo, apenas o uso de materiais existentes disponíveis no banco de dados do *software*, escolhendo os materiais mais próximos ao existente no local. Vale ressaltar, que nesta etapa de modelagem, o *software* solicita que a inserção de materiais na área seja preenchida cautelosamente, considerando um *grid* por vez, demandando um tempo extenso e exigindo atenção para evitar erros.

Após a configuração e inserção de dados iniciais, o *software* apresenta uma nova tela de configurações de materiais. Nesse espaço, já com as dimensões corretas da área, conforme descrito na **Tabela 9** acima, é preciso inserir a imagem aérea em *bitmap* da área a ser simulada no fundo, no caso do estudo a praça Bom Pastor, como base para facilitar a modelagem, pois, dessa forma, a identificação dos materiais existentes se tornar mais precisa, considerando um cenário real.

Para que as simulações desse estudo fossem criadas, optou-se por configurar um arquivo base de modelagem (tipo *ENVI-met Area Input File*) para ser utilizado em todos os testes e cenários, com configurações iniciais idênticas, possibilitando a mudança dos materiais, de acordo com o cenário, conforme a **Figura 28**.

Com a base da situação real da praça modelada, para mudança de cenário com dias diferentes, é possível utilizar o mesmo arquivo de modelagem, modificando somente materiais, as datas e dados bioclimáticos, sem a necessidade de uma nova modelagem.

**Figura 28:** Base de modelagem.



**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met (2021).

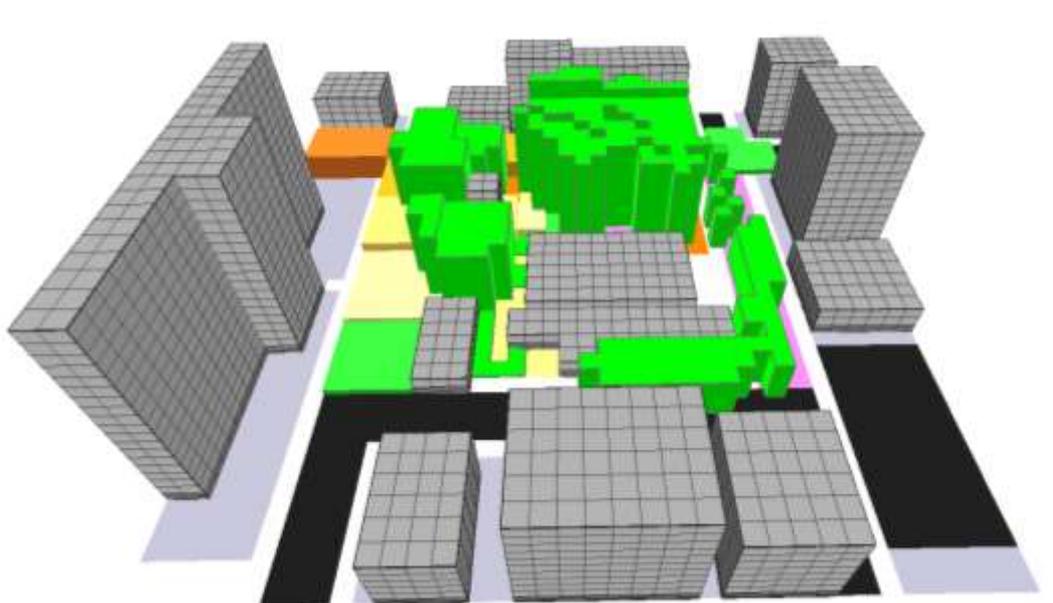
Na aba **DEM**, o processo de modelagem pelas superfícies quanto aos níveis pode ser preenchido em metros; na aba **soil and surface**, o *software* dispõe de materiais de superfície naturais, pavimentos, materiais especiais, entre outros. Nessa aba, até mesmo as bases das edificações foram preenchidas com o material *Pavement (concrete)*, seguindo por todas as outras superfícies dispostas na praça.

Durante a modelagem, na aba **buildings**, o *software* permite ainda que as edificações sejam configuradas, de acordo com sua altura de base e topo. Neste caso, os dados de dimensão das edificações, assim como as alturas, foram observados no levantamento do local e inseridos no arquivo base de modelagem.

Na sequência, a vegetação da praça foi inserida na aba **vegetation**, onde estão disponíveis as pastas *default*, *legacy*, *agriculture*, *facade greening plants*, *grass*, *hedges and others*, separadas por altura e densidade da copa da árvore, por exemplo.

Como produto da modelagem, além do mapa em 2D, o *software* também oferece a versão 3D, para melhor visualização da configuração final. A **Figura 29** ilustra a base de modelagem tridimensionalmente, com os volumes dos edifícios em cinza e o porte da vegetação em áreas verdes, bem como a composição dos materiais de superfície.

**Figura 29:** Base de modelagem em 3D.

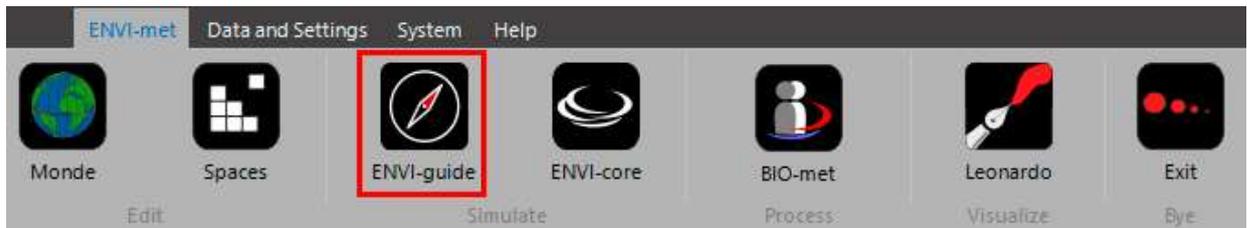


**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met (2021).

Após a etapa de modelagem concluída em **Space**, o arquivo criado deve ser atualizado/salvo dentro da mesma pasta em que o *software* está instalado, para que todos os produtos fiquem em um mesmo ambiente e o *software* consiga localizá-los.

A próxima etapa consiste em editar e inserir mais dados para a simulação, como a data de início e duração de horas da simulação, no ambiente na aba **ENVI-guide**, conforme a **Figura 30**. Primeiramente deve ser definido um *workspace*, ou seja, local onde a pasta da área base configurada deverá estar salva junto com todos os arquivos referentes a simulação.

**Figura 30:** Interface ENVI-met – *Simulate* (ENVI-guide).



**Fonte:** ENVI-met. Adaptado pela autora (2021).

Com o *workspace* definido, o *software* mostra todas as áreas modeladas salvas na pasta, sendo assim, selecionando a área modelada escolhida para simulação, é necessário que alguns dados específicos sejam inseridos (**Figura 31**).

**Figura 31:** Interface *General Simulation Settings* - *Simulate*.

 A screenshot of the 'General Simulation Settings' dialog box. It is divided into two sections. The first section, 'Start and duration of model run', contains three input fields: 'Start Date (DD.MM.YYYY):' with the value '17.02.2020', 'Start Time (HH:MM):' with the value '20:00', and 'Total Simulation Time (h):' with the value '48'. The second section, 'Basic names and folders', contains three input fields: 'Full name of simulation task:' with the value 'SIMULAÇÃO CENÁRIO REAL PARA 19.02.2020 - 48h', 'Short name for file name generation:' with the value 'SIMULAÇÃO CENÁRIO REAL PARA 19.02.2020 - 48h', and 'Base folder for model output:' with the value 'SIMULAÇÃO CENÁRIO REAL PARA 19.02.2020 - 48h\_output'.

**Fonte:** ENVI-met. Adaptado pela autora (2021).

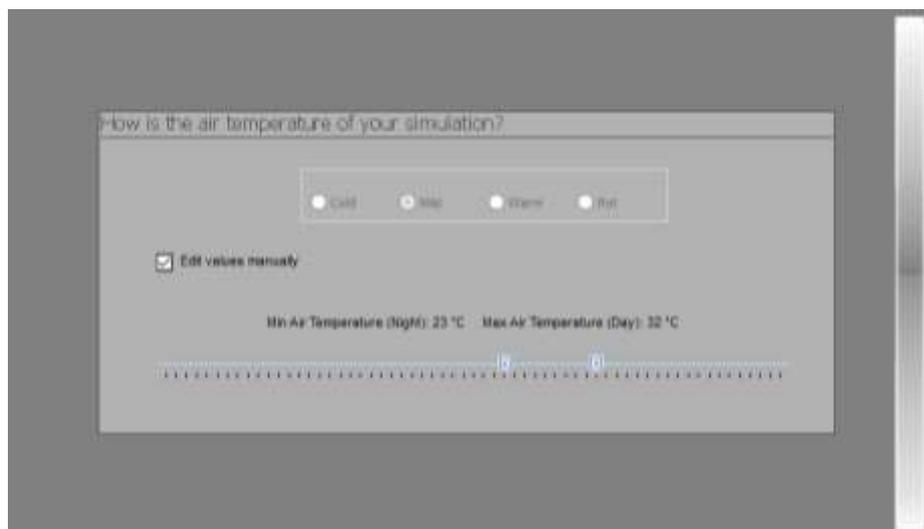
Nessa etapa, serão gerados dados *output* da área, que são os dados de saída, como resultado das configurações realizadas, com configurações do horário de início da simulação e quantidade de horas a serem simuladas.

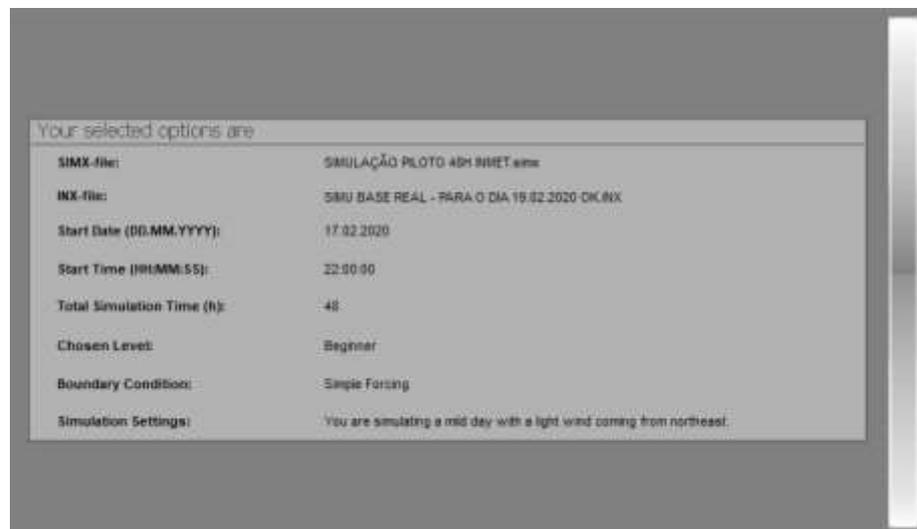
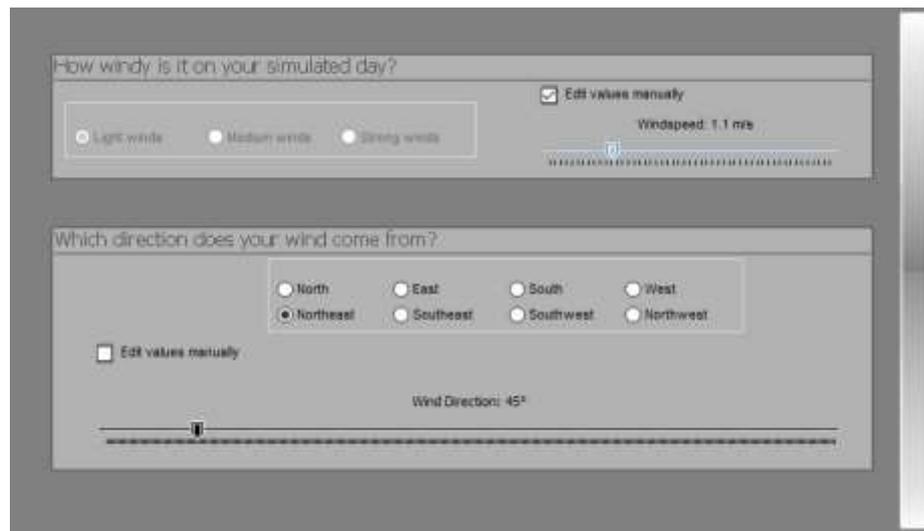
Optou-se pelo nível de simulação *beginner*, que exige dados simples de configuração como temperatura mínima e máxima do dia, velocidade e direção do vento. Tais dados foram extraídos da planilha fornecida pelo INMET, que disponibiliza de dados climáticos por dia e hora. Sendo assim, foi realizada uma triagem, destacando o dia da simulação e seus dados climáticos, sendo que, os resultados mais fiéis foram obtidos quando foi considerada a menor velocidade do vento (1,1 m/s), fornecida pelo INMET e inserida na configuração.

O *software* ENVI-met além de permitir a edição desses dados, também dispõe de valores em *default*, caso o dia ainda não tenha dados climáticos definidos ou até mesmo para simulações de cenários hipotéticos.

Após todas as configurações serem preenchidas (**Figura 32**), o *software* gera um resumo dos dados inseridos na forma de arquivos do tipo “simx” e “INX”, para serem utilizados posteriormente na geração de tabelas e gráficos no Excel e ainda para a criação de mapas com *plugin* Leonardo.

**Figura 32:** Configurações de temperatura, vento e resumo - *Simulate*.





Fonte: ENVI-met. Adaptado pela autora (2021).

Com os valores e dados de temperatura, direção e velocidade do vento preenchidos, como mostra a figura acima, na etapa de seguinte, em **ENVI-core**, o arquivo é carregado para início do processo de simulação (**Figura 33**).

**Figura 33:** Interface ENVI-met – Simulate (ENVI-core).



**Fonte:** ENVI-met. Adaptado pela autora (2021).

Nessa aba, a configuração da simulação que foi modelada é carregada, sendo assim, o *software* checa o arquivo, conferindo os dados e, assim, inicia o processo mais longo, que é de fato o processamento da simulação.

Após o processo concluído, os dados *output* são gerados na simulação em formato “EDT” e “EDX” separados por pastas (*atmosphere, buildings, inflow, log, radiation, receptors, soil, surface e vegetation*), de acordo com os dias e horários configurados, que podem ser exportados também para o Excel, auxiliando na geração de tabelas e gráficos e ainda serão base para a confecção de mapas no *plugin* Leonardo.

### 4.3. Considerações sobre a Simulação Piloto

De acordo com o método de simulação apresentado, a simulação piloto foi feita com base no dia da medição *in loco*, sendo assim, a configuração de *start date* foi definida para o dia 17 de fevereiro de 2020, com *start time* às 20 horas e *total simulation time* para 48 horas, conforme sugerido por Maciel (2014), objetivando o descarte das primeiras 24 horas, obtendo, assim, melhores resultados para o dia 19 de fevereiro de 2020.

Objetivando a validação dos dados reais com a simulação piloto, foi feita uma modelagem da área da praça e seu entorno imediato. Como o software não oferece todos os materiais precisos, foram feitas algumas adaptações relacionando os materiais existentes com os disponíveis. A **Tabela 10** a seguir apresenta a equivalência dos materiais utilizados na simulação piloto.

**Tabela 10:** Comparativo de materiais existentes e utilizados na modelagem.

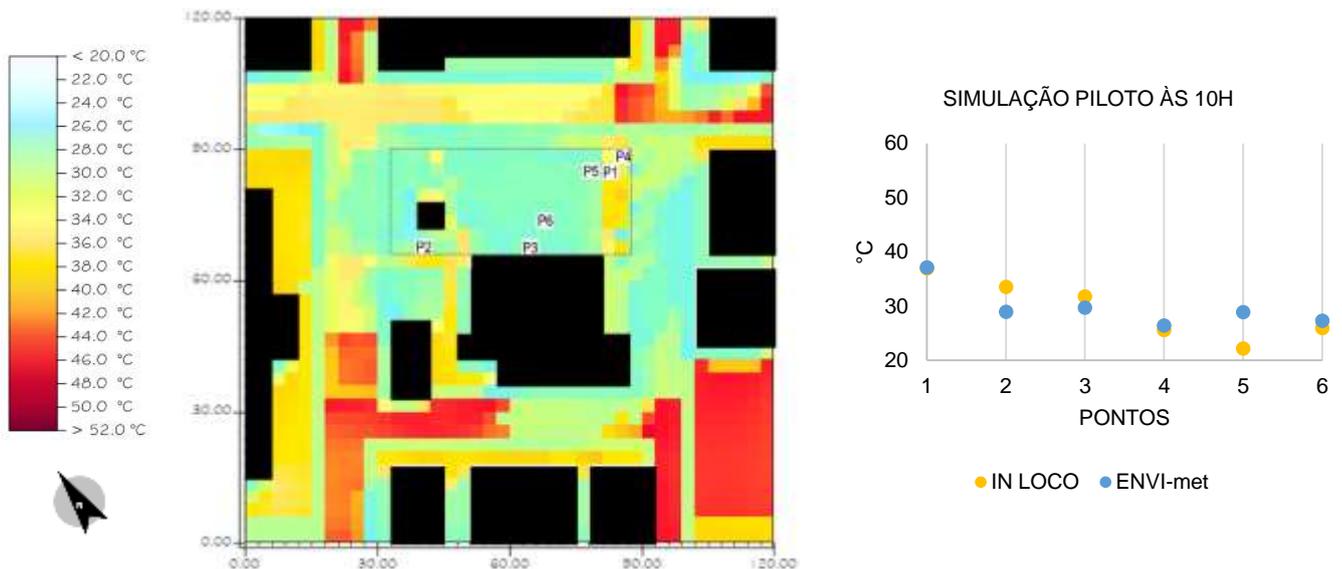
MATERIAL EXISTENTE	MATERIAL ENVI-MET
Areia	<i>Sandy Soil</i>
Árvore	<i>Tree Very Dense Distinct Crown Layer, Tree Very Dense Leafless Base</i>
Asfalto	<i>Asphalt Road</i>
Bloco intertravado	<i>Basalt Brick Road</i>
Concreto	<i>Pavement (Concrete)</i>
Gramma	<i>Grass 25cm aver. dense</i>
Pavimento calçada	<i>Concrete Pavement Light</i>
Pedra	<i>Dark Granit Pavement</i>
Terra	<i>Loamy Soil</i>
Edificações	<i>Default Wall - moderate insulation</i>

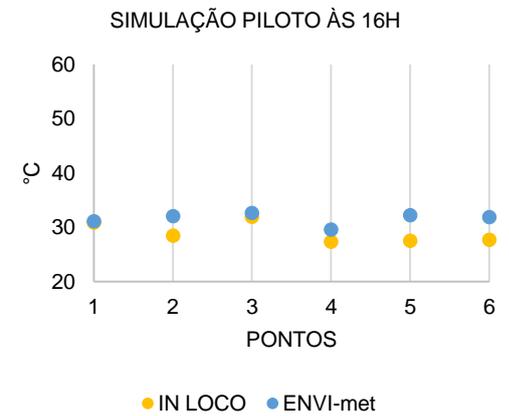
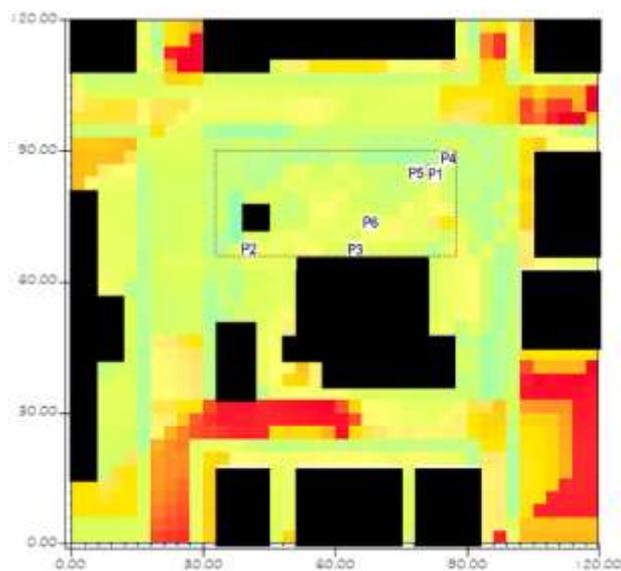
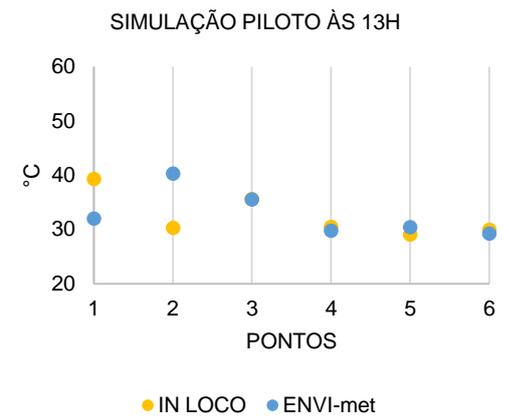
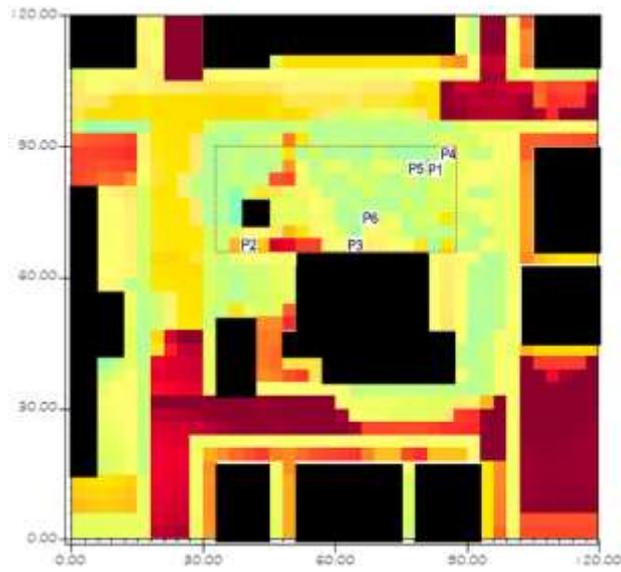
Fonte: Autora (2021).

Na simulação piloto da praça Bom Pastor, para que os dados iniciais fossem preenchidos, após inúmeros testes em um tempo médio de 12 meses dedicados ao estudo do *software*, considerou-se os valores de temperatura mínima e máxima do dia referentes a simulação, assim como a velocidade do vento (considerada a mais baixa do dia), de acordo com as informações fornecidas pelo INMET na tabela de dados climáticos da estação A634 de Vila Velha.

Importa destacar que a condição do céu e vento no dia e hora das medições no local, podem influenciar no resultado final da simulação, por isso, variações podem existir no ato da comparação de valores. Sendo assim, com a base de informações preenchidas e todo processo do *software* percorrido, a simulação é completada e então, os mapas dos resultados podem ser gerados no *plugin* Leonardo (**Quadro 3**).

**Quadro 3:** Mapas de temperatura de superfície – simulação piloto dos horários 10h, 13h e 16h, respectivamente com gráficos comparativos das medições in loco e o resultado do software.





P1: Terra no sol; P2: Grama no sol; P3: Bloco no sol; P4: Grama na sombra; P5: Terra na sombra; P6: Bloco na sombra

**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met e *plugin* Leonardo (2021).

Ao analisar o resultado da simulação piloto, percebe-se que as temperaturas de superfície durante a manhã, às 10 horas, variam de 24 °C a 36 °C no interior da praça. Neste mesmo horário, no entorno da praça, foram registradas temperaturas de superfície de cerca 46 °C como no ponto de revestimento de superfície em asfalto exposto ao sol.

Durante a tarde, às 13 horas, percebe-se uma maior variação de temperatura. Nesse período de início da tarde, o interior da praça apresenta resultados mais homogêneos, variando entre 29 °C e 32 °C, com apenas alguns pontos ao sol registrando temperaturas de superfície superiores. Nesse horário, o entorno da praça, com revestimento de superfície de asfáltico, registra temperaturas de superfície superiores, entre 43 °C e máximas de 50 °C.

No fim do dia, às 16 horas, as temperaturas de superfície, em toda área simulada, iniciam o processo de resfriamento, porém, observa-se que as temperaturas de superfície no interior da praça conservam-se mais frescas, mantendo valores entre 28 °C a 32 °C, enquanto o entorno registra temperaturas entre 34 °C a 46 °C.

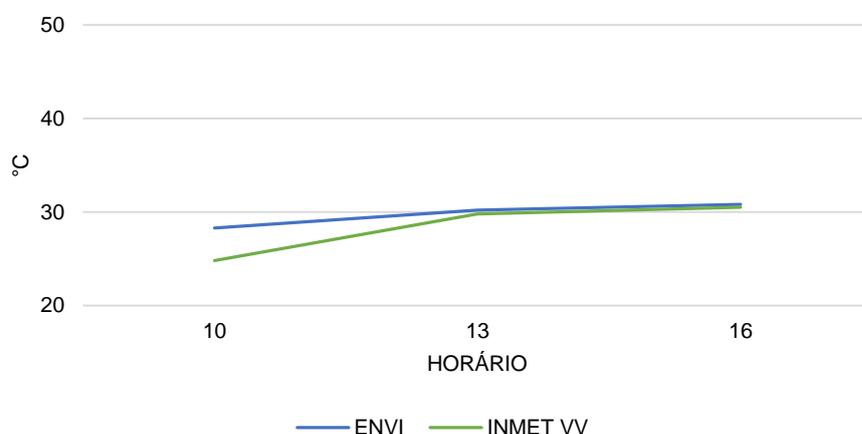
Com base nos mapas acima - resultado das simulações do ENVI-met e aplicação do *plugin* Leonardo - foram gerados gráficos objetivando a comparação das medições no local e as fornecidas pelo *software* em cada ponto, conforme o **Quadro 3**. Através do *plugin* Leonardo é possível analisar a condição microclimática específica de um ponto, de acordo com o preenchimento dos *grids* feito na etapa de modelagem, dessa forma se torna possível o estudo geral da análise do microclima da área e ainda de pontos individuais.

Ao observar os gráficos do **Quadro 3**, percebe-se que a temperatura de superfície simulada (em azul) resulta ser, em alguns pontos, moderadamente mais elevada quando comparada com a temperatura de superfície coletadas durante as medições. Destaque para Ponto 5 (terra na sombra) e Ponto 2 (grama no sol) que representam maiores variações. Acredita-se que tais variações resultam da configuração interna do material e sua composição, visto que, os materiais disponíveis no *software* são aproximados ao real, e, nesse estudo, não foi detalhado especificamente a criação de uma composição de materiais exata dos mesmos. Tal configuração é possível, porém, exige grau mais aprofundado de estudo, análise e conhecimento sobre composição de materiais.

O INMET fornece dados climáticos com as horas e dia do mês, por estação meteorológica, através de uma planilha concedida pelo instituto. Sendo assim, através do acesso a esses dados, a comparação com os dados simulados torna-se possível. Dessa forma, de acordo com os dados da estação meteorológica de Vila Velha (Estação A634), foi realizado um comparativo entre os dados do INMET e a simulação piloto, de acordo com as horas simuladas, a fim de examinar a confiabilidade dos valores resultados.

Sendo assim, analisando as temperaturas médias do dia, pode-se notar um comportamento de variação similar entre os pontos, conforme ilustra o **Gráfico 4**. Apenas o horário de 10 horas apresenta uma pequena variação, enquanto os horários de 13 horas e 16 horas seguem aproximados.

**Gráfico 4:** Comparativo ENVI-met X INMET Vila Velha.



**Fonte:** Autora (2021).

Contudo, pode-se observar nos três horários da simulação (10h, 13h e 16h), no que tange ao conforto térmico no interior da praça, a contribuição positiva da praça em relação ao seu entorno, principalmente em áreas sombreadas e revestidas por vegetação. Nota-se ainda, que a rua pavimentada por blocos intertravados de concreto apresenta valores de temperatura de superfície inferiores comparados a pavimentação por asfalto, com diferença superior a 10 °C, fato esse constatado no levantamento do local. O fato também se deve às características dos materiais, como a absorção, dispersão e armazenamento de calor e ainda a permeabilidade.

Os pontos de temperatura de superfície apresentados na simulação piloto manifestaram resultados similares as temperaturas coletadas nas medições *in loco*, com algumas pequenas divergências com pontos mais quentes e outros mais frescos no interior da praça, e principalmente, evidenciando a diferença para seu entorno no decorrer do dia. Apesar dos índices divergentes, o resultado da simulação piloto é satisfatório.

Sendo assim, a simulação piloto torna-se imprescindível, considerando a importância da mesma para ajustes necessários no *software*, além de servir como base e compreensão para as futuras simulações.

# 5. ANÁLISE DO MICROCLIMA DA PRAÇA BOM PASTOR



## 5. ANÁLISE DO MICROCLIMA DA PRAÇA BOM PASTOR

Esse capítulo apresenta a análise do microclima urbano, considerando como recorte a Praça Bom Pastor demonstrando toda evolução alcançada com os produtos gerados a partir das observações das pesquisas e simulações realizadas pelo *software* ENVI-met com a geração de três cenários. O Cenário 1 apresenta a situação real da praça Bom Pastor, no bairro Praia da Costa, em Vila Velha no Espírito Santo e os Cenários 2 e 3 apresentam situações hipotéticas com alterações internas relacionados a praça, com diferentes índices de composição, como áreas permeáveis, semipermeáveis e vegetadas. A explicação detalhada de cada cenário se dará na sequência, no item 5.1 deste capítulo.

A composição de diferentes cenários importou para que fosse possível a paridade dos resultados obtidos com composições distintas da área, refletindo sobre os efeitos da praça quanto as variáveis propostas de análise (temperatura de superfície e temperatura potencial do ar). Vale ressaltar que as proposições que definem cada um dos cenários foram feitas exclusivamente na praça, conservando todo o entorno imediato com as características reais.

Dessa forma, para cada um dos três cenários, conforme as configurações definidas no ENVI-met e seu *plugin* Leonardo, foram analisadas a temperatura de superfície e a temperatura potencial do ar.

As simulações dos cenários foram configuradas para o solstício de verão - dia 21 de dezembro de 2020 – caracterizado por um dia quente no ano. Segundo o INMET, neste dia, a temperatura média foi de 26 °C, sendo esta informação importante para comparação pós-simulação.

Como enfatizado no Capítulo 3 - Material e Métodos, as simulações consideraram seis intervalos de horários: 06h, 09h, 12h, 15h, 18h e 21h; para que assim, as análises considerassem períodos de maior uso e movimentação na praça e no seu entorno. Importa ressaltar que o *software* foi configurado para simular a área por 48 horas, sendo as 24 primeiras horas descartadas, para efeito de estabilização do *software*, conforme recomendados por Maciel (2014).

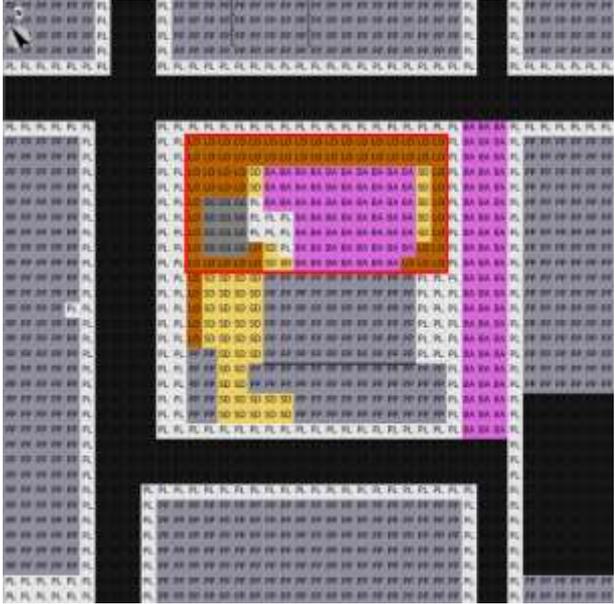
Através dos dados resultantes das simulações, foi possível a confecção de gráficos, planilhas e mapas que, compilados, permitiram a análise de temperatura de superfície, temperatura potencial do ar e umidade relativa do ar. Objetivando maior clareza, a compilação dos resultados foi feita para que o estudo fosse organizado por cenários, com seus respectivos gráficos de comparação e planilhas.

### **5.1. Composição dos cenários de análise**

Conforme detalhado no Capítulo 3, sobre materiais e métodos, para melhor análise da influência da praça no microclima urbano, foram propostos três cenários com configurações distintas. A exposição de diferentes cenários visa a simulação de estratégias distintas que viabilizem a comparação dos resultados das três configurações da área, avaliando os índices de temperatura do ar e temperatura de superfície.

O Cenário 1 (**Quadro 4**) é composto pela situação real da praça, com os materiais descritos anteriormente nesse estudo para a simulação piloto, sendo esses: areia, terra, vegetação, bloco intertravado de concreto. O cenário real conta com uma composição de, aproximadamente, 47% de materiais permeáveis, 40% de materiais semipermeáveis, 13% de materiais impermeáveis e 43% de área sombreada.

Quadro 4: Cenário 1.

<b>CENÁRIO 1</b>		
<b>Áreas % aproximadas</b>		
Área materiais permeáveis		47%
Área materiais semipermeáveis		40%
Área materiais impermeáveis		13%
Área sombreada por vegetação		43%

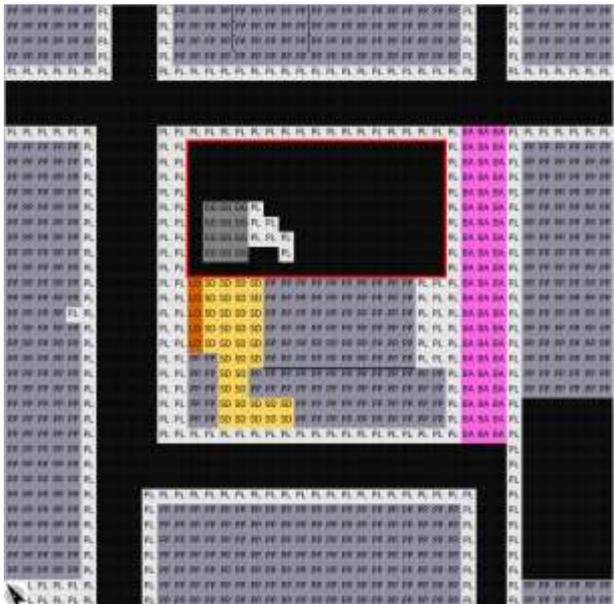
solo argiloso/terra;
  solo arenoso;
  revestimento semi permeável/concreto intertravado;
  pedra central;
  pavimentação/cimento;
  pavimentação de calçadas/cimento;
  revestimento asfáltico.



Fonte: Elaborado pela autora através do Envi-met e Revit (2021).

O Cenário 2 (Quadro 5) trabalhou com a hipótese de que a praça fosse completamente árida - situação extrema para o meio urbano – sem nenhuma vegetação e com materiais de revestimento de superfícies impermeáveis (94%) e semipermeáveis (6%). Neste cenário foram preservadas a rocha e a capela existente.

**Quadro 5:** Cenário 2.

<b>CENÁRIO 2</b>		
<b>Áreas % aproximadas</b>		
Área materiais permeáveis		0%
Área materiais semipermeáveis		6%
Área materiais impermeáveis		94%
Área sombreada		0%

solo argiloso/terra;
  solo arenoso;
  revestimento semi permeável/concreto intertravado;
  pedra central;
  pavimentação/cimento;
  pavimentação de calçadas/cimento;
  revestimento asfáltico.



**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met e Revit (2021).

O Cenário 3 (Quadro 6) propõe o aumento de áreas vegetadas na praça, com maior área da praça com materiais de revestimentos do solo naturais e semipermeáveis, com cerca 60% área sombreada e de diferentes escalas de vegetação. Neste cenário também foram preservadas a rocha e a capela existente.

**Quadro 6:** Cenário 3.

<b>CENÁRIO 3</b>		
<b>Áreas % aproximadas</b>		
Área materiais permeáveis		57%
Área materiais semipermeáveis		30%
Área materiais impermeáveis		13%
Área sombreada		64%
<p> <span style="background-color: #f4a460; border: 1px solid black; padding: 2px;">SO SO</span> solo argiloso/terra;                      <span style="background-color: #e67e22; border: 1px solid black; padding: 2px;">LS LS</span> superfície natural permeável;                      <span style="background-color: #f1c40f; border: 1px solid black; padding: 2px;">SO SO</span> solo arenoso;                      <span style="background-color: #9b59b6; border: 1px solid black; padding: 2px;">SA SA</span> revestimento semi permeável/concreto intertravado;                      <span style="background-color: #27ae60; border: 1px solid black; padding: 2px;">GG GG</span> pedra central;                      <span style="background-color: #34495e; border: 1px solid black; padding: 2px;">PP PP</span> pavimentação/cimento;                      <span style="background-color: #95a5a6; border: 1px solid black; padding: 2px;">PL PL</span> pavimentação de calçadas/cimento;                      <span style="background-color: #2c3e50; border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span> revestimento asfáltico.                 </p>		



---

**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met e Revit (2021).

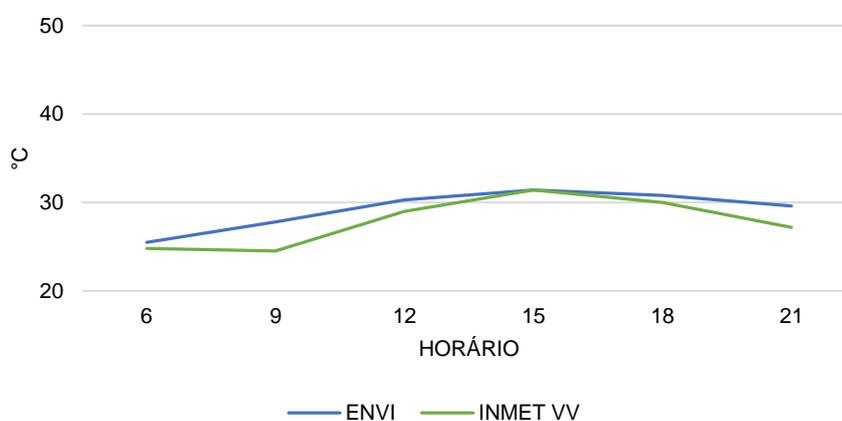
## 5.2. Simulação do Cenário 1 – Situação real da praça

O Cenário 1 simulou a situação real da praça Bom Pastor, considerando o dia 21 de dezembro de 2020. Primeiramente foi realizado uma comparação com base nos dados obtidos na planilha disponibilizada pelo INMET (de acordo com a estação meteorológica A634 de Vila Velha), que apresentaram as temperaturas do dia entre 24,1 °C (mínima) e 32,9 °C (máxima), com a menor velocidade do vento durante o dia de 3,4 m/s.

De acordo com a permissão do *software*, o preenchimento da temperatura do dia (imprescindível para a configuração de dados da simulação) possibilita apenas números inteiros (sem vírgula), por isso houve a necessidade de arredondar os valores das temperaturas do dia registradas pelo INMET. Especificamente para esta simulação, foram utilizados dados aproximados de temperatura para o dia 21 de dezembro de 2020 equivalentes a: 24°C (mínima) e 33°C (máxima).

As simulações realizadas no ENVI-met, para o mesmo dia, registraram temperaturas médias de 25,5 °C (mínima) e de 31,4 °C (máxima). Sendo assim, as temperaturas aferidas no ENVI-met podem ser consideradas suficientemente compatíveis com os dados do INMET, coletados da estação meteorológica A634 de Vila Velha, apresentando curvatura de gráfico similares, com temperaturas mais baixas no início da manhã e à noite (**Gráfico 5**).

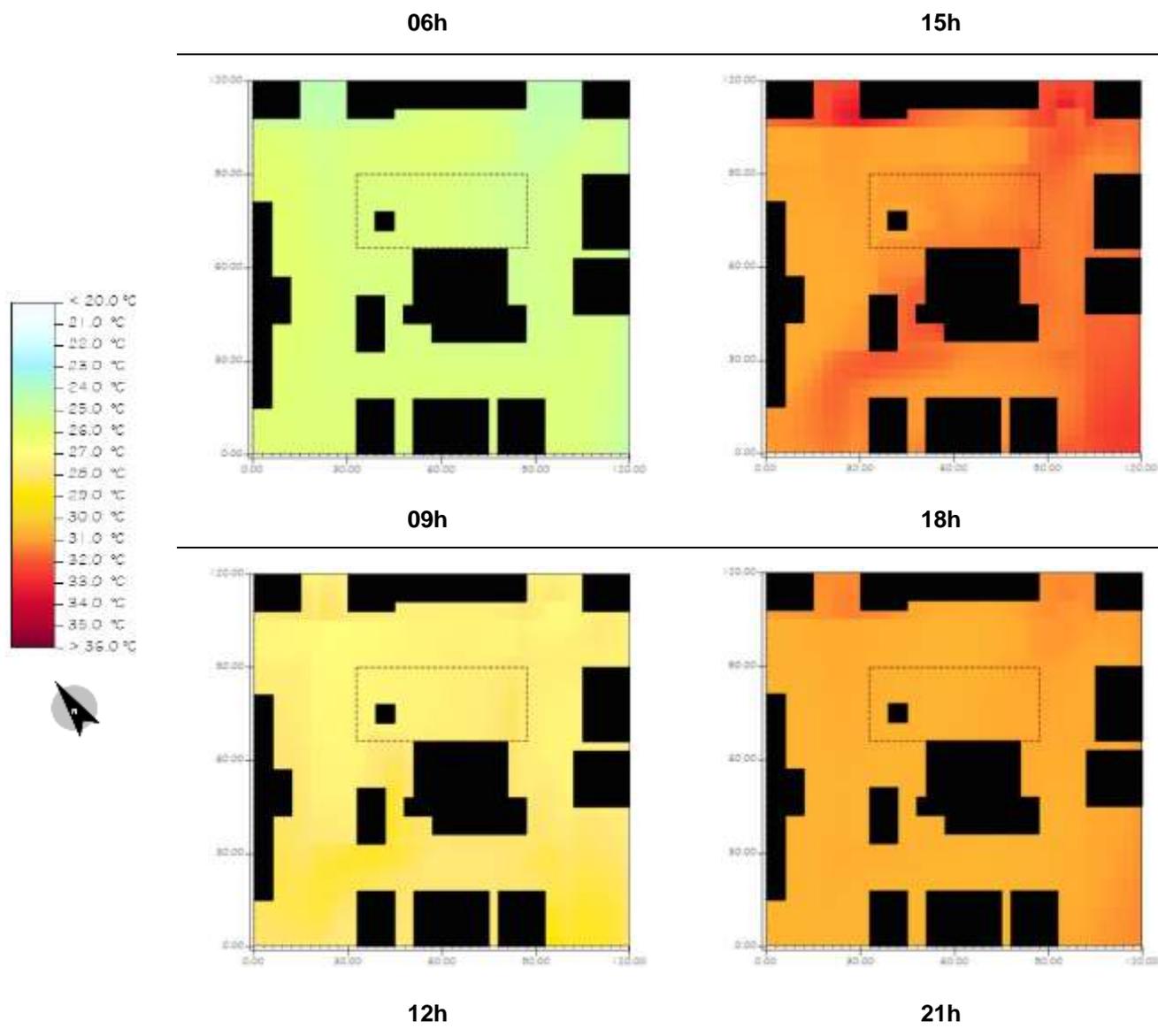
**Gráfico 5:** Cenário 1 x INMET (estação A634).

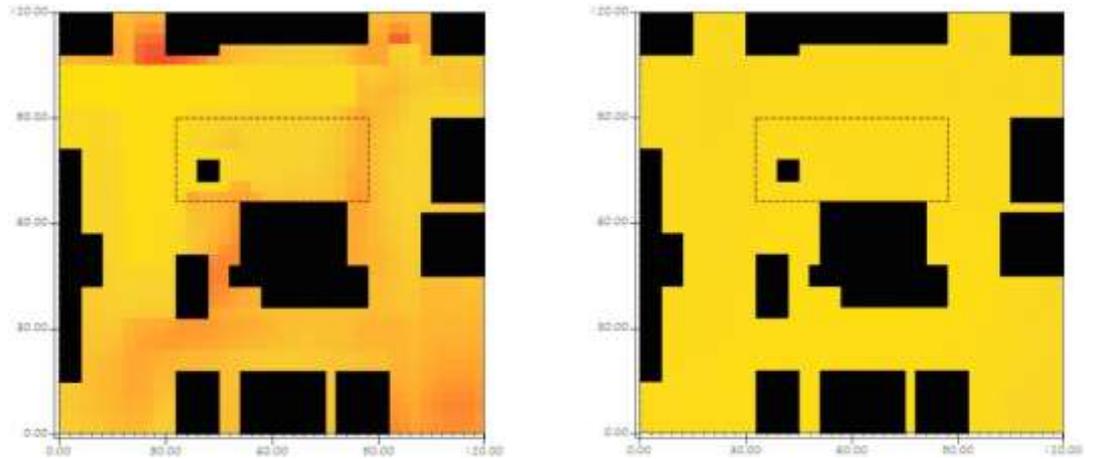


**Fonte:** Autora (2021).

Na sequência, foram simuladas a temperatura do ar do cenário real da praça, considerando 6 horários distintos (6h, 9h, 12h 15h, 18h e 21), conforme ilustrado no **Quadro 7** a seguir.

**Quadro 7:** Cenário 1 - Mapas de temperatura potencial do ar – simulação solstício de verão (21/2/2020).





**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met e *plugin* leonardo (2021).

Para a criação de mapas no *plugin* Leonardo, a análise de temperatura potencial do ar foi configurada para seguir o relevo do terreno, com posição de vista a 1 metro do chão. Sendo assim, conforme os resultados obtidos nas simulações e evidenciadas nos mapas do **Quadro 7**, às 6 horas, toda a área simulada demonstra homogeneidade de temperatura do ar, com médias de aproximadamente 25,3 °C, sem significativas diferenças entre o interior e exterior da praça. Às 9 horas, a temperatura potencial do ar no recorte simulado aumenta e apresenta uma média de aproximadamente de 27,8 °C, contudo, é possível identificar que o interior da praça - em especial próximo a arborização de grande porte e copa densa, localizadas a norte e oeste - apresenta temperaturas mais amenas, enquanto o entorno registra temperaturas mais elevadas (média de aproximadamente 28 °C), apresentando, as 9h da manhã uma diferença de temperatura potencial do ar entre interior e exterior de cerca 0,2 °C.

Às 12 horas, a média de temperatura potencial do ar no recorte simulado é de 30,5 °C, porém, ainda com variação baixa, registrando uma diferença média de temperatura de 0,45° comparada com o exterior.

No decorrer da tarde, a temperatura potencial do ar aumenta significativamente, como mostra o mapa de 15 horas, apresentando média de temperatura no recorte simulado de 31,4 °C. Este é o horário que apresenta maior temperatura potencial do ar, com diferença média de interior e exterior da praça de 0,75°C. Se comparadas as temperaturas do ar máxima registradas no interior da praça (31,7 °C) com a temperatura do ar máxima registradas no exterior da praça (33,4°C) tem-se uma diferença de cerca 1,7°C.

Às 18 horas, com o anoitecer e diminuição da radiação solar, as temperaturas voltam a ficar uniformes, com médias de 30,8°C no interior da praça e 31,05° no entorno, com diferença de média de temperatura de 0,25°C. Às 21 horas, as temperaturas seguem uniformes, com média da temperatura potencial do ar de aproximadamente 29,6°C no interior da praça, sendo 1,25°C a menos em comparação às 18 horas. Dessa forma, os resultados do cenário 1, foram compilados na Tabela 11.

**Tabela 11:** Temperatura do ar resumo cenário 1.

CENÁRIO 1 - REAL							
TEMP./ HORÁRIO		6h	9h	12h	15h	18h	21h
PRAÇA	MÍN (°C)	25	27,3	29,8	31,1	30,6	29,5
	MÉD (°C)	25,3	27,8	30,5	31,4	30,8	29,55
	MÁX (°C)	25,6	28,3	31,2	31,7	31	29,6
ENTORNO	MÍN (°C)	24,5	27,2	29,4	30,9	30,7	29,5
	MÉD (°C)	25,15	27,95	30,95	32,15	31,05	29,6
	MÁX (°C)	25,8	28,7	32,5	33,4	31,4	29,7

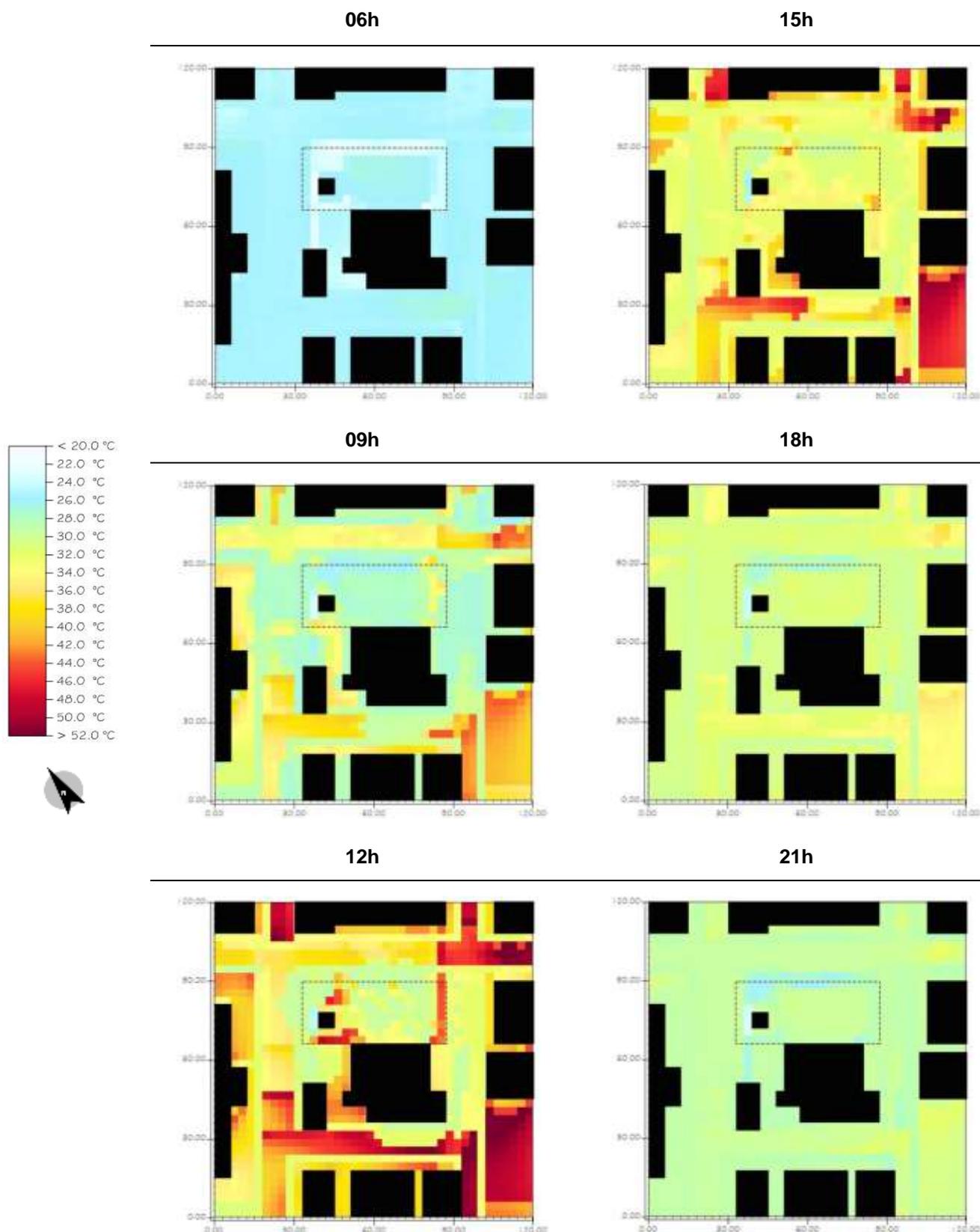
**Fonte:** Autora (2021).

Quanto a **temperatura de superfície**, observa-se, de acordo com o **Quadro 8**, que os níveis mais amenos estão nos horários de 6 horas e 21 horas, quando as temperaturas de superfície variam de aproximadamente 24°C a 27 °C no início da manhã, e, aproximadamente 26 °C a 32 °C no fim do dia. As temperaturas de superfície mais elevadas apresentam-se às 12 e 15 horas, com temperaturas de superfície máxima de 50 °C e 48 °C, respectivamente. Tais temperaturas referem-se a pontos externos à praça, onde o revestimento da superfície é de asfalto exposto ao sol. Em ambos horários, nota-se que o interior da praça apresenta valores inferiores e uniformes quando comparado ao entorno imediato.

No interior da praça, às 12 horas, foram registradas temperaturas de superfície mínima de 28°C (em superfícies sombreadas) e máxima de 40°C (trechos com revestimento em bloco intertravado expostos ao sol). Às 15 horas, ainda no interior da praça, foram registradas temperaturas de superfície entre 29°C (superfícies sombreadas) a 42°C (trechos com revestimento em bloco intertravado expostos ao sol).

Quando a praça inicia o processo de resfriamento, às 18 horas, a temperatura de superfície média no recorte simulado foi de 30,6°C. Neste horário, no interior da praça, em superfície vegetadas, as simulações registram uma temperatura aproximada de 27°C, enquanto, no entorno da praça, em superfícies impermeáveis com revestimento asfáltico, foi registrado aproximadamente 36 °C. Ainda no período da noite, às 21 horas, a temperatura de superfície registrou aproximadamente 25 °C em pontos sombreados no interior da praça. Mesmo que o mapa represente uma certa homogeneidade nas cores, o exterior apresentou índices superiores, com uma temperatura de superfície média de cerca 32 °C em superfícies asfaltadas.

**Quadro 8:** Cenário 1 - Mapas de temperatura de superfície – simulação solstício de verão (21/2/2020).



**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met e *plugin* Leonardo (2021).

Vale destacar que o entorno da praça apresenta temperaturas de superfície mais altas que o interior da praça, em especial nos horários mais quentes, principalmente quando comparados pontos de superfícies vegetadas com pontos com revestimento em asfalto exposto ao sol.

Com a extensão considerável de áreas verdes e materiais permeáveis existente no interior da praça, as simulações da temperatura da superfície do cenário 1 mantiveram-se mais fresca no interior da praça que no seu entorno, fato este que evidencia a importância da composição da praça com materiais permeáveis e a vegetação, evitando assim o aquecimento das superfícies, o que contribui diretamente no controle da temperatura do ar.

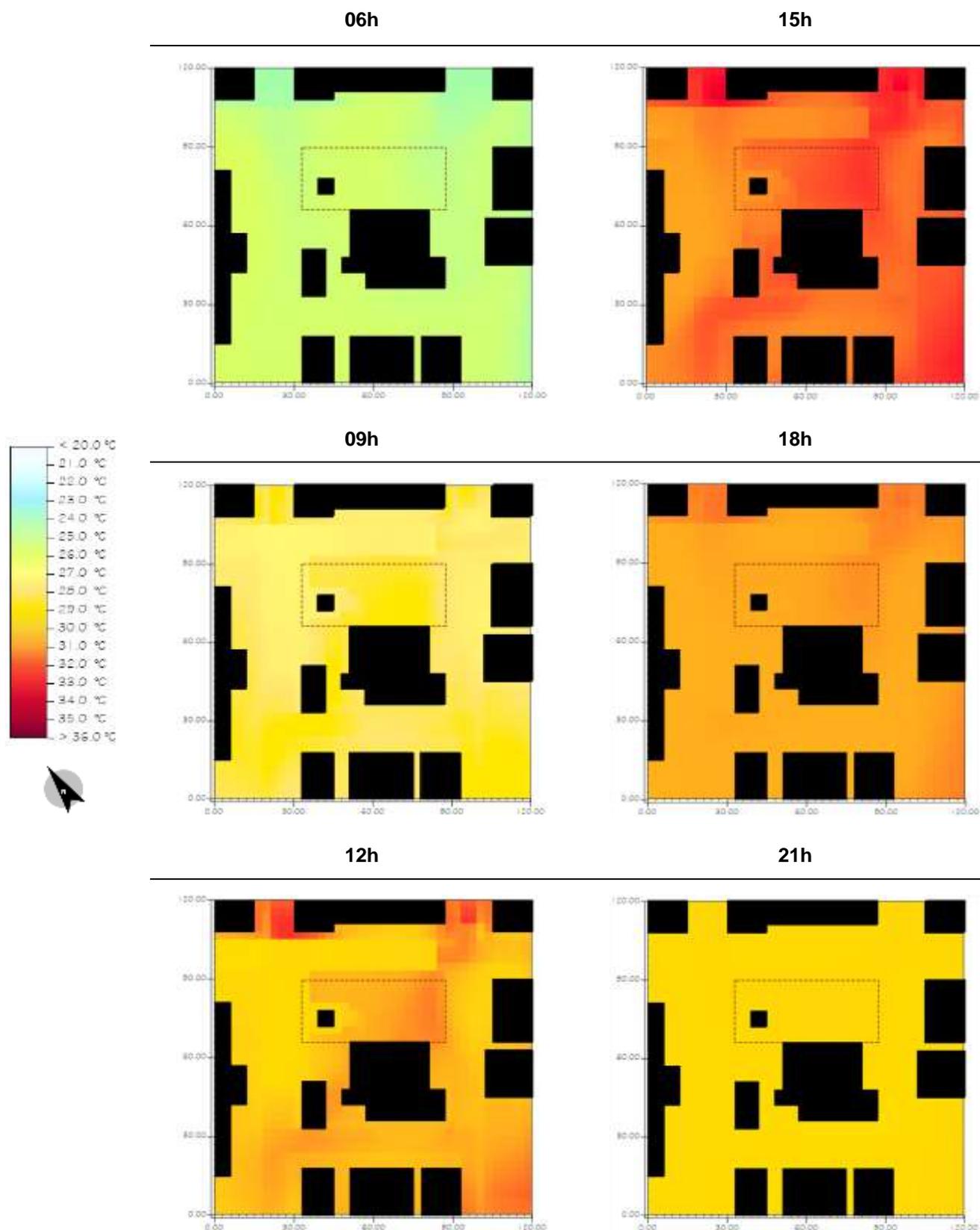
### **5.3. Simulação do Cenário 2 – Configuração árida da praça**

O segundo cenário refere-se à praça como um espaço árido, configurada com composição de materiais impermeáveis (*asphalt road*) em grande parte de sua extensão, conservando o espaço da capela existente e sem a existência de nenhum tipo de vegetação e/ou elementos de sombreamento. Tal cenário ilustra uma situação extrema de impermeabilidade do espaço, visto que, atualmente, as superfícies não permeáveis são cada vez mais presentes na cidade.

A simulação também foi realizada no 21 de dezembro de 2020, com as mesmas configurações do *software*, dados climáticos e horários de simulação que a simulação do cenário anterior, afim de obter parâmetros de comparação.

Os **Quadros 9** e **10**, a seguir, ilustram o resultado das simulações de temperatura potencial do ar e temperatura de superfície do cenário 02.

**Quadro 9:** Cenário 2 - Mapas de temperatura potencial do ar – simulação solstício de verão (21/2/2020).



**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met e *plugin* Leonardo (2021).

Em relação a **temperatura potencial do ar**, conforme ilustrado no **Quadro 9**, nota-se que o Cenário 2, no início do dia (às 6 horas) demonstra uniformidade em todo recorte simulado, com média de aproximadamente 25,6°C no interior da praça, com diferenças não evidenciadas de forma significativa com o entorno da praça. Ainda no período da manhã, às 9 horas, no interior da praça, foi registrada uma temperatura do ar média de cerca 28°C, assim como a temperatura do ar média no entorno.

As simulações do período da tarde apresentam temperaturas do ar superiores aos demais horários analisados. Às 12 horas, a temperatura do ar no interior e exterior da praça atingiu o valor médio de 30,95°C.

Às 15 horas, a temperatura potencial do ar registrou uma média de 31,9°C no interior da praça e de 32,5°C no exterior, uma diferença de temperatura potencial do ar média de 0,6°C. Nesse mesmo horário, a temperatura do ar máxima registrada no interior da praça foi de 32,6°C e no exterior da praça foi de 33,9°C, registrando uma diferença de temperatura do ar máxima entre interior e exterior de 1,3°C, variação essa inferior à registrada na simulação do Cenário 1 (Real).

No início do período da noite, às 18 horas, as temperaturas retornam a serem uniformes, porém ainda permanecem altas, oscilando em uma média de 31°C e 31,2°C, no interior e exterior, respectivamente, sem registrar significativas diferenças no interior da praça. Às 21 horas, as temperaturas prosseguem com tendência de esfriamento em toda área, apresentando uma média de 29,75°C no interior da praça e de 29,65°C no entorno, com poucas variações. Os resultados do cenário 2 foram compilados na Tabela 12, com destaque para a temperatura do ar no horário de 15h.

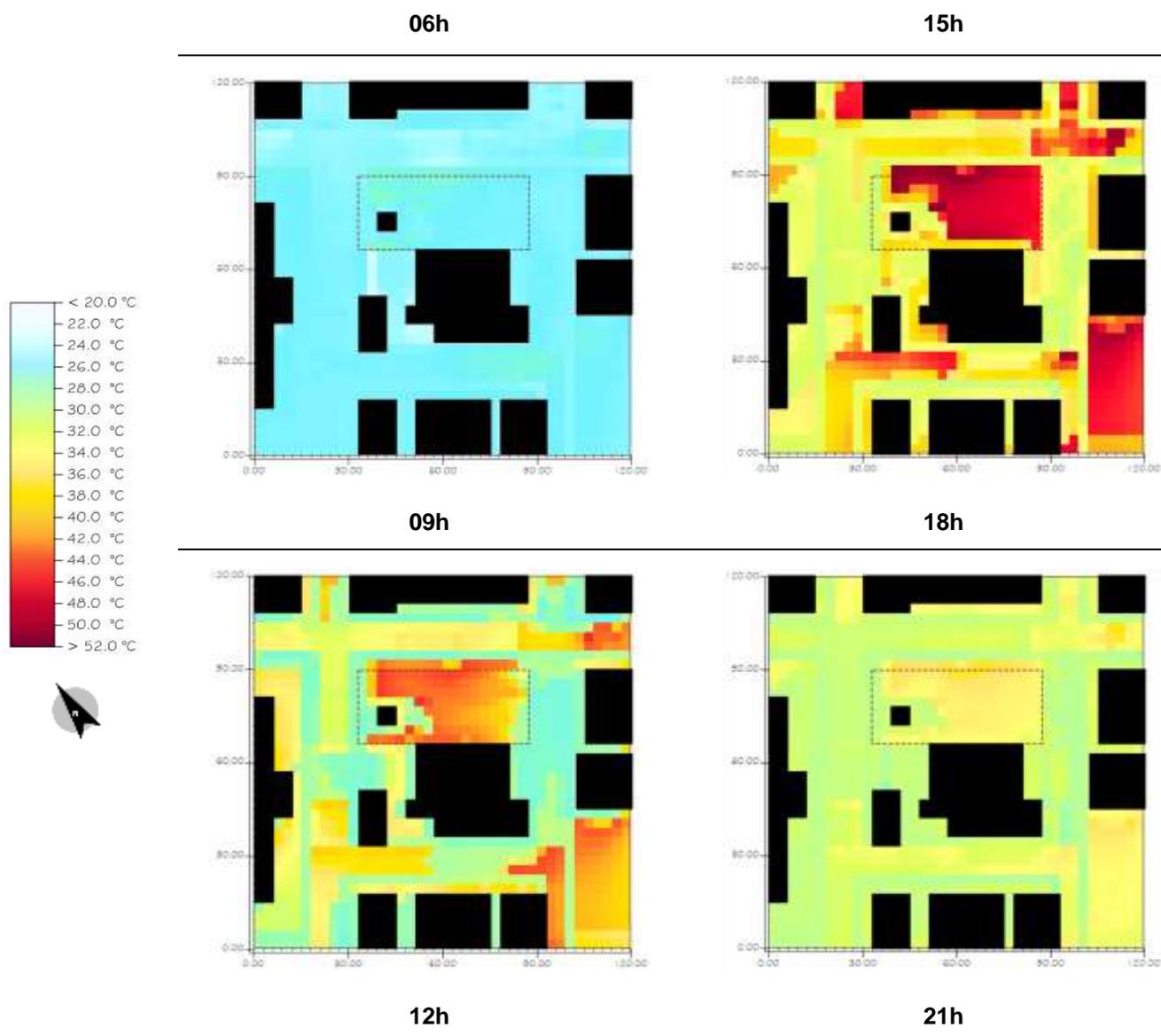
**Tabela 12:** Temperatura do ar resumo cenário 2.

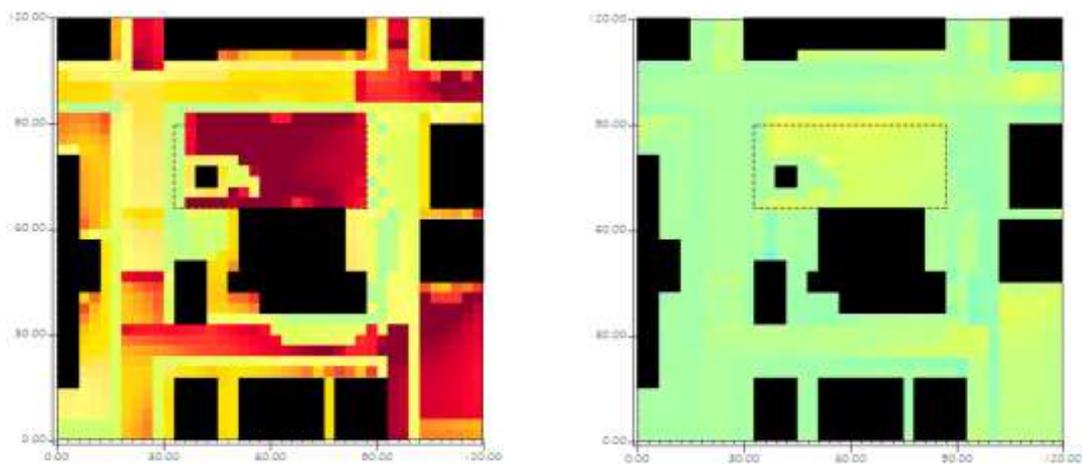
CENÁRIO 2 - ÁRIDO							
TEMP./ HORÁRIO		6h	9h	12h	15h	18h	21h
PRAÇA	MÍN (°C)	25,4	27,9	30,4	<b>31,2</b>	30,8	29,7
	MÉD (°C)	25,55	28,2	30,95	<b>31,9</b>	31	29,75
	MÁX (°C)	25,7	28,5	31,5	<b>32,6</b>	31,2	29,8
ENTORNO	MÍN (°C)	24,8	27,3	29,5	<b>31,1</b>	30,8	29,5
	MÉD (°C)	25,3	28,1	30,95	<b>32,5</b>	31,2	29,65
	MÁX (°C)	25,8	28,9	32,4	<b>33,9</b>	31,6	29,8

Fonte: Autora (2021).

Na sequência, é apresentado o resultado dos mapas referentes as simulações da **temperatura de superfície** do Cenário 2, conforme mostra a **Quadro 10**.

**Quadro 10:** Cenário 2 - Mapas de temperatura de superfície – simulação solstício de verão (21/2/2020).





**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met e *plugin* Leonardo (2021).

Conforme evidenciado no **Quadro 10**, o Cenário 2 - com ausência de vegetação e composto por materiais impermeáveis (em grande parte da extensão da área) - além de resultados de temperaturas potenciais do ar elevadas, apresenta também resultados elevados de temperatura de superfície, sobretudo, a partir das 9 horas até o fim da tarde.

Durante a manhã, às 6 horas, a temperatura de superfície no interior da praça registrou uma máxima de 27°C, apresentando temperaturas mais frescas quando comparada com horários sucessivos. A partir das 9 horas, as simulações indicam que a temperatura de superfície aumenta significativamente, marcando índices superiores a 42°C no interior da praça, assim como em alguns pontos do entorno. Vale ressaltar as temperaturas de superfície registradas na rua da lateral leste foram inferiores (média 27°C), já que essa rua possui superfície revestida em bloco intertravado de concreto, material semipermeável.

Iniciando o período da tarde, as temperaturas permanecem altas no interior da praça e também em trechos do entorno. Às 12 horas, as temperaturas de superfície no interior da praça superam 50°C e também em alguns pontos do entorno com superfícies também impermeáveis, localizados a leste e a sul da praça, esse fato pode existir devido ao maior tempo de exposição às radiações solares nessa orientação, somada a característica do material de revestimento asfáltico que absorve maior calor.

Às 15 horas, as temperaturas de superfície continuam altas. As simulações registram temperaturas de superfície superiores a 49°C, sobretudo em superfícies compostas por materiais impermeáveis e expostas ao sol. Com base nos mapas do quadro 10, percebe-se que, em todo o período da tarde, as temperaturas de superfície registradas são altas tanto no interior da praça quanto no entorno.

No período noturno, às 18 horas, ainda que as superfícies iniciem seu resfriamento, essas permanecem altas, com registros de temperatura de superfície no interior e no exterior da praça (pontos de superfícies compostas de materiais impermeáveis e semipermeáveis) de aproximadamente 37°C. As 21 horas, a temperatura de superfície ainda se conserva elevada, com aproximadamente 32°C na área interna da praça, e, no entorno, com pontos em superfícies semipermeáveis marcando aproximadamente 33°C.

Vale ressaltar que, as superfícies que apresentaram maiores temperaturas estão relacionadas a materiais de revestimento de composição asfáltica, situados nas vias laterais a leste e a sul do recorte simulado, onde as ruas possuem pouca ou nenhuma arborização, diferente das ruas na direção norte e oeste. Sendo assim, importa destacar que em alguns horários, o interior da praça árido - com a configuração do Cenário 2 - apresenta temperatura do ar e de superfícies até mais altas que seu entorno, evidenciando a importância da composição de materiais permeáveis e do emprego da vegetação somada ao sombreamento por cobertura arbórea, mesmo em áreas pequenas, como é o caso da praça Bom Pastor.

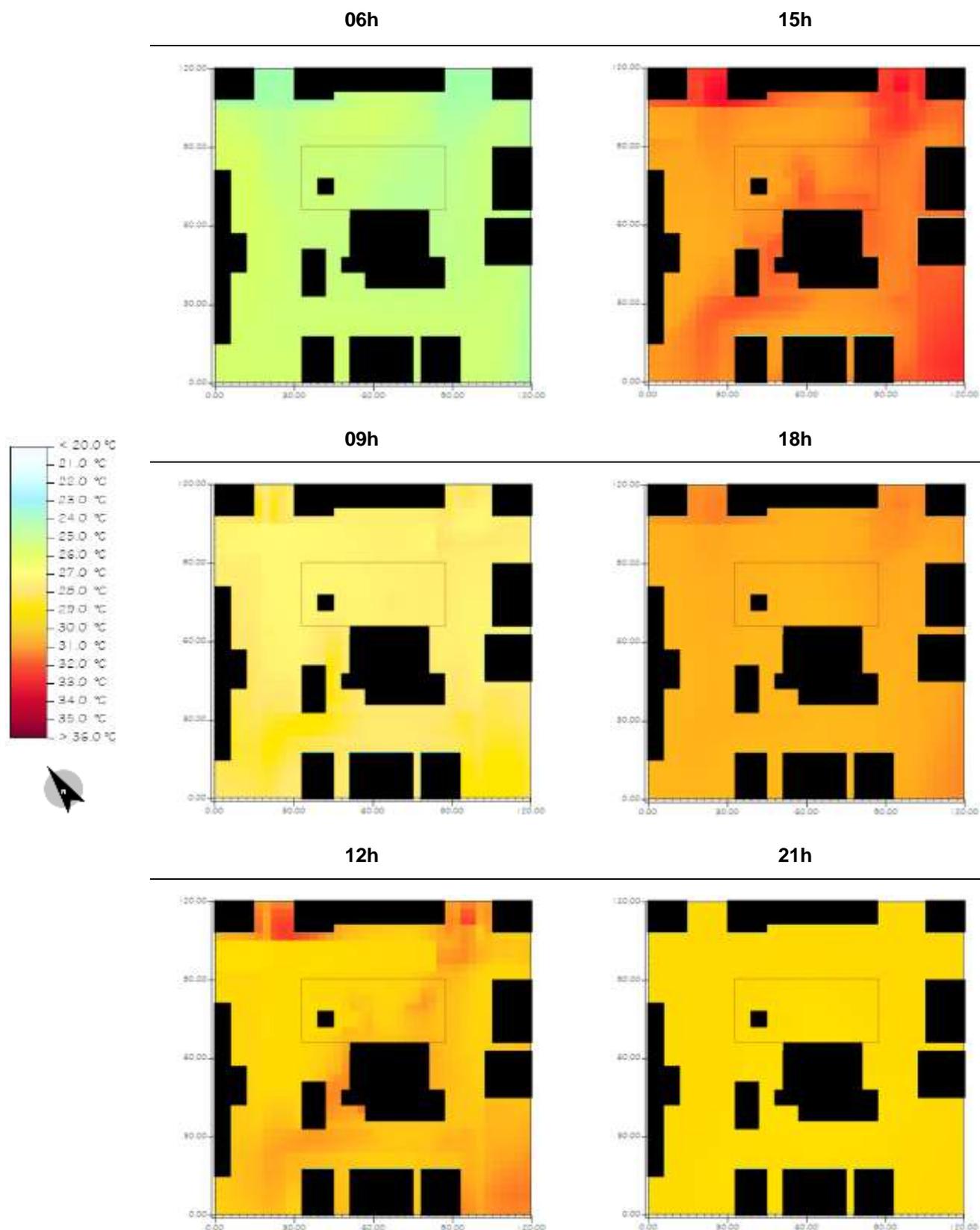
#### 5.4. Cenário 3 – Configuração mais verde da praça

O Cenário 3 busca evidenciar, a partir da simulação da área da praça com maior composição vegetal e permeabilidade do solo, como possíveis estratégias projetuais, na escala da praça, podem contribuir na melhoria do microclima urbano. Conforme já ilustrado, o terceiro cenário apresenta uma superfície da praça composta por materiais naturais permeáveis como terra, terra selada (compactada) e areia (*loamy soil, unsealed soil -loamy soil- e sandy soil*), além de materiais semipermeáveis como os blocos de concreto (*basalt brick*), tendo o afloramento rochoso e a capela do interior da praça foi preservada, propondo assim, maior porcentagem de área composta por materiais permeáveis e semipermeáveis, além de aproximadamente 60% de permeável e área sombreada. A área vegetada da praça, além do revestimento em gramínea, também contou com vegetação e arborização em diferentes escalas.

A configuração da simulação do cenário 3 foi também mantida para o dia 21 de dezembro de 2020, assim como nos outros cenários, conservando as mesmas informações inseridas para a configuração do *software* como dados climáticos e horários de simulação, para que assim, a comparação de cenários pudesse ser efetivada.

Os **Quadros 11 e 12** demonstram os resultados das simulações de temperatura potencial do ar e temperatura de superfície respectivamente, referentes ao Cenário 3.

**Quadro 11:** Cenário 3 - Mapas de temperatura potencial do ar – simulação solstício de verão (21/2/2020).



**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met e *plugin* Leonardo (2021).

Conforme resultados demonstrados nos mapas do **Quadro 11**, sobre **temperatura potencial do ar**, pode-se notar que, no período da manhã, às 6 horas, o interior da praça registrou valor médio de 25,25°C, enquanto no entorno, a temperatura do ar média foi de 25,7°C. Ainda no período da manhã, às 9 horas, a temperatura potencial média do ar no interior da praça foi de 27,5°C, sendo que no entorno a média registrada foi de 28,1°C, com uma diferença de cerca 0,6 °C já no período da manhã.

Às 12 horas, a temperatura potencial do ar média no recorte simulado do interior da praça foi de 30,25°C, enquanto o entorno registrou temperatura do ar média de 30,95°C, com uma diferença considerável de cerca 0,7°C. Às 15 horas, as ruas do entorno apresentaram temperatura potencial do ar média de 32,3°C, enquanto o interior da praça permaneceu com temperaturas mais baixas, com média de 31,35°C, registrando uma variação média, entre interior da praça e seu entorno de aproximadamente 1°C. Ainda às 15 horas, se considerarmos a temperatura do ar máxima, no interior da praça foi registrado 31,6 °C, enquanto que no exterior da praça 31,7°C. uma diferença de temperatura do ar máxima de mais de 2°C, variação superior ao Cenário 1 (Real).

Seguindo para o período da noite, às 18 horas, as temperaturas registradas demonstraram o início do resfriamento na área, com temperatura potencial do ar média de 30,75°C (interior da praça) e média de 31,28°C (entorno da praça). Às 21 horas, no fim do dia, as temperaturas continuaram uniformes e mais amenas, apresentando temperatura potencial do ar média de 29,4°C no interior da praça, enquanto o exterior da praça apresentou uma média de 29,6°C.

Os resultados do cenário 3, foram compilados na Tabela 13, com destaque para o horário de 15hs, no qual foram registradas as maiores temperaturas do ar.

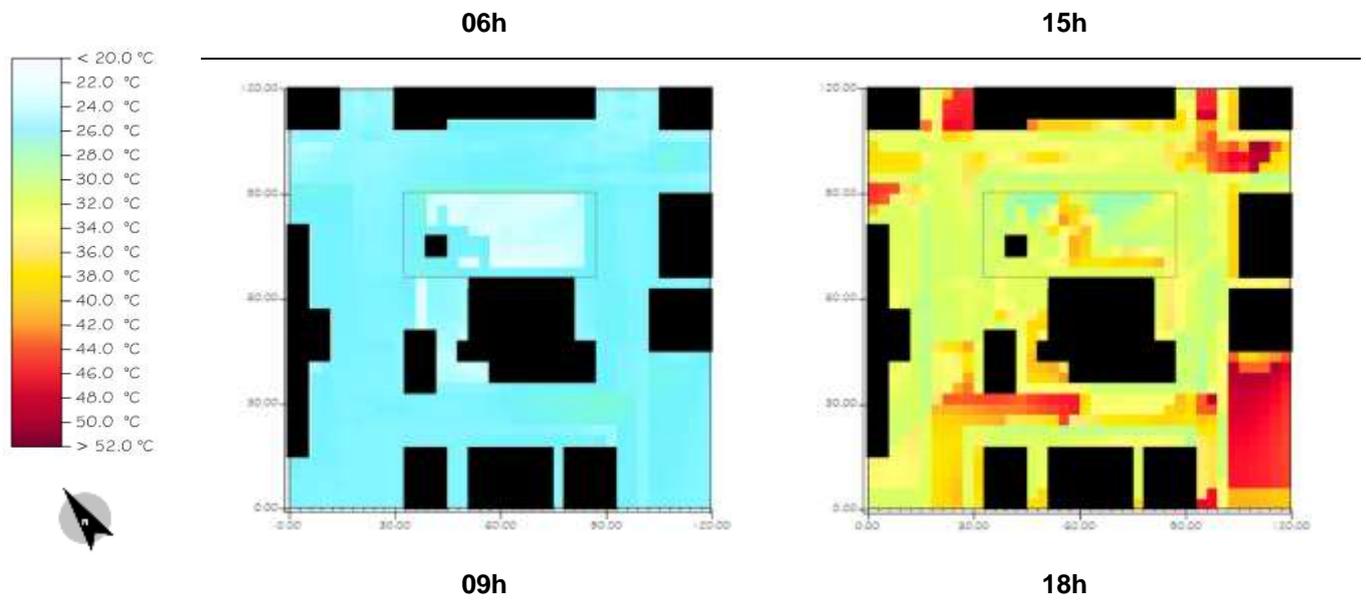
**Tabela 13:** Temperatura do ar resumo cenário 3.

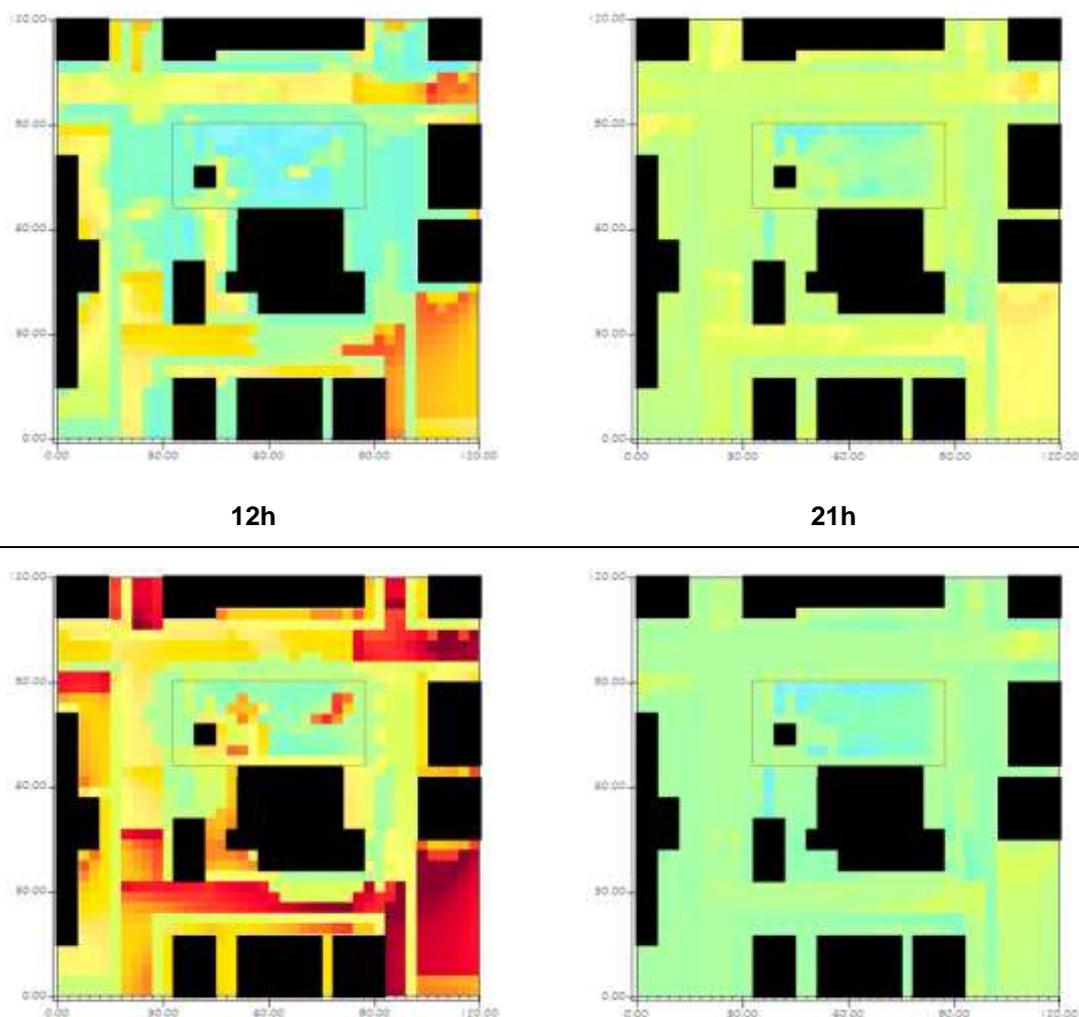
CENÁRIO 3 - HIPOTÉTICO							
TEMP./ HORÁRIO		6h	9h	12h	15h	18h	21h
PRAÇA	MÍN (°C)	25	27,3	29,5	<b>31,1</b>	30,5	29,3
	MÉD (°C)	25,25	27,5	30,25	<b>31,35</b>	30,75	29,4
	MÁX (°C)	25,5	27,7	31	<b>31,6</b>	31	29,5
ENTORNO	MÍN (°C)	25,5	27,2	29,4	<b>30,9</b>	31,06	29,4
	MÉD (°C)	25,7	28,1	30,95	<b>32,3</b>	31,28	29,6
	MÁX (°C)	25,9	29	32,5	<b>33,7</b>	31,5	29,8

Fonte: Autora (2021).

Quanto a **temperatura de superfície**, pode-se observar os resultados obtidos através do **Quadro 12**.

**Quadro 12:** Cenário 3 - Mapas de temperatura de superfície – simulação solstício de verão (21/2/2020).





**Fonte:** Elaborado pela autora através do Envi-met e *plugin* Leonardo (2021).

Conforme evidenciado nos mapas da **simulação de temperatura de superfície (Quadro 12)**, pela manhã, às 6 horas, no interior da praça (mínima de 21,9°C e máxima de 23,7°C), a temperatura de superfície registrada foi mais fresca que no exterior da praça (mínima de 24 °C e máxima de 27,4°C), apresentando uma diferença entre as mínimas de 2,9°C e entre as máximas de 4,3°C. Já às 9 horas, a temperatura de superfície mínima no interior da praça foi de cerca 25°C (sombra) e máxima de 33°C (sol), enquanto no entorno, a temperatura de superfície superou 43°C em superfícies asfálticas.

No período da tarde, às 12 horas, a temperatura de superfície no interior da praça registrou temperatura mínima de aproximadamente 26°C em áreas sombreadas, enquanto no entorno, superfícies impermeáveis expostas ao sol forma registradas temperaturas de superfície acima de 50°C. Às 15 horas, a temperatura de superfície variou entre 27°C e 35°C, porém, ainda assim, a temperatura de superfície média interna da praça continuou mais baixa que a temperatura de superfície do entorno.

No período noturno, às 18 horas, iniciou-se o processo de resfriamento de superfície, onde foi possível notar que a praça conservou temperaturas internas mais frescas que o exterior. Nesse período, a praça demonstrou temperaturas de superfícies mais homogêneas, variando entre 26°C e 28°C, enquanto seu entorno, apresentou maiores temperaturas e diferenças significativas entre as mínimas e máximas, com variações de 29°C e 36°C, aproximadamente. Às 21 horas, a praça manteve-se mais fresca que o entorno, com temperaturas de superfície variando de entre 26°C e 27°C, enquanto o entorno atingiu cerca 32°C.

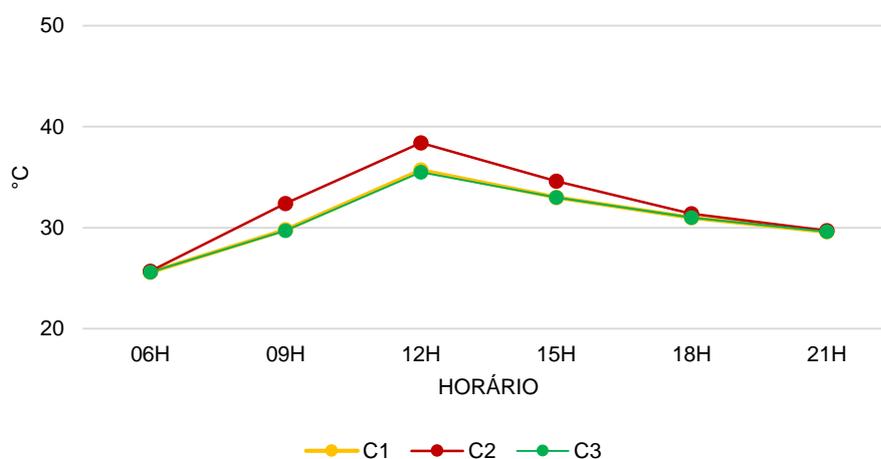
Com base nos resultados dos mapas gerados pelo *plugin* Leonardo, pôde-se notar que os revestimentos em materiais permeáveis e o emprego da vegetação em suas diversas escalas implicaram na temperatura de superfície do local, não permitindo que a radiação solar incidisse completamente nas superfícies, minimizando, assim, o aquecimento das superfícies. Assim como o cenário 1 (Real), o cenário 3 (Mais vegetado) apresentaram índices confortáveis de temperatura potencial do ar e temperatura de superfície, sobretudo nos pontos mais sombreados.

## 5.5. Comparação entre os cenários

Os três cenários da praça Bom Pastor foram simulados de modo a permitir a comparação dos mesmos. Primeiramente, são apresentadas as comparações das temperaturas potencial do ar, relacionando os cenários de acordo com os horários analisados. Ainda quanto a temperatura potencial do ar, os valores referentes as temperaturas (mínima, médias e máximas) da praça e do seu entorno foram tabelados, afim de permitir a comparação dos dados. Na sequência, para a análise da temperatura de superfície, optou-se por ilustrar graficamente alguns pontos previamente selecionados, de acordo com cada cenário, demonstrando a tendência das curvas de temperatura no decorrer do dia.

Em relação a **temperatura do ar**, o *software* forneceu a média de temperatura relacionada a área de recorte simulado por hora. Através dessa informação, foi possível a comparação das médias de temperatura potencial do ar de cada um dos cenários, conforme os horários simulados. Tal análise foi compilada em planilha e demonstrou os seguintes resultados em gráfico, relacionando os cenários, os horários e as temperaturas registradas nas simulações (**Gráfico 6**).

**Gráfico 6:** Comparação entre os cenários 1, 2 e 3 – média de Temperatura potencial do ar – simulação solstício de verão (21/2/2020).



Fonte: Autora (2021).

De acordo com o gráfico acima, se analisarmos todo o recorte simulado (que considera a praça e seu entorno imediato) percebe-se que a da temperatura potencial do ar média no Cenário 1 (Real), ilustrado em amarelo, e o Cenário 3 (Hipotético mais vegetado), representado pela coloração verde, apresentam similaridade nos resultados, sendo que o Cenário 3 (Hipotético) ligeiramente mais fresco.

No Cenário 2 (Árido), o gráfico demonstra temperaturas do ar superiores aos outros dois cenários em praticamente todos os horários. Comparando a temperatura do ar entre os Cenário 2 e 3, às 6 horas, a diferença foi de 0,54°C; às 9 horas de 0,96°C. Entre os Cenários 1 e 2, no período da tarde, em horários mais quentes do dia, como às 12 horas, registra diferença de 0,73°C e, às 15 horas, registra diferença de 0,52°. Comparando os Cenários 2 e 3, no período noturno, às 18 horas e 21 horas, as diferenças são 0,46°C e 0,41°C, respectivamente.

Ao estabelecer um comparativo entre o interior e o entorno da praça, nota-se que nos cenários 1 e 3, ambos com vegetação e materiais permeáveis e semipermeáveis, registram, no interior da praça, médias de temperaturas potencial do ar mais amenas que no entorno, em todos os horários. Em contrapartida, o cenário 2 (Árido) apresentou temperaturas do ar superiores aos cenários 1 e 3 em todos os horários, além de menores variações entre as diferenças de temperaturas registradas no interior e exterior da praça.

No horário de 15hs, vale destacar que no Cenário 2 (Árido), a temperatura potencial do ar máxima registrada no interior da praça foi aproximadamente 1°C superior ao Cenário 1 e 2 (**Tabela 14**). Ainda no Cenário 2, a Temperatura do ar máxima no entorno registrou 0,5°C a mais que no Cenário 1, comprovando a contribuição positiva para o controle da temperatura quando a praça possui significativa vegetação e materiais de revestimentos permeáveis

**Tabela 14** - Comparativo de temperatura potencial do ar no interior e entorno da praça - cenários e período simulado (valores aproximados de acordo com os mapas gerados no *plugin* Leonardo e médias fornecidas pelo ENVI-met).

PERÍODO SIMULADO	CENÁRIO 1 (REAL)						CENÁRIO 2 (ÁRIDO)						CENÁRIO 3 (HIPOTÉTICO)					
	PRAÇA			ENTORNO			PRAÇA			ENTORNO			PRAÇA			ENTORNO		
	MÍN (°C)	MÁX (°C)	MÉD (°C)	MÍN (°C)	MÁX (°C)	MÉD (°C)	MÍN (°C)	MÁX (°C)	MÉD (°C)	MÍN (°C)	MÁX (°C)	MÉD (°C)	MÍN (°C)	MÁX (°C)	MÉD (°C)	MÍN (°C)	MÁX (°C)	MÉD (°C)
<b>6H</b>	25	25,6	25,3	24,5	25,8	25,15	25,4	25,7	25,55	24,8	25,8	25,3	25	25,5	25,25	25,5	25,9	25,7
<b>9H</b>	27,3	28,3	27,8	27,2	28,7	27,95	27,9	28,5	28,2	27,3	28,9	28,1	27,3	27,7	27,5	27,2	29	28,1
<b>12H</b>	29,8	31,2	30,5	29,4	32,5	30,95	30,4	31,5	30,95	29,5	32,4	30,95	29,5	31	30,25	29,4	32,5	30,95
<b>15H</b>	31,1	31,7	31,4	30,9	33,4	32,15	31,2	32,6	31,9	31,1	33,9	32,5	31,1	31,6	31,35	30,9	33,7	32,3
<b>18H</b>	30,6	31	30,8	30,7	31,4	31,05	30,8	31,2	31	30,8	31,6	31,2	30,5	31	30,75	31,06	31,5	31,28
<b>21H</b>	29,5	29,6	29,55	29,5	29,7	29,6	29,7	29,8	29,75	29,5	29,8	29,65	29,3	29,5	29,4	29,4	29,8	29,6

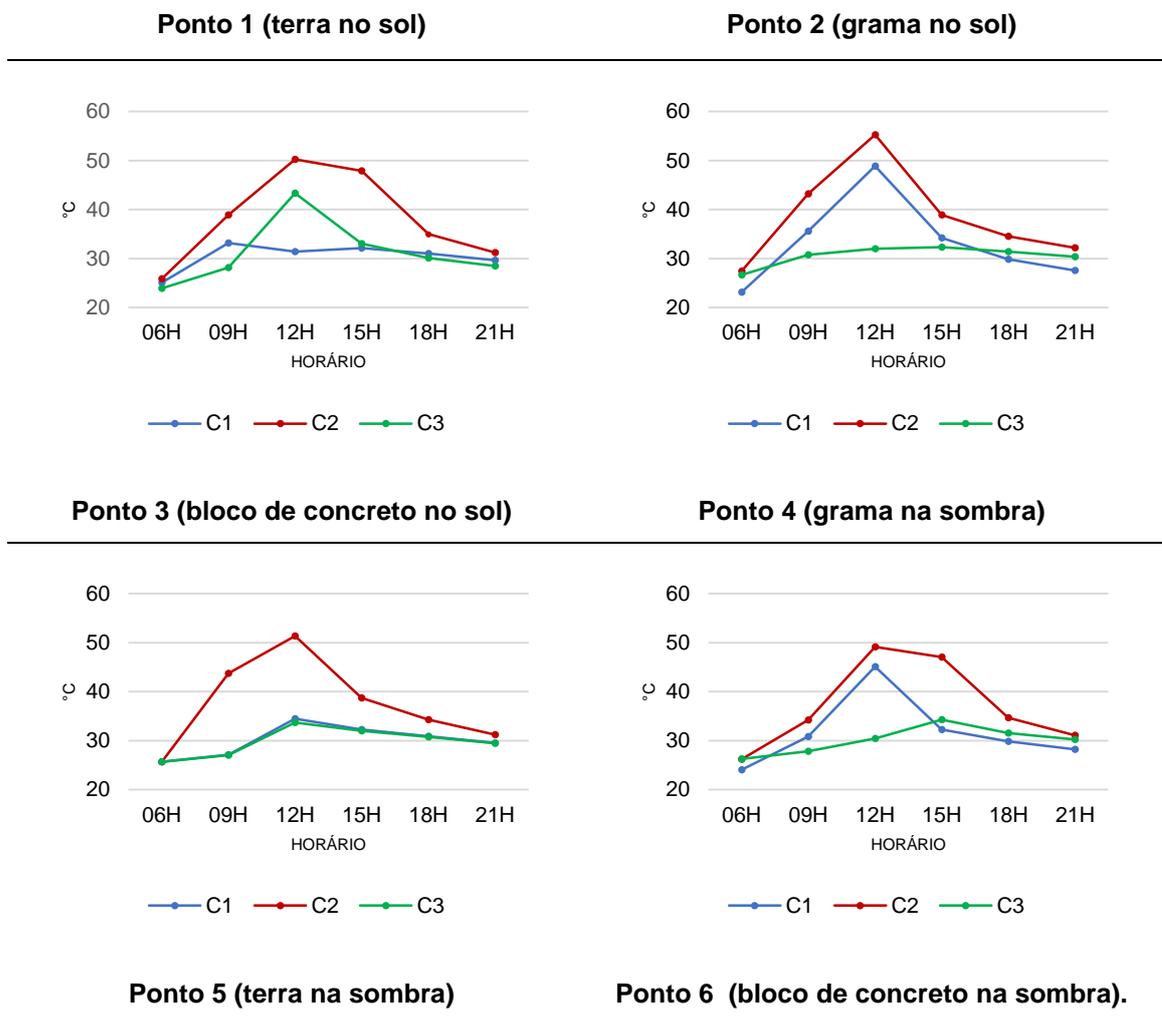
Fonte: Autora (2021).

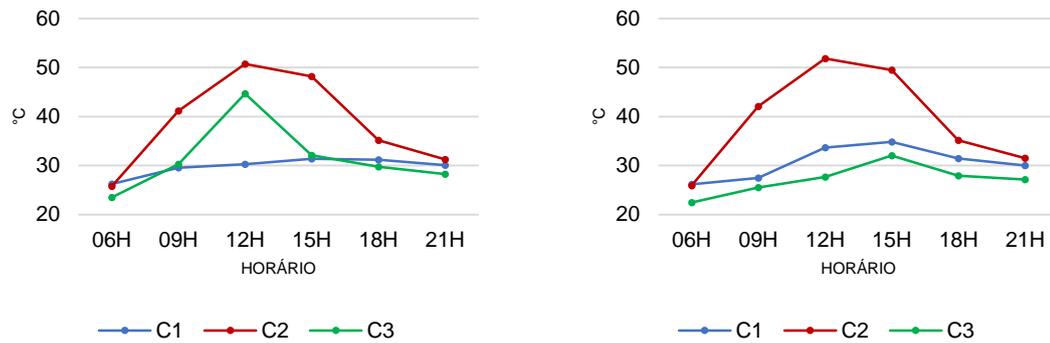
Ainda quanto a temperatura potencial do ar, o horário de 15 horas apresentou as maiores temperaturas, tanto no interior quanto no exterior da praça, com destaque para o Cenário 2 que apresentou temperaturas superiores aos Cenários 1 e 3. Quanto aos horários mais fresco – pela manhã e ao anoitecer -, os Cenários 1 e 3 apresentaram menores valores no interior da praça quando comparados ao Cenário 2.

Destaca-se que, conforme a hipótese deste trabalho, o Cenário 2 (árido) demonstrou, durante todo o período simulado, maiores variações com valores de temperaturas superiores ao Cenário 1 (real) e ao Cenário 3 (hipotético).

Sobre a comparação das temperaturas de superfície, os pontos apresentaram diferença significativa, sobretudo quando comparados com o cenário árido (ilustrado com a linha vermelha), como demonstram os seguintes gráficos do **Quadro 13**.

**Quadro 13:** Comparação dos pontos entre os cenários 1, 2 e 3 - Temperatura de superfície – simulação solstício de verão (21/2/2020).





Fonte: Autora (2021).

Considerando o horário de 15 horas, o Ponto 1 (terra no sol) demonstra uma diferença de cerca 1 °C, quando comparado os cenários 1 e 3, enquanto apresenta uma diferença de 15 °C, aproximadamente, quando estes são comparados com o cenário 2 e o Ponto 5 (terra na sombra) 0,73 °C entre os cenários 1 e 3 e aproximadamente 16 °C quanto ao cenário 3.

O Ponto 3 (bloco de concreto exposto ao sol), no mesmo período, apresenta similaridade nos cenários 1 e 3 (diferença de 0,22°C), enquanto no cenário 2, a diferença é cerca de 6,45 °C e o Ponto 6 (bloco de concreto na sombra), apresenta diferença de 2,8 °C entre os cenários 1 e 3 e aproximadamente 17°C quanto ao cenário 2.

Quanto as áreas vegetadas, analisando o Ponto 2 (grama no sol) e o Ponto 4 (grama na sombra), no mesmo horário, a variação de temperatura entre os cenários 1 e 3 permanece menor, com 1,92 °C (Ponto 2 - grama no sol) e de cerca 2 °C (Ponto 4 - grama na sombra), entretanto quando comparado com o cenário 3, esta diferença aumenta para 6,61 °C (Ponto 2 - grama no sol) e aproximadamente 14 °C (Ponto 4 - grama na sombra).

# CONSIDERAÇÕES FINAIS



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das simulações computacionais de cenários variados com a utilização do *software* ENVI-met, foi possível obter resultados, através de análises de temperatura potencial do ar e de superfície, que auxiliaram na compreensão da contribuição da praça Bom Pastor na área adensada no bairro Praia da Costa, em Vila Velha – ES, visto que, com base nos mapas gerados no *plugin* Leonardo, disponibilizado pelo ENVI-met, torna-se perceptível a influência positiva na praça no controle da temperatura.

De acordo com as simulações do cenário real da praça, pôde-se notar que o interior da praça conservou temperaturas máximas do ar e de superfície mais fresca que o entorno. O entorno demonstrou resultados que contrapõem aos da área interna da praça, com temperaturas mais elevadas, sobretudo, em pontos com materiais impermeáveis expostos ao sol. Identificou-se ainda que a temperatura potencial do ar, no interior da praça, apresentou poucas oscilações durante os primeiros horários do dia, enquanto o entorno demonstrou temperaturas mais elevadas, principalmente no período da tarde.

Com base nas análises dos resultados, observou-se que, nos cenários 1 e 3, as áreas sombreadas da praça registraram temperatura potencial do ar e de superfície mais amenas no decorrer do dia, comprovando a contribuição da vegetação e dos revestimentos naturais e permeáveis para o conforto do ambiente.

Os mapas referentes a temperatura de superfície do cenário 1 (real) e também no cenário 3 (hipotético) demonstraram que as áreas compostas por vegetação e revestimentos permeáveis atuam na mitigação do aquecimento das superfícies, o que possibilita temperaturas agradáveis ao local. As áreas verdes identificadas na praça auxiliam na ambiência do local proporcionado controle de temperatura, e conseqüentemente, melhoria no conforto térmico e na paisagem urbana.

O resultado das análises de temperatura de superfície comprova ainda que a capacidade calorífica e a condutibilidade térmica da vegetação são menores que as dos materiais industrializadas, que possuem baixa permeabilidade e altos índices de absorção de calor.

Sobre o Cenário 2 (árido), a composição evidenciou a importância do uso de materiais adequados em espaços livres de uso público, visto que, foi possível perceber que em tal cenário, no horário de 15h, a temperatura máxima do ar registrada no interior da praça foi de cerca 1°C superior que nos cenários 1 e 3.

Em comparação ao Cenário real e ao hipotético, sobretudo, no período da tarde, às 15 horas, o Cenário árido apresentou temperaturas de superfície consideravelmente maiores. Quanto a temperatura potencial do ar média, no período da tarde, quando comparada, registra os seguintes valores no interior e no entorno da praça: no Cenário 1 (real) em comparação ao Cenário 2 (árido) - diferença de 0,5°C, no interior e 0,35°C no entorno; e, comparando o Cenário 3 (hipotético mais vegetado) com o Cenário 2 (árido), a diferença apresentada é de 0,55°C no interior da praça e 0,2°C no entorno. Tal fator evidencia que quanto mais a área vegetada, menor é a temperatura no interior da praça. Do mesmo modo, quando menos vegetada e mais área for a praça, maior será a temperatura no interior da praça e menor a diferença entre as temperaturas interior e exterior.

Quanto as temperaturas potenciais do ar máximas entre interior e exterior da praça, no horário mais quente, às 15 horas, o cenário 1 registrou uma diferença de 1,7°C - além das temperaturas do ar no entorno registradas serem maiores que as do interior em todos os horários; o cenário 2 registrou uma variação entre interior e exterior da praça de 1,3°C, com temperaturas do entorno superiores ao interior da praça e maiores que os cenários 1 e 3 - e; no cenário 3 apresentou uma diferença de 2,1°C, com temperaturas similares ao cenário 1, levemente mais baixas. Analisando tais resultados, percebe-se que já no cenário real, a praça conta com temperaturas mais frescas no seu interior, ainda em comparação com as máximas. Nota-se ainda que no cenário árido, o efeito do entorno é maior, devido a sua configuração, e, no cenário hipotético, quando a área vegetada e sombreada é maior, a diferença aumenta de forma significativa, afirmando a importância da configuração de áreas mais vegetadas.

Ressalta-se, de acordo com os resultados obtidos, a importância da vegetação, bem como de revestimentos naturais, de áreas semipermeáveis e permeáveis, de forma a contribuir com melhores índices de áreas frescas na praça e melhor controle de temperatura. Os resultados da pesquisa comprovam que, as áreas vegetadas, permeáveis e semipermeáveis podem auxiliar com eficiência no controle e na redução de temperaturas, contribuindo assim, para o microclima urbano.

Sendo assim, as simulações também evidenciam, a importância da presença dos espaços livres públicos, sobretudo quando vegetados, e compostos por revestimentos de superfície permeáveis e semipermeáveis, com a contribuição fundamental para o conforto térmico do local.

Além disso, notou-se que, os espaços áridos podem gerar prejuízos para a composição do solo e com o aumento de temperatura de superfície, não colaborando assim, para o bem estar e uso da população por se tornar um espaço não atrativo e desconfortável.

Destaca-se que os resultados e análises apresentadas foram satisfatórios, e fazem parte do estudo específico do recorte simulado da Praça Bom Pastor, em Vila Velha -ES, com simulações utilizando o *software* ENVI-met e mapas confeccionados com o *plugin* Leonardo. Importa então ressaltar a influência positiva da praça Bom Pastor na área adensada na cidade onde está inserida, diante da sua contribuição para o equilíbrio no metabolismo urbano.

Quanto ao uso do *software*, vale destacar que, por não ser um modelo didático e, ainda, por não estar disponível gratuitamente um tutorial em português, este exige dedicação e análise crítica para o aprendizado correto de cada ferramenta. A versão LITE do *software*, utilizada nesse estudo, também apresenta desvantagens como a biblioteca de materiais reduzida para auxílio na modelagem.

Porém, ainda assim, o *software* atende as necessidades de estudos de análise microclimática da área, trazendo vantagens como a criação de cenários reais e hipotéticos, fornecendo a localização exata da área, identificando bairros e ruas, configurações de mapa, exploração de pontos específicos e boa resolução de imagem dos mapas.

Vale ressaltar que o estudo também contribui para pesquisas que enfatizem os efeitos dos espaços livres de uso público, em especial das praças, no conforto e no microclima urbano, evidenciando a importância de construções com maior equilíbrio entre o ambiente urbano e o natural, resultando em cidades e populações mais saudáveis.

# REFERÊNCIAS



## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, I. A., SILVA FILHO, D. F., COUTO, H. T. Z., POLIZEL, J. L. (2010). **Comparação entre videografia e fotografia aérea para diagnóstico da vegetação em ambiente urbano de Piracicaba, SP**. Revista Arvore, 34(4), 691–698. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622010000400014>
- AYOADE, J. O. (1996). **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- CALLIARI, M. (2016). **Espaço público e urbanidade em São Paulo** - Capítulo 1. BEÍ EDITORA.
- XAVIER, T. C. (2017). **Influência da arborização no microclima urbano: Um estudo aplicado à cidade de Vitória, ES**. Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: <[http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/dissertacao\\_-\\_tatiana\\_c\\_xavier.pdf](http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/dissertacao_-_tatiana_c_xavier.pdf)>.
- CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C. **Espaços livres e qualidade de vida urbana**. Paisagem Ambiente Ensaios, n.11, p. 279-288, 1998.
- Campos, M. (2018). **O uso do ENVI-met na análise microclimática urbana : A praça Afonso Pena – Tijuca, RJ**. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (2018). **Mudanças climáticas : Riscos e oportunidades para o desenvolvimento do Brasil**. Disponível em: <<https://cebds.org/publicacoes/mudancas-climaticas-riscos-e-oportunidades-para-o-desenvolvimento-do-brasil/#.XIZ1DShKiUk>>. Acesso em: fev 2020.
- DIAS, F. **O desafio do espaço público nas cidades do século XXI**. Arquitectos, São Paulo, ano 06, n. 061.05, Vitruvius, jun. 2005 Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/06.061/453>>. Acesso em: 10 set 2019.
- ENVI\_MET, 2020. Disponível em: < <https://www.envi-met.com/> >. Acesso em: jan 2020.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY- EPA. **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies**. 2008. Disponível em: < <https://www.epa.gov/sites/production/files/2017->

05/documents/reducing\_urban\_heat\_islands\_ch\_1.pdf >. Acesso em: jan 2020.

Ferreira, D. G., Assis, E. S. De, & Katzschner, L. (2017). **Construção de um mapa climático analítico para a cidade de Belo Horizonte, Brasil**. Revista Brasileira de Gestão Urbana (*Brazilian Journal of Urban Management*), 9, 255–270.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo : Atlas, 2008.

GREENPEACE. Disponível em <http://https://www.greenpeace.org/brasil/blog/emergencia-climatica-palavra-do-ano-e-compromisso-do-greenpeace/> . Acesso em: mar 2020.

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Espírito Santo: IBGE 2020. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 mar 2020.

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: < <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-temperatura-normal-climatologica> >. Acesso em: fev 2020.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index> >. Acesso em: 10 dez 2019.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Land-climate interactions**. 131–248. Disponível em: < <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-2/>>. Acesso em: jan 2020.

\_\_\_\_\_. **Relatório especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) - Aquecimento Global de 1,5°C**. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/sr15/>>. Acesso em: fev 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7726 - **Ergonomics of the thermal environment: Instruments for measuring physical quantities**. 1998.

LIMA, V., & AMORIM, M. C. de C. T. (2006). **A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades**. *Revista Formação*, Nº13, p. 139 - 165 A, 43.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. **A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana**. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v. 10, n. 18, p. 264 - 272, 25 jul. 2014.

Maciel, C.R. (2014). **Condições microclimáticas de espaços abertos :simulação de estratégias por meiodo software ENVI-met.** Universidade Federal de Mato Grosso.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana.** 2 ed., Porto Alegre, RS: Editora Mais Quatro, 2005.

Melhado, A. R. (2013). **Arquitetura e Desenvolvimento Sustentável.** <http://proactiveconsultoria.com.br/2013/wp-content/uploads/2013/04/Arquitetura-e-Desenvolvimento-Sustentavel.pdf>

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

Minda, J. E. C. (2009). **Os Espaços Livres Públicos e o contexto local: o caso da praça principal de Pitalito - Huila - Colômbia.** Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4496/1/2009\\_JorgeEduardoCalderonMinda\\_orig.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4496/1/2009_JorgeEduardoCalderonMinda_orig.pdf)>.

Mora, M. A. R. (2009). **Indicadores de calidad de espacios públicos urbanos, para la vida ciudadana, en ciudades intermedias.** 53° Congreso Internacional de Americanistas, 21. Disponível em: <[http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/33817/indicadores\\_calidadespacio.pdf;jsessionid=2225A183361DFB562EC2E846400CBF38?sequence=1](http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/33817/indicadores_calidadespacio.pdf;jsessionid=2225A183361DFB562EC2E846400CBF38?sequence=1)>.

OKE, T. R. (2006). **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.** World Meteorological Organization Instruments, Report N.81, Instruments and observing methods.

ONU - Organização das Nações Unidas. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/mudanca-climatica/>>. Acesso em: jan 2020.

\_\_\_\_\_. **Agenda 2030.** 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: mar 2020.

Primavesi, O., Arzabe, C., & Pedreira, M. dos S. (2007). **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos.** Agosto, 2007. Disponível em: <[http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2007\\_Primavesi\\_et al\\_Mudancas\\_EMBRAPA\\_DE3os.pdf](http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2007_Primavesi_et al_Mudancas_EMBRAPA_DE3os.pdf)>.

RAMOS, L. L. A. ; JESUS, L. A. N. **Sistema de espaços livres de uso público: um estudo sobre o Grande Centro de Vila Velha.** VIRUS , v. 14, p. 1, 2017.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 384 p.

ROBBA, F.; MACEDO, S. **Praças brasileiras: public squares in Brazil**. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2010.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. Pro Editores. São Paulo, 2001.

\_\_\_\_\_. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Editora da Universidade de Brasília, 2007.

\_\_\_\_\_. (2011). **Correlação entre o microclima e a configuração do espaço residencial de Brasília**. Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, 5, 9–22. <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n5.2010.15488> .

Rossi, F. A., & Krüger, E. L. (2005). **Análise da variação de temperaturas locais em função das características de ocupação do solo em Curitiba**. RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise, 9 (10), 93–105. <https://doi.org/10.5380/raega.v10i0.3377>.

Rubira, F. G. (2016). **Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental**. Cuaderno de Geografía, 26(45), 134–150. <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2016v26n.45p.134>.

Shinzato, P. (2009). **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. Universidade de São Paulo.

U.S. Environmental Protection Agency. 2008. **Reducing urban heat islands: Compendium of strategies**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>>. Acesso em: 20 mar 2020.

Vasconcellos, V. M. N. de. (2006). **O entorno construído e o microclima de praças em cidades de clima tropical quente e úmido: uma contribuição metodológica para o projeto bioclimático**. In *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.