URBANISMO BIOCLIMÁTICO:

EFEITOS DO DESENHO URBANO NA SENSAÇÃO TÉRMICA

ARIELA BARBOSA
SÃO CARLOS, 2018

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO**

ARIELA BARBOSA

**URBANISMO BIOCLIMÁTICO: EFEITOS DO DESENHO URBANO NA
SENSAÇÃO TÉRMICA**

**SÃO CARLOS
2018**

ARIELA BARBOSA

(versão corrigida)

**URBANISMO BIOCLIMÁTICO: EFEITOS DO DESENHO URBANO NA
SENSAÇÃO TÉRMICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em Arquitetura e
Urbanismo.

Área de Concentração: Arquitetura, Urbanismo e
Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rosana Maria Caram.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Marta Adriana Bustos Romero

SÃO CARLOS

2018

AUTORIZO A REPRODUCAO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRONICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Arquitetura e Urbanismo
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

BAR698 Barbosa, Ariela
u Urbanismo Bioclimático: efeitos do desenho urbano
na sensação térmica / Ariela Barbosa; orientadora
Rosana Maria Caram; co-orientadora Romero Marta
Adriana Bustos. -- São Carlos, 2018.
329 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura, Urbanismo e
Tecnologia) -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo,
Universidade de São Paulo, 2018.

1. Compactação urbana. 2. Urbanismo Bioclimático.
3. Conforto Térmico. 4. Temperatura fisiológica
equivalente (PET). 5. ENVI-met. I. Caram, Rosana
Maria, orient. II. Marta Adriana Bustos, Romero, co
orient. III. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): Ariela Natasha Parrilha Barbosa

Título da tese: "Urbanismo Bioclimático: efeitos do desenho urbano na sensação térmica"

Data da defesa: 06/11/2017

Orientador: Profa. Dra. Rosana Maria Caram

Comissão Julgadora:

Resultado:

Profa. Dra. Rosana Maria Caram
(IAU/USP)

NÃO VOTANTE

Profa. Dra. Karin Maria Soares Chvatal
(IAU/USP)

Karin Maria Soares Chvatal

Profa. Dra. Luciana Bongiovanni Martins Schenk
(IAU/USP)

[Assinatura]

Prof. Dr. Paulo Fernando Soares
(UEM)

[Assinatura]

Profa. Dra. Carolina Lotufo Bueno Bartholomei
(UNESP)

Profa. Dra. Maria Solange Gurgel de Castro Fontes
(UNESP)

[Assinatura]

Coordenadora e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: Profa. Dra. **Cibele Saliba Rizek.**

*Ao único que digno de receber
a honra e a glória
a força e o poder
ao Rei eterno e imortal
invisível, mas real*

AGRADECIMENTOS

À profa. Dra. Rosana Maria Caram, pela orientação, conversas, confiança e constante apoio ao longo desses anos de pesquisa.

*À prof.^a Dr.^a Marta Adriana Bustos Romero, pela coorientação e incentivo;
Às professoras Carolina Lotufo Bueno Bartholomei e Maria Solange Gurgel de Castro
Fontes pelas sugestões e contribuições no exame de qualificação.*

Aos amigos que fiz na vida acadêmica, com quem compartilhe dúvidas, conversas e muitas horas de viagens de ônibus.

À minha família, principalmente a Neusa, Umberto, Marcelo, Luciana, Alana e Josie, pelo empréstimo dos computadores para a simulação.

Aos meus pais, Josie e Nivaldo, e a minha irmã, Alana, pelo carinho, apoio e torcida.

À Maria Cláudia, por estar comigo sempre, tornando alguns momentos muito mais fáceis.

E, principalmente, ao meu marido, Umberto, pela revisão cuidadosa dos textos e por dividir todos os momentos sempre.

Por conseguinte, mesmo quando os homens não precisam de ajuda mútua, ainda assim têm o desenho de viver junto; eles são levados a se associar por seus interesses em comum à proporção que conseguem alguma medida de bem-estar.

Aristóteles (Política)

RESUMO

BARBOSA, Ariela. **Urbanismo bioclimático: efeitos do desenho urbano na sensação térmica**. 2017. 329 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

A presente pesquisa trata da influência da verticalização na sensação térmica urbana, dentro de um contexto de diretrizes de compactação das cidades, aplicada à cidade de Maringá / PR, cujo clima é subtropical úmido. Pretende avaliar se o aumento do gabarito dos edifícios da região apontada, realizado de modo a respeitar o parcelamento e o uso e ocupação do solo, interfere no conforto térmico urbano, mediante a verificação do índice de temperatura fisiológica equivalente (PET). Seu desenvolvimento é realizado com base na análise de resultados obtidos por meio de ferramentas computacionais, especialmente o software ENVI-met, seguindo as seguintes etapas: 1. Histórico Urbanístico, em que se avalia o plano inicial da cidade e o seu perfil atual; 2. Caracterização Climática, na qual se elabora o arquivo climático do município, sua carta de ventos, bem como todos os tratamentos necessários para a aplicação do software; 3. Modelagem e Simulação, em que se define e constrói os cenários, para posterior simulação; 4. Avaliação Ambiental, em que se analisa a sensação térmica dos resultados da simulação. Por fim, mediante a avaliação dos resultados obtidos, demonstra-se que a verticalização, em climas subtropicais úmidos, pode ser utilizada como atenuação da sensação térmica.

PALAVRAS-CHAVE: Compactação urbana. Urbanismo Bioclimático. Conforto Térmico. Temperatura fisiológica equivalente (PET). ENVI-met. Arquivo climático.

ABSTRACT

BARBOSA, Ariela. **Bioclimatic urbanism: effects of urban design on thermal sensation**. 2017. 329 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

This research deals with the influence of verticalization on urban thermal sensation, within a context of city compaction guidelines, applied to the city of Maringá / PR, whose climate is humid subtropical. The objective of this study is to evaluate whether the increase in the model of the buildings in the mentioned region, in order to respect the parceling and the use and occupation of the soil, interferes with the urban thermal comfort by checking the equivalent Physiological Temperature Index (PET). Its development will be carried out based on the analysis of results obtained through computational tools, especially the ENVI-met software, following the following steps: 1. Urban History, in which the initial plan of the city and its current profile will be evaluated; 2. Climatic Characterization, in which the climatic archive of the municipality, its chart of winds, as well as all the necessary treatments for the application of the software will be elaborated; 3. Modeling and Simulation, in which the scenarios will be defined and constructed, for later simulation; 4. Environmental Assessment, in which the thermal sensation of the results of the simulation will be analyzed. Finally, by means of the evaluation of the obtained results, it will be shown that the verticalization, in humid subtropical climates, can be used as attenuation of the thermal sensation.

KEY-WORDS: Urban compact; Urban Bioclimatic; Thermal confort; Physiological Equivalent Temperature (PET); ENVI-met; File climatic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico do crescimento global da população urbana impulsionado pelo crescimento das cidades de todos os tamanhos.....	25
Figura 2 – Custos da infraestrutura per capita nas diferentes densidades.....	26
Figura 3 – Comparativo de densidades urbanas líquidas numa área de 1 ha em distintas formas edificadas numa área urbanizada	27
Figura 4 – Imagens das cidades: São Paulo, Brasília, Maringá e Paranavaí	28
Figura 5 – Fluxograma da metodologia da pesquisa.....	32
Figura 6 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para a Caracterização Climática.....	32
Figura 7 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para a Caracterização Climática.....	33
Figura 8 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para a simulação.....	36
Figura 9 – Fluxograma de procedimentos metodológicos da construção e avaliação dos parâmetros	38
Figura 10 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para a Avaliação	42
Figura 11 – Estrutura da Pesquisa	46
Figura 12 – Desenho das cidades antigas	52
Figura 13 – Planejamento das igrejas de Roma.....	53
Figura 14 – Desenho conceito da Cidade Jardim proposta por Ebenezer Howard ...	55
Figura 15 – Diagrama da Cidades Jardim	56
Figura 16 – Seção da Cidade Jardim	56
Figura 17 – Malha retangular da Cidade Contemporânea	61
Figura 18 – Plano de Voisin 1925	62
Figura 19 – Diagrama unidade de vizinhança de Clarence Perry	63
Figura 20 – Plano de Radburn	65
Figura 21 – Plano de Londres	67
Figura 22 – Transecto urbano	71
Figura 23 – Tipologias das zonas do transecto	72

Figura 24 - Urbanismo em três níveis	73
Figura 25 - Esquema de superquadras	75
Figura 26 – Diagrama dos três planos do Urbanismo Ecológico.....	76
Figura 27 – Diagrama dos três planos do Urbanismo Ecológico.....	77
Figura 28 – Diagrama mostrando a hierarquia do sistema de em Lu Zia Sui (Xangai)	77
Figura 29 – Vista do Parque do Ingá da cidade de Maringá	82
Figura 30 – Esquema básico do plano urbanístico.....	85
Figura 31 – Anteprojeto da cidade de Maringá	85
Figura 32 – Eixo monumental de Maringá.....	87
Figura 33 – Polarização	87
Figura 34 – Traçado da cidade de Maringá.....	88
Figura 35 – Zoneamento da planta original de Maringá.....	90
Figura 36 – Planta Esquemática de Maringá com loteamentos Populares – 1960 ...	91
Figura 37 – Planta Esquemática de Maringá – Segundo o padrão econômico – 1967	91
Figura 38 – Evolução populacional de Maringá.....	92
Figura 39 – Evolução da malha urbana 1947 – 2014.....	92
Figura 40 – Evolução das faixas de hiato urbanas em Maringá	93
Figura 41 – Evolução das faixas de hiato urbanas em Maringá	94
Figura 42 – Imóveis notificados para o PEUC na 1ª e 2ª etapas	95
Figura 43 – Eixo viário e zoneamento urbano	96
Figura 44 – Habitantes por hectares	97
Figura 45 – Rendimento do responsável do domicílio.....	98
Figura 46 – Relevo e vegetação de Maringá.....	99
Figura 47 – Evolução do PIB.....	101
Figura 48 – Produto interno bruto (valor adicionado)	102
Figura 49 – Característica da população.....	102
Figura 50 – Pirâmide etária da população – distribuição por sexo e idade	103

Figura 51 - Variação diurna e noturna da temperatura superficial e atmosférica	111
Figura 52 – Diagrama de obstrução e fator de visão do céu visível	112
Figura 53 – Efeito térmico da vegetação	115
Figura 54 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para o dia típico de projeto	121
Figura 55 – Esquema de referência para os arquivos de extensão .csv.	122
Figura 56 – Cabeçalho presente nos arquivos climáticos de formato epw.....	123
Figura 57 – Formato do TRY.....	123
Figura 58 – Classificação climática do Brasil de acordo com o critério de Koppen (1936).....	124
Figura 59 – Classificação climática do Brasil de acordo com o critério de Thornthwaite.....	125
Figura 60 – Mapa dos climas do Brasil	126
Figura 61 – Zoneamento bioclimático brasileiro	127
Figura 62 – Carta Bioclimática adotada para o Brasil	128
Figura 63 – Carta Bioclimática de Maringá	130
Figura 64 – Carta Bioclimática de Maringá pelas estações do ano (Inverno/Outono/Verão/Primavera)	130
Figura 65 – Temperaturas médias diárias de janeiro de 2007 até dezembro de 2016	132
Figura 66 – Histograma por faixa de temperaturas	132
Figura 67 – Recorte da tabela de procedimento de cálculo das temperaturas médias mensais.....	133
Figura 68 – Recorte da tabela de procedimento de cálculo das temperaturas médias mensais diárias	134
Figura 69 – Dias com horários nulos no período de análise 2007-2016	138
Figura 70 – Importação dos dados de ventilação.....	148
Figura 71 – Configuração dos dados geográficos	148
Figura 72 – Ventos predominantes para os dias típicos de inverno	149

Figura 73 – Ventos predominantes para os dias típicos de verão.....	149
Figura 74 - Regressão linear da Umidade Específica por altitudes do dia 04 de Janeiro de 2012.....	152
Figura 75 – Modelo de Simulação.....	162
Figura 76 – Layout básico do modelo ENVI-met.....	163
Figura 77 – Fluxograma ENVI-met.....	164
Figura 78 – Organização dos arquivos no aplicativo Manage Workspace	165
Figura 79 – Organização dos arquivos no aplicativo Manage Database.....	166
Figura 80 – Cálculo do Índice de Área Foliar	167
Figura 81 – Configuração da vegetação arbórea em 3D no aplicativo Albero	167
Figura 82 – Configuração inicial da modelagem	168
Figura 83 – Modelagem do cenário no aplicativo SPACES	169
Figura 84 – Configuração climática no aplicativo ConfigWizard.....	170
Figura 85 – Simulação do aplicativo ENVI-met (Core)	171
Figura 86 – Simulação do aplicativo ENVI-met (Core)	172
Figura 87 – Simulação do aplicativo Leonardo	173
Figura 88 – Parâmetros de Avaliação da pesquisa	176
Figura 89 – Diagrama do Bairro Modelo	177
Figura 90 – Zoneamento do bairro modelo	179
Figura 91 – Unidade do Bairro	180
Figura 92 – Dimensão da Unidade de Bairro para a modelagem.....	181
Figura 93 – Dimensão da Unidade de Bairro para a Modelagem.....	182
Figura 94 – Dimensões das Quadras.....	183
Figura 95 – Dimensão da Unidade de Bairro para a Modelagem.....	184
Figura 96 – Modelos de padrões de calçadas da cidade de Maringá	185
Figura 97 – Perfil de Vias Locais.....	186
Figura 98 – Perfil de Vias Conectoras ou Coletoras.....	187
Figura 99 – Perfil de Vias Coletoras ou Arteriais.....	188
Figura 100 – Parâmetro urbanístico de fruição pública	189

Figura 101 – Tipologia dos edifícios comerciais.....	190
Figura 102 – Tipologia dos edifícios residenciais	190
Figura 103 – Parâmetro urbanístico de uso misto.....	191
Figura 104 – Tipologia dos edifícios mistos	192
Figura 105 – Parâmetro urbanístico de uso misto.....	192
Figura 106 – Tipologia dos edifícios mistos	193
Figura 107 – Cenários dos Parâmetros de Avaliação	194
Figura 108 – Cenários dos Parâmetros de Avaliação	194
Figura 109 – Cenários dos Parâmetros de Avaliação	195
Figura 110 – Configuração inicial da modelagem	195
Figura 111 – Configuração inicial da modelagem	196
Figura 112 – Volumetria da simulação Altura.....	197
Figura 113 – Cenários da simulação Altura.....	198
Figura 114 – Edifícios e materiais para a simulação	199
Figura 115 – Cenários da simulação Orientação Quente/Frio.....	200
Figura 116 – Volumetria da simulação Alinhamento	201
Figura 117 – Cenários da simulação Orientação Quente/Frio.....	201
Figura 118 – Volumetria da simulação Recuos	203
Figura 119 – Cenários da simulação Recuos Quente/Frio	204
Figura 120 – Volumetria da simulação Permeabilidade	205
Figura 121 – Cenários da simulação de Área Permeável	206
Figura 122 – Cenários da simulação de Gramíneas	207
Figura 123 – Volumetria da simulação Gramíneas	208
Figura 124 – Volumetria da simulação Vegetação Arbórea	208
Figura 125 – Cenários da simulação de Vegetação Arbórea	209
Figura 126 – DAF da árvore Jacarandá	210
Figura 127 – DAF da árvore Oiti.....	211
Figura 128 – Volumetria da simulação Áreas Verdes	211

Figura 129 – Cenários da simulação de Áreas Verdes	212
Figura 130 – Dados climáticos de entrada no aplicativo ConfigWizard.....	213
Figura 131 – Fluxograma das Simulações por parâmetro.....	214
Figura 132 – Fluxograma das diretrizes urbanas bioclimáticas para climas tropicais	224
Figura 133 – Diagrama dos quatro eixos do modelo da cidade sustentável	242
Figura 134 – etapas de avaliação do BREEAM Communities	246
Figura 135 – Diagrama dos quatro eixos do modelo da cidade sustentável	260
Figura 136 – Indicadores do tema Ambientes e Espaços Públicos.....	261
Figura 137 - PMV e PPD.....	263
Figura 138 – Dados climáticos de entrada no aplicativo ConfigWizard.....	267
Figura 139– Diagrama da Simulação do Parâmetro Altura para os Dias Frios	268
Figura 140– Diagrama da Simulação do Parâmetro Altura para os Dias Frios	269
Figura 141– Escala das legendas dos gráficos de índice PET	270
Figura 142– Diagrama da Simulação do Parâmetro Altura para os Dias Frios	270
Figura 143– Diagrama da Simulação do Parâmetro Altura para os Dias Frios	272
Figura 144– Diagrama da Simulação do Parâmetro Altura para os Dias Quentes..	273
Figura 145– Diagrama da Simulação do Parâmetro Orientação para os Dias Frios	276
Figura 146– Diagrama da Simulação do Parâmetro Orientação para os Dias Quentes	277
Figura 147– Diagrama da Simulação do Parâmetro Alinhamento para os Dias Frios	280
Figura 148– Diagrama da Simulação do Parâmetro Alinhamento para os Dias Quentes.....	281
Figura 149– Diagrama da Simulação do Parâmetro Recuos para os Dias Frios	284
Figura 150– Diagrama da Simulação do Parâmetro Recuos para os Dias Quentes	285

Figura 151– Diagrama da Simulação do Parâmetro Permeabilidade para os Dias Frios	289
Figura 152– Diagrama da Simulação do Parâmetro Permeabilidade para os Dias Quentes.....	290
Figura 153– Diagrama da Simulação do Parâmetro Gramíneas para os Dias Frios	293
Figura 154– Diagrama da Simulação do Parâmetro Gramíneas para os Dias Quentes.....	294
Figura 155– Diagrama da Simulação do Parâmetro Vegetação Arbórea para os Dias Frios	297
Figura 156– Diagrama da Simulação do Parâmetro Vegetação Arbórea para os Dias Quentes.....	298
Figura 157– Diagrama da Simulação do Parâmetro Áreas Verdes para os Dias Frios	301
Figura 158– Diagrama da Simulação do Parâmetro Áreas Verdes para os Dias Quentes.....	302
Figura 159 – Comparação das notas classificatórias	305
Figura 160 – Avaliação de conforto para os Dias Frios às 08h00min	306
Figura 161 – Avaliação de conforto para os Dias Frios às 12h00min	306
Figura 162 – Avaliação PET para os Dias Frios às 18h00min	307
Figura 163 – Avaliação PET para os Dias Quentes às 8h00min.....	308
Figura 164 – Avaliação PET para os Dias Quentes às 12h00min.....	308
Figura 165 – Avaliação PET para os Dias Quentes às 18h00min.....	309
Figura 166 – Avaliação das temperaturas limítrofes	310
Figura 167 – Avaliação da amplitude PET	312

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação considerando 29,1%,149 milhões de km ² , de superfície para cidades.....	28
Tabela 2 – Avaliação considerando 25%, 111.75 milhões km ² , de superfície para cidades.....	28
Tabela 3 – Exemplo de Avaliação de um Parâmetro	44
Tabela 4 – Exemplo de Avaliação Final de um Parâmetro.....	45
Tabela 5 – Método das escalas de análise	79
Tabela 6 – Frequência em Porcentagem (F) das 10 principais espécies arbóreas encontradas.....	100
Tabela 7 – Diâmetro a altura do peito média (DAP); Altura total média (HT), Diâmetro de copa médio (DCOPA) e Altura da primeira bifurcação (HB) 10 principais espécies arbóreas encontradas	100
Tabela 8 – Instituições de Ensino superior em Maringá.....	103
Tabela 9 – Escalas climáticas nas áreas urbanas.....	107
Tabela 10 – Matriz de interação entre o meio natural e o meio urbano	110
Tabela 11 – Efeitos aerodinâmicos do vento	114
Tabela 12 – Sombra de vento	114
Tabela 11 – Comparação entre as classificações climáticas do Brasil	129
Tabela 12 – Distribuição dos dias quentes.....	131
Tabela 13 – Distribuição dos dias frios.....	135
Tabela 14 – Distribuição dos dias quentes.....	135
Tabela 15 – Análise dos Dias Frios.....	135
Tabela 16 – Análise dos Dias Quentes	136
Tabela 17 – Análise dos Dias Frios.....	139
Tabela 18 – Análise dos Dias Quentes	140
Tabela 19 – Temperatura do ar dos dias típicos de inverno a 10%	141
Tabela 20 – Umidade Relativa do ar dos dias típicos de inverno a 10%.....	141
Tabela 21 – Velocidade dos ventos dos dias típicos de inverno a 10%	142

Tabela 22 – Direção dos ventos dos dias típicos de verão a 10%	142
Tabela 23 – Nebulosidade dos dias típicos de inverno a 10%	143
Tabela 24 – Radiação global dos dias típicos de inverno a 10%	143
Tabela 25 – Temperatura do Ar dos dias típicos de verão a 10%.....	144
Tabela 26 – Umidade Relativa do ar dos dias típicos de verão a 10%	144
Tabela 27 – Velocidade dos ventos dos dias típicos de verão a 10%.....	145
Tabela 28 – Direção dos ventos dos dias típicos de verão a 10%	145
Tabela 29 – Nebulosidade do Ar dos dias típicos de verão a 10%	146
Tabela 30 – Radiação Global do Ar dos dias típicos de verão a 10%.....	146
Tabela 31 – Recorte tabela utilizada para os Dias Frios	147
Tabela 32 – Recorte tabela utilizada para os Dias Quentes	147
Tabela 33 – Radiação global calculada dos dias típicos de inverno a 10%	150
Tabela 34 – Radiação global calculada dos dias típicos de verão a 10%	151
Tabela 35 – Seleção das alturas e umidades do dia 04 de Janeiro de 2012	152
Tabela 36 – Umidade específica em 2500 m dos dias típicos de verão a 10%	153
Tabela 37 – Umidade específica em 2500 m dos dias típicos de inverno a 10%....	154
Tabela 37 – Programas de análise de conforto térmico	157
Tabela 38 – Dados de entrada do modelo de Dias Quentes.....	215
Tabela 39 – Dados de entrada do modelo de Dias Frios	216
Tabela 40 – Critérios para a escolha do sítio em climas tropicais.....	224
Tabela 41 – Critérios para a morfologia do tecido urbano em climas tropicais	226
Tabela 42 – Critérios para zonas verdes em climas tropicais	231
Tabela 43 – Critérios para a mobilidade urbana em climas tropicais	233
Tabela 44 – Dados de entrada do modelo de Dias Frios	236
Tabela 45 - Indicadores de Urbanismo Ecológico	243
Tabela 46 – Créditos e pré-requisitos do tema Desenho de Bairro do LEED para Desenvolvimento do Bairro	247
Tabela 44 – Escala de estresse do UTCI	264
Tabela 47 – Escala para o índice de conforto PET	265

Tabela 44 – Modelos preditivos, índices e respectivas variáveis para simulação computacional	266
Tabela 47 – Escala para o índice de conforto PET para ambientes externos	269
Tabela 48 – Avaliação do Parâmetro Altura	274
Tabela 49 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Alinhamento	275
Tabela 50 – Avaliação Final do Parâmetro Altura	275
Tabela 51 – Avaliação do Parâmetro Orientação	278
Tabela 52 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Orientação	279
Tabela 53 – Avaliação Final do Parâmetro Orientação	279
Tabela 54 – Avaliação do Parâmetro Alinhamento	282
Tabela 55 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Alinhamento	283
Tabela 56 – Avaliação Final do Parâmetro Alinhamento	283
Tabela 57 – Avaliação do Parâmetro Recuos	286
Tabela 58 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Recuos	287
Tabela 59 – Avaliação Final do Parâmetro Recuos	287
Tabela 60 – Avaliação do Parâmetro Permeabilidade	291
Tabela 61 – Avaliação Final do Parâmetro Permeabilidade	291
Tabela 62 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Permeabilidade	292
Tabela 63 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Gramíneas	294
Tabela 64 – Avaliação Final do Parâmetro Gramíneas	295
Tabela 65 – Avaliação do Parâmetro Gramíneas	295
Tabela 66 – Avaliação do Parâmetro Vegetação Arbórea	299
Tabela 67 – Valores limítrofes do PET da Vegetação Arbórea	300
Tabela 68 – Avaliação Final do Parâmetro Gramíneas Erro! Indicador não definido.	
Tabela 69 – Avaliação do Parâmetro Áreas Verdes	303
Tabela 70 – Valores limítrofes do PET das Áreas Verdes	304
Tabela 71 – Avaliação Final do Parâmetro Áreas Verdes	304

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
I CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	21
II JUSTIFICATIVA.....	24
III HIPÓTESE	29
IV OBJETIVOS	29
V METODOLOGIA MODELO.....	30
VI ESTRUTURA DO TRABALHO	45

ANTECEDENTES URBANÍSTICOS	49
1.1 MODELO DE CIDADES	50
1.1.1 Cidades Modernas	54
1.1.2 Cidades Contemporâneas.....	69
1.2 A CIDADE DE MARINGÁ.....	82
1.2.1 Plano Inicial de Maringá	84
1.2.2 Perfil da cidade de Maringá	91

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	106
2.1 CONFORTO TÉRMICO NO MEIO URBANO.....	107
2.1.1 Morfologia Urbana e Ilhas de Calor	109
2.1.2 Ventilação no Meio Urbano.....	113
2.1.3 Vegetação	115

2.2 DADOS CLIMÁTICOS	116
2.2.1 Arquivos Climáticos	118
2.2.2 Formatação	121

2.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE MARINGÁ	124
2.3.1 Arquivo Climático.....	133
2.3.2 Carta dos Ventos.....	147
2.3.3 Tratamento de dados	150

3.1 PROGRAMAS PARA ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO	156
3.1.1 ENVI-MET	161
3.1.1.1 Base de dados	165
3.1.1.2 Modelagem	168
3.1.1.3 Configuração Climática	169
3.1.1.4 Processamento	171
3.1.1.5 Pós-processamento.....	171
3.1.1.6 Visualização.....	173

3.2 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE MARINGÁ	175
3.3.1 Diretrizes Iniciais.....	177
3.3.1.1 Quadra	182
3.3.1.2 Terrenos	183
3.3.1.1 Vias.....	184
3.3.1.1 Tipologias de edifícios.....	188
3.3.2 Construção e Modelagem.....	193
3.3.2.1 Altura	196
3.3.2.2 Orientação	199
3.3.2.3 Alinhamento	200
3.3.2.4 Recuos.....	203
3.3.2.5 Taxa de Permeabilidade.....	205
3.3.2.6 Gramíneas	207
3.3.2.7 Vegetação Arbórea	208
3.3.2.8 Áreas Verdes	211
3.3.3 Simulação.....	213

4.1 MODELOS DE AVALIAÇÃO	220
4.1.1 Diretrizes Bioclimáticas Urbanas	221
4.1.2 Indicadores de Conforto	234
4.1.3 Selos Ambientais.....	244
4.1.4 Índices de Conforto Térmico	262
4.2 AVALIAÇÃO DA CIDADE DE MARINGÁ.....	267
4.2.1 Avaliação por Parâmetro	268
4.2.1.1 Altura	271
4.2.1.2 Orientação	275
4.2.1.3 Alinhamento	279
4.2.1.4 Recuos.....	283
4.2.1.5 Taxa de Permeabilidade.....	288
4.2.1.6 Gramíneas	292
4.2.1.7 Vegetação Arbórea	296
4.2.1.8 Áreas Verdes	300
4.2.8 Avaliação Final	304
 CONCLUSÕES	 311
 REFERÊNCIAS.....	 315

INTRODUÇÃO

I CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

Desde o início da formação das cidades, as atividades humanas vêm provocando um grande impacto ambiental. Isso se agravou após a revolução industrial, com o aumento populacional e a explosão da urbanização, em que as cidades passaram a ser superpopulosas com baixos índices de qualidade de vida. Os problemas de infraestrutura, saneamento e higiene, acarretados pelas mudanças dessa revolução, fez com que planejadores buscassem soluções para reformas urbanas.

Aplicar políticas de planejamento, com a realização de análises da programação futura e de sua integração com as dinâmicas urbanas, é de fundamental importância para garantir uma melhor condição de vida para todos. Em vista disso, o estudo do planejamento e do urbanismo torna-se necessário para que a cidade, avaliada de modo integral, com suas diversas variáveis, possa ser melhor planejada, organizada e construída.

O planejamento urbano é a principal ação coordenadora do desenvolvimento da cidade. Ele é pautado no reconhecimento de uma realidade e na definição de ações para reverter aspectos negativos e preservar os aspectos positivos do cenário da urbe, analisada como um todo. A Disciplina Urbanismo é um dos instrumentos de materialização do planejamento urbano, e se estende para além da verificação da realidade deste espaço e suas manifestações atuais, pois trabalha, permite e se preocupa, também, com a projeção, organização e gerenciamento da cidade para o futuro.

A busca por soluções que gerassem conforto foi um dos nortes que direcionou o planejamento de diversos ambientes urbanos, que não possuíam

qualidade climática adequada. Sendo assim, no decorrer da evolução das cidades, sempre houve registros da busca pela mitigação das adversidades climáticas. Diversos autores apontam que a maior parte dos problemas urbanos está relacionada à falta de atenção para com o meio ambiente (GIVONI, 1976; OLGAY, 1998; MONTEIRO, 2008; KOENIGSBERGER et al., 1977; OKE, 1987; SPIRN, 1995; FERREIRA, 1965; LYNCH, 1995; LOMBARDO, 1985; AYODE, 1993; LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2013; ROMERO, 2001).

As cidades degradam e destroem os recursos geológicos locais, por meio das constantes modificações territoriais, podendo ocasionar diversos problemas urbanos, como deslizamentos de terra, exploração inadequada de recursos minerais, contaminação do solo, enchentes (causadoras de muitos desastres e custos intensos aos governos) e poluição das águas (representando um sério risco à saúde dos moradores).

Também ligadas ao planejamento, as atividades humanas, a densidade da forma urbana, os materiais que a cidade é construída, o padrão de assentamento, os sistemas de drenagem, entre outros, em conjunto, que fazem parte do regime hídrico urbano, ocasionam a contaminação dos mananciais de águas, a ocorrência de enchentes, etc., constituindo verdadeiras ameaças à saúde e segurança dos habitantes.

Deve-se ter em vista, que a cidade está inserida dentro de um contexto natural, por isso deve ser construída e planejada de forma a se integrar ao ecossistema existente. A busca pela adequada adaptação da cidade à natureza tem sido evidente através de milênios. Com destaque para os pesquisadores Olgyay e Givoni, com as cartas bioclimáticas com estratégias de adequação ao clima e Ebenezer Howard e Raymond Unwin, com as Cidades-Jardins, apresentando ambientes que possuíam a integração cidade e meio ambiente.

A ecologia da cidade determina a variação das espécies que se pode acomodar em determinada urbe, assim, um plano de melhorar o hábitat pode aumentar a quantidade de diversidade da vida selvagem desejável, diminuir o domínio de algumas espécies nocivas, bem como minimizar os conflitos entre as atividades humanas e a vida selvagem.

Dessa maneira, a forma da cidade, sem planejamento, pode resultar, conforme acima mencionado, em diversos efeitos deletérios nos mais variados

aspectos, inclusive e, principalmente, no conforto térmico. Preocupação com os ventos, sol, materiais de superfície, emissões de poluentes nas cidades, bem como projetos de ruas, parques e praças, e todo o planejamento de zoneamento, pautados nas condições climáticas locais, podem garantir melhoras na qualidade do ar e na sensação térmica urbana, evitando-se ou, ao menos, amenizando-se, por exemplo, a formação de ilhas de calor.

O grande desafio das cidades contemporâneas é o crescimento e o desenvolvimento urbano que proporcionem qualidade ambiental e de vida para seus moradores. Para propiciar ambientes confortáveis, saudáveis e seguros, favorecendo o emprego de espaços exteriores, deve-se trabalhar a relação do ambiente construído com as condições climáticas.

Deve-se apontar, contudo, que apesar da crescente preocupação com o planejamento urbano, as cidades ainda enfrentam diversos problemas decorrentes do inevitável inchaço populacional. Algumas reformas e projetos urbanos, embora visando promover adequações, quando de sua aplicação, acabaram por criar distorções nas cidades. Pode-se citar, por exemplo, que os princípios da cidade-jardim foram deturpados para o subúrbio-jardim e a Carta de Atenas acabou por privilegiar o uso do automóvel, a dispersão das cidades e a segregação social.

Neste ponto, é importante ressaltar que essa mencionada dispersão das cidades colaborou (e ainda colabora) para o aumento de problemas ambientais, em razão da intensa alteração da paisagem natural, decorrente do assentamento e maior extensão da cidade, o que gerou crescente uso de recursos naturais e do consumo de energia, alto custo de infraestrutura urbana, uso intenso do transporte, entre outros.

Nesse sentido, diversos autores, tais como Roger (2001), Acsehrad (1999; 2009); Rueda (2006; 2012); Glaeser (2011) e Chakrabarti (2013), defendem a compactação das cidades, por meio do dimensionamento adequado da malha urbana, com a redução do uso construtivo da ocupação do solo e dos espaços abertos, além da diminuição de trajetos de caminhada, com o objetivo de estimular a relação do homem com o ambiente, permitindo uma maior existência do senso do lugar por meio da percepção da paisagem urbana.

Esse padrão de adensamento também precisa de estratégias ecológicas para não causar maiores impactos ao ecossistema, como aproveitamento e reuso de

água, infraestrutura verde, grandes manchas florestadas, baixas taxas de impermeabilidade do solo, implantação e recuos adequados entre edifícios, incentivo de energias renováveis, reciclagem de resíduos entre outros.

II JUSTIFICATIVA

Atualmente, mais da metade da população mundial vive em cidades. Esta população, em 2013, já somava 7,2 bilhões de pessoas e poderá chegar a 9,3 bilhões em 2050. Um acréscimo de 50% que deverá ocorrer, principalmente, nos países em desenvolvimento, que concentrarão, neste último ano, 85% da população mundial (UNITED NATIONS, 2013).

O planeta passou por um processo de urbanização acelerada nas últimas seis décadas. Em 1950, 70% da população mundial era rural, contra menos 30% urbana (746 milhões). Em 2014, a população urbana passou para 54% (3,9 bilhões), e, em 2050, estima-se que representará 66% (aproximadamente 6 bilhões), quase o inverso da distribuição da população rural-urbana global de meados do século XX. No Brasil e nos países da América do Sul, ocorrerá uma taxa de urbanização de 90% em 2020 (ONU-Habitat, 2012).

Esse aumento populacional modificou e vem modificando as características das cidades. A grande procura da população por morar em grandes centros causa o inchaço das cidades, gerando a aceleração do fenômeno das “megacidades”. O termo “megacidade” surgiu na década de 1990, quando especialistas da ONU notaram que algumas cidades passavam por um rápido processo de urbanização, em especial nos países subdesenvolvidos. Diante disso, o termo caracteriza cidades que sediam uma aglomeração urbana com dez milhões de habitantes ou mais.

Em 2014, o planeta contava com 28 megacidades, concentrando 453 milhões de habitantes, cerca de 12% da população urbana, e em 2030 estima-se que haverá 41 megacidades. A evolução das cidades, de 1990 para 2014, e a previsão para 2030 (fig. 1), demonstra que a urbanização está ocorrendo, com maior ênfase, em grandes cidades (maiores que 500 mil habitantes), ilustrando a concentração populacional em grandes centros.

Figura 1 – Gráfico do crescimento global da população urbana impulsionado pelo crescimento das cidades de todos os tamanhos

Global urban population growth is propelled by the growth of cities of all sizes

Fonte: United Nations (2014).

Apesar de os grandes centros concentrarem altos índices de exclusão urbana, as pessoas continuam buscando as cidades à procura de melhor qualidade de vida, e normalmente a conseguem, mesmo vivendo em guetos ou favelas. Isso, pois, apesar de viverem em condições precárias, conseguem melhores oportunidades, já que mais da metade do produto interno bruto dos países deriva das atividades econômicas urbanas (LEITE, AWAD, 2012).

Essa busca por viver em grandes centros resulta na criação de habitações em regiões afastadas, sendo que, por vezes, sem condições de assentamentos, onde os terrenos são mais baratos, gerando grandes vazios urbanos em regiões centrais. Essas habitações tendem a ocupar o limite máximo do terreno, a exemplo da implantação de casas geminadas nos lotes com áreas mínimas permitidas, com o objetivo de extrair o máximo de renda por m² do lote.

Essa ocupação horizontal periférica revela-se, por vezes, antieconômica aos municípios, pois aumentam o custo de infraestrutura básica de suporte (iluminação, saneamento, equipamentos comunitários, vias, etc.) e da infraestrutura necessária para a ligação da área com o restante da cidade (vias de ligação, transporte público, etc.).

Os custos da infraestrutura diminuem à medida que as densidades aumentam, pois ocupam menores proporções territoriais, diminuindo as distâncias, a exemplo (fig. 2) do custo de infraestruturas de transportes de massas, água e energia, que são compensados em ambientes densos, revelando-se investimentos “viáveis” as áreas maiores que 40 unidades habitacionais por acre.

Figura 2 – Custos da infraestrutura per capita nas diferentes densidades

Fonte: Chakrabarti (2013).

Além de diminuir os custos com a infraestrutura, as morfologias urbanas que equacionem a densidade com as áreas livres, também contribuem para qualidades espaciais, tais como espaços públicos, praças, diminuição de vias, fruição pública, entre outros. Como exemplo (fig. 3), o modelo A (geminado), B e C demonstram as variações formais para uma mesma densidade (765 unidades habitacionais com média de 260 hab/ha), e o modelo D para densidades maiores (150 unidades habitacionais com 510 hab/ha).

Visto que as pesquisas e projeções apontam que mais de 50% das cidades existentes, em 2030, serão com populações maiores que 500 mil habitantes, acredita-se que é necessário, emergencialmente, reestruturar o planejamento das urbes. Para ilustrar essa emergência, calcula-se, superficialmente, como ficaria a superfície terrestre se fosse alojado os 9,3 bilhões de habitantes, previstos para 2050, de quatro formas distintas. Para isso, é considerada a área da superfície terrestre, total de 510 milhões de km², avaliando que 70,9% dessa área, 361 milhões de km², é ocupada por água e 29,1%, 149 milhões de km², é formada por terras habitadas.

A partir disto, são realizadas duas hipóteses: 1. Considerando que toda a superfície formada por terra mostre-se passível de implantação de cidades - 29,1%, ou seja, 149 milhões de km² de superfície; 2. Considerando que somente a

superfície não montanhosa revele-se passível de implantação de cidades - as montanhas cobrem cerca de 25%, 37.25 milhões km², o que totalizaria 111.75 milhões km² de superfície.

Figura 3 – Comparativo de densidades urbanas líquidas numa área de 1 ha em distintas formas edificadas numa área urbanizada

Fonte: Silva et al (2016).

Essas duas hipóteses são aplicadas em quatro cidades diferentes, sendo (fig. 4): 1. São Paulo (SP) – severamente populosa e verticalizada; 2. Brasília (DF) – populosa, dispersa e horizontal; 3. Maringá (PR) – pouco populosa e mista (exemplo de cidade jardim); 4. Paranavaí (PR) – baixa população, dispersa e horizontal (características de cidades pouco densas).

Assim, será considerado a porcentagem que seria ocupada da superfície terrestre, se toda a população, prevista para 2050, fosse urbana e morasse em cidades com as características arroladas. Com isso, para a hipótese 1 chega-se aos resultados (tabela 1): Se toda a população morasse em cidades como São Paulo a área urbana ocuparia 0,8% da superfície terrestre; como Brasília ocuparia 13% da superfície; como Maringá ocuparia 8% da superfície; e como Paranavaí ocuparia 89% da superfície. E para a hipótese 2 chega-se aos resultados (tabela 2): Se toda a

população morasse em cidades como São Paulo a área urbana ocuparia 1% da superfície terrestre; como Brasília ocuparia 18% da superfície; como Maringá ocuparia 11% da superfície; e Paranavaí, além de ocupar toda a superfície terrestre, faltaria 18% de superfície para abrigar os habitantes.

Figura 4 – Imagens das cidades: São Paulo, Brasília, Maringá e Paranavaí

Tabela 1 – Avaliação considerando 29,1%, 149 milhões de km², de superfície para cidades

CIDADE	POPULAÇÃO	ÁREA (KM ²)	DENSIDADE (HAB/KM ²)	PREVISÃO 2050
•São Paulo	•11.253.503	•1.521,110	•7.398,26	•0,8% da sup.
•Brasília	•2.570.160	•5.779,999	•444,66	•13% da sup.
•Maringá	•357.077	•487,052	•733,14	•8% da sup.
•Paranavaí	•81.590	•1.202,266	•67,86	•89% da sup.

Tabela 2 – Avaliação considerando 25%, 111.75 milhões km², de superfície para cidades

CIDADE	POPULAÇÃO	ÁREA (KM ²)	DENSIDADE (HAB/KM ²)	PREVISÃO 2050
•São Paulo	•11.253.503	•1.521,110	•7.398,26	•1% da sup.
•Brasília	•2.570.160	•5.779,999	•444,66	•18% da sup.
•Maringá	•357.077	•487,052	•733,14	•11% da sup.
•Paranavaí	•81.590	•1.202,266	•67,86	•-18% da sup.

Nesse sentido, percebe-se que as cidades precisam ser revistas e organizadas, dentro da malha urbana, com um adensamento adequado, principalmente em localidades que possuem população extremamente urbana e extremamente volumosa. O crescimento populacional e urbano acelerados já são uma realidade, portanto, faz-se necessário que sejam desenvolvidos estudos e simulação dessa capacidade de suporte, que balizarão a organização, o planejamento, os instrumentos e a legislação urbana (LEITE, 2014).

III HIPÓTESE

A hipótese deste trabalho direciona-se no sentido de que, embora a verticalização dos edifícios ocasione efeitos indesejáveis no microclima urbano, tal como a interferência na ventilação, caso seja realizada obedecendo certos critérios estabelecidos de maneira bioclimática, tais como recuos adequados, harmonização da disposição das alturas dos edifícios e das tipologias arquitetônicas, entres outros, além da utilização de mecanismos de mitigação do conforto térmico, a exemplo da implantação de áreas livres, de vegetação arbórea nas calçadas, de parques, etc., este aumento dos gabaritos (verticalização) poderá ser implementado com a atenuação das consequências prejudiciais à sensação térmica urbana.

Para verificar esta hipótese, será selecionada a cidade de Maringá/PR, cujo clima é subtropical úmido.

IV OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa é, dentro de um contexto climático específico, identificar o quanto a verticalização interfere na sensação térmica urbana, baseando-se em parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo.

Busca-se, nesse sentido, detectar os cenários e parâmetros, ligados à verticalização, que mais influenciam no conforto térmico da cidade, e para que, depois de delineados, possam embasar futuras decisões técnicas e políticas, tais como a criação ou alteração de leis e decretos municipais, voltados ao loteamento urbano, bem como parcelamento, uso e ocupação do solo.

Para tanto, utilizando-se da ambiência climática da cidade de Maringá, localizada na região noroeste do Estado do Paraná, pretende-se, especificamente:

- Identificar as teorias e diretrizes urbanas, ligadas aos princípios bioclimáticos; os conceitos de conforto térmico urbano e seus desdobramentos; a relevância das ferramentas computacionais nas pesquisas envolvendo o meio ambiente urbano, e; os modelos de avaliação deste ambiente;
- Apontar as diretrizes urbanas bioclimáticas para climas tropicais;

- Examinar o contexto histórico, a composição territorial e as condições climáticas de Maringá;
- Criar um novo arquivo climático e uma nova carta dos ventos para a cidade de Maringá;
- Elaborar um método de avaliação da sensação térmica urbana, por meio de ferramentas computacionais;
- Elaborar um bairro modelo, a partir de características dos bairros verticais da cidade de Maringá, adaptados aos padrões bioclimáticos para bairros compactos e mistos;
- Definir os parâmetros, bem como sua ordem de importância, segundo o objetivo do trabalho, que sejam compatíveis com o software ENVI-met®, que possuam influência na sensação térmica urbana e que possam ser objeto de futura regulamentação legislativa;
- Medir, por meio de simulações no software ENVI-met®, a influência dos parâmetros escolhidos;
- Verificar, por meio das simulações, a viabilidade ou não da compactação e verticalização da cidade de Maringá.

Delimitados os objetivos, passa-se à descrição da metodologia a ser adotada.

V METODOLOGIA MODELO

Preliminarmente, explica-se que neste item será descrito uma metodologia modelo, geral, que permita sua utilização em futuros trabalhos sobre o tema. Esta metodologia, ao longo desta pesquisa, especialmente na parte referente à aplicação, será especificada para a cidade de Maringá. Portanto, neste item será explicitado um modelo abstrato de metodologia, que possibilite sua futura utilização para outros ambientes, e que será adiante concretizado, demonstrado, para a cidade de Maringá.

A metodologia da pesquisa será desenvolvida utilizando como base a análise de resultados obtidos por meio de ferramentas computacionais. Essa metodologia possui uma grande aplicabilidade nas pesquisas urbanas (WONG et al,

2006; CHATZIDIMITRIOU et al., 2006; HAN et al., 2007; SHINZATO et al., 2007; ALCOFORADO, ANDRADE, 2006; SPANGENBERG et al, 2008; SILVA, ROMERO, 2009; NAKATA et al., 2009; NG et al., 2012; SILVA, 2013; DUARTE et al., 2015; MACIEL et al., 2015; MINELLA, 2017).

Os softwares comportam larga aplicação, já que podem ser utilizados tanto para projetos em processo de concepção, como para ambientes construídos que necessitam de algum tipo de modificação, por meio de análises de viabilidade (ROMERO, 1998).

A grande vantagem na utilização desses programas, principalmente no meio urbano, é a possibilidade de avaliação dos ambientes, antes da execução dos projetos. Obras urbanas envolvem procedimentos administrativos e políticos complexos, geradores de altos custos e grandes cronogramas (com licitações, audiências, vistorias, formulação de leis, dentre outros), que dificultam ou inviabilizam reformas sugeridas por meio de análises de pós-ocupação (APO). Dessa maneira, as ferramentas computacionais permitem uma análise APO, de maneira prévia, simplificada e virtual, das possibilidades de implantação de projetos no meio urbano, antes mesmo que estes sejam realizados.

Além disso, projetos urbanos envolvendo reformas de leis possuem inúmeras variáveis a serem analisadas e uma infinidade de interferências para a cidade. Revela-se, praticamente, impossível, que o projetista consiga avaliar, sem o auxílio da ferramenta computacional, as possibilidades dos microclimas urbanos.

Assim, visando possibilitar a avaliação de parâmetros urbanos, referentes a um determinado microclima, este trabalho utilizou-se de um software para análise urbana, o ENVI-met® (BRUSE e FLEER, 1998, BRUSE, 2009), e softwares para a construção, apoio e análises, o Excel®, Sketch Up®, CorelDRAW®, Photoshop CC®, AutoCAD® e WRPLOT View®.

O procedimento modelo de avaliação deve ser dividido nas seguintes etapas, que por sua vez serão subdivididas em outras fases, abaixo descritas: 1. Histórico Urbanístico; 2. Caracterização Climática; 3. Modelagem e Simulação; 4. Avaliação Ambiental (conforme figura 5).

Figura 5 – Fluxograma da metodologia da pesquisa

Fonte: Autora (2017).

ETAPA 1: ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Na Etapa *Antecedentes Históricos*, deve-se buscar dados acerca dos fatores históricos, territoriais e sociais das atividades humanas da cidade. Para isso, a etapa é dividida em duas fases, conforme figura 6.

Figura 6 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para a Caracterização Climática

Fonte: Autora (2017).

Na Fase *Formação Histórica*, deve-se reunir informações sobre a constituição da cidade, para que se possa compreender as transformações vivenciadas por tal comunidade ao longo dos anos. Tal conhecimento é de extrema

importância, pois permite ao pesquisador ou projetista, que muitas vezes não reside naquele meio (ex. empresa que cria planos diretores), saber as inclinações e realidade sociocultural do ambiente objeto do estudo. Desse modo, neste item, deverão ser verificados dados referentes ao início da urbanização, tais como criação do sistema viário, dos bairros, parques, praças, zoneamento, alterações econômicas e sociais, e todas as demais informações que auxiliem no conhecimento da cidade.

Na Fase *Estrutura Atual*, deverão ser examinados os dados atuais acerca da cidade, visando conhecer seu perfil territorial, ambiental e socioeconômico. Para isso, deverão ser verificados o censo demográfico, estatísticas populacionais, extensão territorial, zoneamento urbano, vegetação, áreas livres e demais informações que permitam compreender o estágio atual da comunidade avaliada.

ETAPA 2: CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A Etapa *Caracterização Climática* possui o objetivo de criar um arquivo climático atualizado da cidade. É possível estabelecer as determinantes que condicionam o microclima local, principalmente quanto ao vento e ao sol, a fim de quantificar as necessidades do ambiente. O clima deve ser analisado em sua categorial espacial (zonal, local e microclima) e em sua categorial temporal (dias, estações, anos e décadas). Sendo assim, a análise quantitativa deve ser elaborada por meio de monitoramento, coleta e tratamento dos dados climáticos da Estação climatológica local e da elaboração do arquivo climático de referência. Esta etapa, então, deve ser dividida em quatro fases, conforme figura 7.

Figura 7 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para a Caracterização Climática

Fonte: Autora (2017).

1

Na Fase *Coleta de dados*, devem ser colhidos dados climáticos, da Estação meteorológica automática (EMA) do INMET. A estação coleta a cada minuto, e integraliza para o período de uma hora, as informações meteorológicas: Temperatura Instantânea do Ar; Temperatura Máxima do Ar; Temperatura Mínima do Ar; Umidade Relativa Instantânea do Ar; Umidade Relativa Máxima do Ar; Umidade Relativa Mínima do Ar; Temperatura Instantânea do Ponto de Orvalho; Temperatura Máxima do Ponto de Orvalho; Temperatura Mínima do Ponto de Orvalho; Pressão Atmosférica Instantânea do Ar; Pressão Atmosférica Máxima do Ar; Pressão Atmosférica Mínima do Ar; Velocidade Instantânea do Vento; Direção do Vento; Intensidade da Rajada do Vento; Radiação Solar; e Precipitação acumulada no período.

Esses registros devem englobar as variáveis horárias referentes ao período de 10 anos, que é o tempo necessário para a formação do arquivo climático (SATTLER, 1989). Depois disso, é realizada a sistematização de dados para elaboração do mencionado arquivo.

2

Na Fase *Arquivo Climático*, deve ser aplicada a Metodologia do Dia Típico de Projeto, desenvolvida por Sattler (1989)¹, nos dados coletados da Estação Climatológica, referentes ao período de 10 anos. O Dia Típico de Projeto determina as exigências hidrotérmicas de verão e inverno, resultando em 2 conjuntos de dados horários, de 24 horas cada, para dias quentes e para dias frios.

Aqui, faz-se necessário apontar uma ressalva. Poderá acontecer de ter existido falhas na estação automática, na captação dos dados, referentes a determinadas horas ou mesmo de dias inteiros. Assim, a depender da quantidade de horas nulas dentro de um mesmo dia ou mesmo se este não possuir dados, restará inviável sua utilização para o arquivo climático, pois, ou não possuirá nenhuma informação ou, em muitos casos, permanecerá sem dados referentes a um período (ex. uma manhã ou uma tarde inteira).

Desse modo, caso se depare com essa realidade, deve-se excluir os dias, conforme os seguintes critérios: 1. dias que possuírem 24 horas nulas; 2. dias que possuírem mais de 6 horas seguidas nulas; 3. dias que possuírem mais de 9 horas seguidas ou intercaladas nulas.

¹ Esta metodologia será descrita no Capítulo 2, subitem 2.2.1 (Arquivos Climáticos).

Esta exclusão deverá ocorrer no momento em que, segundo Sattler (1989), devem ser selecionados, para cada nível, os dias com temperaturas imediatamente acima e abaixo da temperatura média do dia de referência, em um intervalo do 1% do total de dias. Dessa maneira, ao se excluir um dia conforme os critérios acima, deve-se utilizar, em substituição, o próximo dia com temperaturas imediatamente acima ou abaixo da temperatura média do dia de referência.

3 Na Fase *Tratamento dos Dados*, em razão de o software ENVI-met® exigir que os dados referentes à umidade específica (g/kg) sejam inseridos na altitude de 2.500 metros, deve ser realizada a adequação das informações obtidas, para que se ajustem à imposição do programa (ex. deve-se utilizar a umidade específica na altitude de 2.500 m, mas os dados mais próximos a tal número referem-se à altitude de 2.660 m e 1.957 m). Tais dados não são obtidos na estação automática (etapa anterior), mas podem ser angariados no aeroporto da cidade avaliada ou pelo levantamento de radiossondagem disponibilizado no site da Universidade de Wyoming (UNIVERSIDADE DE WYOMING, 2016). Em regra, não estão disponíveis para essa altitude específica de 2.500 metros, o que impõe a necessidade de estimá-los para esta altitude, cálculo este realizado por meio da técnica de regressão linear.

Nesta fase, igualmente, devem-se realizar os cálculos, referentes às transformações de unidades, para que os dados obtidos possam ser inseridos no arquivo climático da simulação² (ex. a radiação solar na estação automática é medida em kJ/m², mas, para ser inserida no ENVI-met®, deve ser transformada em W/m²).

4 Na Fase *Cartas dos Ventos*, deve ser criado um diagrama utilizando o software WRPLOT View Freeware®, porquanto dentro do arquivo climático da simulação é exigida a informação acerca dos ventos predominantes da área objeto de estudo. O software é um programa gratuito que constrói a rosa dos ventos, a partir de dados meteorológicos. Assim, é organizada uma planilha com os dados de direção e velocidades dos ventos, de hora em hora, para os dias quentes e para os dias frios (obtidos na fase 2 - Metodologia Dia Típico de Projeto). Esta planilha, então, é inserida no programa, que, por sua vez, gera um diagrama circular, com a frequência dos ventos para cada direção.

² Os dados exigidos pelo programa ENVI-met serão explicitados no item 3.2 deste trabalho.

ETAPA 3: SIMULAÇÃO

Na Etapa *Simulação*, devem ser realizadas simulações com diferentes configurações do componente Morfologia do Tecido Urbano. A simulação é realizada no software ENVI-met®, que possui uma grande interface com a plataforma urbana.

Nesta etapa, devem ser realizados os processos de definição dos parâmetros de avaliação; modelagem 3D dos cenários; seleção dos dados necessários (que já foram tratados na etapa anterior, para que possam ser utilizados no ENVI-met®) para configuração climática do programa; simulação; transformação dos dados resultantes da simulação em diagrama e, por fim; a organização, interpretação e análise dos resultados.

O percurso metodológico que conduz esta etapa, apresenta-se em seis fases, conforme figura 8.

Figura 8 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para a simulação

Fonte: Autora (2017).

1 Na Fase *Diretrizes e Parâmetros*, visando delimitar-se as orientações e critérios que servirão de base para a construção dos cenários (próxima fase), deve-se definir os parâmetros de análise e seu ordenamento, bem como um modelo padrão de bairro.

Primeiramente, deve-se estipular os parâmetros³ de avaliação das simulações. Estes devem ser definidos conforme os objetivos da pesquisa e as

³ São inúmeras as possibilidades de parâmetros de avaliação, como a taxa de ocupação, coeficiente máximo de aproveitamento, dimensões mínimas de lotes, larguras e tipologias viárias, porcentagem de áreas destinadas a uso público e outras. A descrição dessas definições será realizada no item Diretrizes Iniciais do Capítulo Modelagem e Simulação.

especificidades da cidade. Se a finalidade da pesquisa, por exemplo, for apenas avaliar a influência da largura dos gabaritos viários na ventilação urbana, o pesquisador deverá escolher apenas o critério de dimensionamento das calçadas, canteiros e vias. Já, se pretende verificar a influência das tipologias dos gabaritos viários na sensação térmica, poderá trabalhar com diversos outros parâmetros, a exemplo do tipo de revestimento, da pavimentação, vegetação arbórea, área paremeável, etc.

Caso o objetivo exija a escolha de mais de um parâmetro, a depender da quantidade definida, far-se-á necessário estipular a ordem em que serão empregados, pois, por uma questão operacional, somente se mostra viável trabalhar com os parâmetros de modo combinado, caso sejam escolhidos até no máximo dois ou três critérios. A partir disso, o número de possibilidades torna-se excessivamente amplo, dificultando em demasia (ou mesmo tornando impossível) a realização da pesquisa. Por exemplo, um trabalho que possua 10 parâmetros de avaliação, contendo, cada um, 5 hipóteses, se processar todos estes critérios de forma combinada, resultará em 9.765.625 cenários possíveis. Ressalte-se que, em cada um deles, haverá a necessidade de se realizar, individualmente, a modelagem, a simulação e a análise.

Portanto, mostra-se apropriado que os parâmetros sejam classificados e dispostos⁴, conforme a ordem de prioridade e objetivos da pesquisa, pois o primeiro parâmetro será aplicado ao cenário original, já o segundo, sobre o cenário original alterado pelo primeiro parâmetro, o terceiro, ao cenário original, alterado pelo primeiro parâmetro, que, por sua vez foi alterado pelo segundo, e assim sucessivamente.

Se a pesquisa possui, por exemplo, o objetivo central de avaliar a influência, no conforto térmico, da implantação de vegetação arbórea nos calçamentos centrais de uma determinada cidade, não se mostra adequado utilizar parâmetros referentes aos materiais de construção, altura dos edifícios, taxa de ocupação, etc., em primeiro lugar, pois tais aplicações alterarão os dados originais e, quando se utilizar os parâmetros de vegetação arbórea, já não se saberá a real influência deste critério.

⁴ Os parâmetros da pesquisa classificados e ordenados no item Diretrizes Iniciais do Capítulo Modelagem e Simulação.

Assim, cumpre alertar que as fases seguintes da etapa *Simulação* (*Construção de Cenário, Bases, Modelagem, Configuração Ambiental e Simulação*) e da etapa *Análise* (exceto a fase *Avaliação Final*) serão realizadas integralmente em relação a cada parâmetro, antes de se iniciar o processamento do próximo, conforme a ordem de critérios anteriormente escolhida.

Dessa maneira, a aplicação aos cenários das Fases de *Construção de Cenário, Bases, Modelagem, Configuração Ambiental e Simulação*, referentes à Etapa *Simulação*, e das Fases *Cálculo do Índice PET, Elaboração dos Diagramas, Avaliação dos Diagramas e Avaliação Classificatória*, referentes à Etapa *Análise* (a seguir descrita), são dependentes dos resultados da avaliação do parâmetro anterior. Ilustrativamente (figura 9):

Figura 9 – Fluxograma de procedimentos metodológicos da construção e avaliação dos parâmetros

Fonte: Autora (2017).

Dentro desta Fase de *Diretrizes e Parâmetros*, ainda, depois de escolhidos os parâmetros e estabelecida sua ordem de aplicação, deve ser definido o bairro modelo, considerando as diretrizes iniciais de parcelamento, uso e ocupação do solo (estipulação de áreas destinadas a equipamento comunitários e urbanos; espaços livres de uso público e áreas de interesse público; larguras e tipologias de vias; dimensões mínimas das quadras; dimensões mínimas dos lotes e tipologias de edifícios; taxa de ocupação - com as dimensões dos edifícios; e o tamanho total do

bairro)⁵. Para essa definição, faz-se necessário aplicar os padrões da cidade estudada, avaliando-se a necessidade de adequações de diretrizes bioclimáticas e atentando-se para o objetivo do trabalho.

Se a pesquisa é realizada em uma cidade histórica, que possui terrenos pequenos e vielas, não é pertinente criar um modelo de bairro com grandes terrenos e vias largas, pois o modelo não refletirá a realidade estudada. Se o objetivo é avaliar a verticalização, não é interessante criar um bairro com terrenos pequenos, pois, assim, as possibilidades de alturas ficarão limitadas.

Também é muito importante levar em consideração as limitações da ferramenta computacional utilizada. O software ENVI-met⁶, por exemplo, possui limitações de contornos e dimensões, não reproduzindo formatos arredondados, o que resulta na impossibilidade de se criar modelos com formas orgânicas. Além disso, possui um tamanho máximo de mesa para simulação e unidades para construção dos ambientes, o que torna tais informações fundamentais para a definição do tamanho e dimensão final do bairro modelo.

2 Na Fase *Construção dos Cenários*, todo o bairro padrão (quadras, lotes, vias e edifícios), definido na etapa anterior, deve ser desenhado em 2D no software AutoCAD® (.dwg), respeitando as unidades de medidas e mesa de simulação do programa ENVI-met®. O programa não possui compatibilidade com ferramentas CADs ou BIM. Sua única forma de importação é em 2D e pelo formato BITMAP (.bmp). Assim, todas as etapas de construção devem ser feitas com o objetivo de gerar um arquivo final em .bmp. Após a construção, o desenho deve ser exportado em formato Metafile (.wmf), para ser trabalhado na próxima fase. Alerta-se, novamente, que a construção somente será feita após a avaliação do parâmetro anterior.

3 Na Fase *Bases para Modelagem*, o bairro deve ser reconstruído no software CorelDRAW® (.cdr) em 2D (ou programa equivalente), para servir de base de modelagem no software ENVI-met®. A construção dos cenários neste último Software é manual, sendo assim, é necessária uma base estritamente definida (de preferência por cores) e em unidades de pixels ou pontos, para que possa ser

⁵ A descrição dessas definições será realizada no item Diretrizes Iniciais do Capítulo Modelagem e Simulação.

⁶ O software será explanado no item ENVI-met® do capítulo Simulação.

importada na medida correta. O CorelDRAW® é um programa que possui facilidades para inserção de cores e unidades de pixels, por isso é utilizado para a criação da base.

Assim, o arquivo Metafile (criado na fase construção dos cenários) deve ser importado no CorelDRAW® (ou equivalente) e atualizado. Após a atualização, o arquivo é exportado em Bitmap do WINDOWS® (.bmp), com tamanho especificado por pontos (na dimensão total do bairro), que são os formatos e unidades de entrada para o ENVI-met®.

¶ Na Fase *Modelagem dos Cenários*, o Bairro deve ser reconstruído no aplicativo SPACES (.in) do software ENVI-met®. O aplicativo faz a construção em 2D e 3D, simultaneamente, inserindo edifícios, vegetações, solos e superfícies, entre outros. Para isso, deve ser definida uma área de trabalho (tamanho total do bairro), uma localização geográfica (a cidade estudada) e importado o arquivo .bmp da etapa anterior, que será redesenhado.

As Fases *Construção de Cenários*, *Bases e Modelagem*, reitere-se, devem ser repetidas para cada cenário de cada parâmetro avaliado. Se a pesquisa possui oito parâmetros com quatro cenários cada, conforme já explicado acima, deverão ser construídos trinta e dois cenários no AutoCAD®, trinta e duas bases do CorelDRAW® (ou equivalente) e trinta e duas modelagens no SPACES do ENVI-met®.

§ Na Fase, *Configuração Ambiental*, deve ser criado um arquivo climático a partir dos resultados da Etapa *Caracterização Climática* e dos resultados da Fase anterior (*Modelagem dos Cenários*), no aplicativo ConfigWizard (.cf), do software ENVI-met®. Para isso devem ser criados dois arquivos climáticos de 24 horas, um para os dias quentes e um para os dias frios.

Neste ponto, uma observação revela-se importante. Apesar de o arquivo climático possuir 24 horas, há um obstáculo operacional do Software ENVI-met®, que o pesquisador se deparará na fase seguinte (*Simulação dos Cenários*), referente à extrema morosidade para o término da simulação.

O programa permite que sejam delimitadas as horas do arquivo climático, em que se pretende realizar a avaliação climática. A título demonstrativo, valendo-se de um computador com Processador Intel®, Core i7, 7500U, 7ª Geração, para cada simulação de 2 horas, da maior mesa de trabalho (que é o tamanho mais adequado

para cenários de bairros), demora-se, em média, 2 dias. Assim, caso se pretenda utilizar as 24 horas do arquivo climático, para a realização de um único cenário, com um único parâmetro, valendo-se do equipamento mencionado, demorar-se-á, aproximadamente, 24 dias.

Desse modo, trata-se de situação inviável para o pesquisador, cujo objetivo necessite a utilização de diversos parâmetros, simular as 24 horas do arquivo climático. Tal seria possível, caso se trabalhasse com uma mesa menor (visando a avaliação de uma parte específica de um bairro, p. ex.), ou se diversos pesquisadores, munidos de diversos computadores, estivessem vinculados à mesma pesquisa, ou, ainda, caso se precisasse avaliar, apenas, um único ou poucos parâmetros.

Revela-se pertinente, assim, eleger alguns horários dentro do Dia Típico de Projeto, para que se mostre operacional a avaliação (não demore excessivamente e, por isso, possa, até mesmo, comprometer o resultado da pesquisa). Essa seleção de horários deverá tomar por base o objetivo do trabalho e as especificidades da localidade a ser examinada (p. ex., com o objetivo de dar movimentação a uma praça pouco utilizada, diuturna e vespertinamente, em razão do calor, mostra-se mais apropriado escolher para avaliação os horários do início da manhã, do meio do dia e do final da tarde).

Na Fase *Simulação dos Cenários*, devem ser simulados os cenários resultantes da Fase *Modelagem* (4), juntamente com o arquivo climático criado na Fase *Configuração Ambiental* (5), no software ENVI-met® (.edt e .edx). Cada cenário de possuir, ao menos, duas simulações: uma de dias quentes e outra de dias frios (reiterando-se que, os horários escolhidos, conforme item anterior, deverão ser reproduzidos tanto nos dias quentes, como nos dias frios).

ETAPA 4: AVALIAÇÃO

Na Etapa *Avaliação*, deve ocorrer a extração dos dados simulados e a organização de quadros para simplificar e facilitar sua interpretação, com o fim de promover a geração de resultados. As fases desta Etapa são divididas conforme figura 10.

Figura 10 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para a Avaliação

Fonte: Autora (2017).

¹ Na Fase *Cálculo do índice PET*⁷, deve ser calculada a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), por meio do aplicativo BioMet (.edt/.edx), do software ENVI-met®. O aplicativo é uma ferramenta que calcula índices de conforto térmico humano (PMV, PPD, PET ou UTCI), com base nos dados do arquivo final da simulação (.edt e .edx). Assim, ele integra os arquivos de saída da simulação, os parâmetros de pessoas, as fórmulas de cálculos dos índices e o intervalo horário do cálculo. O aplicativo calcula gratuitamente o PMV e PPD e através de licenças o PET e o UTCI.

O índice PET traduz a sensação térmica baseada no balanço térmico do corpo humano, em condições de estabilidade (HOPPE, 1999). O Biomet possui ajustes nos parâmetros corporais (peso, altura, vestimenta, metabolismo, etc.), baseados na ISO 7730 (ISO, 2005). É interessante que os ajustes sejam feitos conforme dados sociais da cidade analisada, considerando o perfil dos habitantes e suas vestimentas culturais.

Nesta fase, então, deve ser inserido o arquivo resultante da Etapa *Simulação*, definindo-se o período desejado para avaliação (que não precisam ser todas as horas simuladas, mas que precisam estar entre elas) e os parâmetros

⁷ A metodologia abordará o Índice PET, mas o pesquisador poderá definir outras variáveis para avaliação, a exemplo do PMV, da temperatura do ar ou umidade específica. Deve-se explicitar, também, que esta primeira fase somente será necessária caso se deseje calcular os índices de conforto térmico humano (PMV, PPD, PET ou UTCI). As demais variáveis climáticas (p. ex., velocidade do vento, umidade relativa, temperatura radiante, etc.) não necessitam de cálculo, permitindo-se passar, diretamente, para a segunda fase (*Elaboração dos Diagramas*).

corporais. O aplicativo calculará novamente o cenário, considerando a equação do índice.

2 Na Fase *Elaboração dos Diagramas*, devem ser criados os diagramas do índice PET, por meio do aplicativo LEONARDO (.leox), do software ENVI-met®. Para isso, devem ser inseridos, um a um, os arquivos resultantes da Fase *Cálculo do Índice PET*, que gerarão um diagrama, conforme a especificação do índice, para que seja configurado posteriormente (ex. criar padrão de legenda, cores, unidades das variáveis avaliadas, etc.) e, por fim, seja exportado em formato de imagem (.bmp).

Conforme já mencionado, todo o diagrama pode ser configurado no aplicativo. As cores devem ser estipuladas pelas unidades do índice avaliado (ex. temperatura). É muito importante que as faixas de unidades sejam padronizadas, com uma mesma legenda (padrão) para todos os diagramas gerados, independentemente do horário, pois, dessa forma, será possível a avaliação e comparação entre eles.

3 Na Fase *Avaliação dos Diagramas*, deve ser feita uma análise dos resultados por meio do software Photoshop CC® ou equivalente, que deverá ser realizada de forma quantitativa (pelas cores da legenda – ex. temperatura). Cumprir mencionar que o desenho poderá apresentar quantidades muito próximas de cores uma das outras, o que inviabiliza sua avaliação apenas por simples visualização, e exige, portanto, que sejam calculadas. Deve ser adotada essa estratégia de quantificação das cores, para se evitar que a avaliação seja feita de maneira subjetiva, ou deixe de apresentar os resultados corretos.

Assim, as imagens resultantes da etapa *Elaboração dos Diagramas* devem ser importadas para o programa Photoshop CC® e avaliadas, cor por cor, na Ferramenta Histograma. Esta ferramenta possibilita o cálculo da quantidade total de pixels da imagem, bem como a quantidade de pixels por cada fração de cor. Depois de obtidos tais dados, os números devem ser tabelados e calculados, por porcentagem de cor, ou seja, de cada faixa de unidade (ex. temperatura), para cada diagrama.

4 Na Fase *Avaliação Classificatória*, cada parâmetro deve ser avaliado, individualmente, utilizando-se dos cenários disponíveis, por faixa horária do diagrama PET (ou de outra variável avaliada – ex. PMV). Assim, a análise deve ser

feita por cada período de avaliação (resultantes das porcentagens calculadas na Fase 3), para os Dias Quentes e para os Dias Frios. Para cada horário, deve ser atribuída uma nota classificatória (do melhor para o pior), e, ao final, as notas deverão ser somadas. O cenário que possuir a maior nota deverá ser utilizado para a próxima simulação.

Exemplificativamente, uma pesquisa que possui um parâmetro de avaliação (ex. uso de parque) com dois cenários (ex. um com parque e outro sem parque), índice PET para dois horários (ex. 10h00min e 15h00min) e avaliação para três faixas de temperatura (ex. frio, confortável e calor), deve ser avaliado quatro vezes. A primeira avaliação deve ser feita para o Período Frio às 10h00min, a segunda para o Período Frio às 15h00min, a terceira para o Período Quente às 10h00min e a quarta para o Período Quente às 15h00min (tabela 3).

Tabela 3 – Exemplo de Avaliação de um Parâmetro

PERÍODO	HORÁRIO	ÍNDICE PET	1(%)	2(%)
FRIO	10h00min	Frio	53	53
		Confortável	9	10
		Calor	0	0
	15h00min	Frio	35	39
		Confortável	0	0
		Calor	0	0
QUENTE	10h00min	Frio	0	0
		Confortável	55	52
		Calor	0	0
	15h00min	Frio	0	0
		Confortável	68	68
		Calor	0	0

Fonte: Autora (2017).

Em cada avaliação deve ser conferida uma nota classificatória (do maior – melhor - para o menor - pior). Para dois parâmetros, a maior nota deve ser 2 e a menor 1 (tabela 4). Para quatro parâmetros a maior nota deve ser 4 e a menor 1. As notas devem ser dadas a partir dos critérios: 1. Cenário que possui maior porcentagem do índice na faixa desejável (conforto); 2. Cenário que possui menor porcentagem do índice nas faixas indesejáveis (quente e/ou frio).

Tabela 4 – Exemplo de Avaliação Final de um Parâmetro

PERÍODO	HORÁRIO	1	2
FRIO	10h00min	1	2
	15h00min	2	1
QUENTE	10h00min	2	1
	15h00min	2	2
TOTAL		7	6

Fonte: Autora (2017).

Os cenários que possuírem os maiores índices de conforto devem obter as maiores notas. Cenários que possuírem menores índices de calor e frio devem alcançar, igualmente, as maiores notas. Cenários que possuírem porcentagem iguais, nas faixas de temperatura, devem obter notas iguais (ambos permanecerão com a mesma nota, excluindo-se a menor nota possível - ex. diante de 4 cenários, caso empatem os dois melhores, ambos receberão a nota 4, o próximo nota 3, o último nota 2 e não haverá utilização da nota 1). Caso permaneça a igualdade na soma final, deve prevalecer o cenário que possuir maior nota no horário crítico da pesquisa.

§ Na Fase *Avaliação Final*, os parâmetros devem ser avaliados em conjunto. Desse modo, é possível detectar os parâmetros que obtêm maiores amplitudes de notas, entre os cenários, identificando os elementos que possuem maiores impactos na sensação térmica urbana ou na variável objeto de verificação.

VI ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura da tese será modelada conforme a metodologia adotada (figura 11): 1. Antecedentes Históricos; 2. Caracterização Climática; 3. Simulação; 4. Avaliação. Cada capítulo é organizado em duas partes: *conceitual teórico* – contendo históricos, conceitos ou exemplos da literatura mundial/nacional sobre o tema; e *produção da pesquisa* – por meio de estudos, dados, gráficos, tabelas ou imagens desenvolvidas, especificamente, para a cidade de Maringá.

Figura 11 – Estrutura da Pesquisa

Fonte: Autora (2017).

No capítulo *Antecedentes Históricos*, em sua primeira parte (conceituação teórica), será elaborado um panorama da evolução das cidades, verificando-se movimentos e teorias de planejamento e urbanismo, que trataram do clima urbano. Assim, será analisado o desenvolvimento das Cidades Antigas, princípios das Cidades Jardins e seus desdobramentos (Unidades de Vizinhança, cidades novas e novo urbanismo), o Movimento Moderno e o CIAM, e movimentos de urbanismo Bioclimático desenvolvidos no quadro atual. Na segunda parte (produção da pesquisa), serão avaliados o projeto e planejamento inicial e o quadro atual da cidade de Maringá.

No capítulo *Caracterização climática*, na primeira parte (conceituação teórica), serão verificados: 1. os conceitos referentes ao clima urbano – por meio de estudos de fatores e escalas climáticas e da climatologia urbana; 2. considerações de conforto térmico no meio urbano – com estudos da morfologia urbana, ilhas de calor, ventilação e vegetação urbana; e, 3. o tratamento de dados climáticos - Ano Climático de Referência, Meses de Referência, Dia de Típico de Projeto e Temperatura de Projeto. Na segunda parte (produção da pesquisa), será desenvolvida a caracterização climática de Maringá, avaliando-se o clima da região

e suas características, a elaboração do arquivo climático e o gráfico dos ventos predominantes.

No capítulo *Modelagem e Simulação*, em sua primeira parte (conceituação teórica), serão analisados o desenvolvimento da revolução digital e ferramentas computacionais, na Arquitetura e Engenharia; os programas para análise de conforto térmico e o programa de avaliação urbana ENVI-met®. Na segunda parte (produção da pesquisa), será elaborada a modelagem e simulação da cidade de Maringá, por meio dos parâmetros: Altura, Orientação, Recuos, Alinhamento, Área Permeável, Árvores e Áreas Verdes.

No capítulo *Avaliação Ambiental*, na primeira parte (conceituação teórica), serão examinados os modelos de avaliação urbana. Para isso, serão apontados exemplos de selos ambientais, indicadores de avaliação e parâmetros de índices térmicos urbanos. Na segunda parte (produção da pesquisa), os parâmetros serão avaliados um a um e, ao final, será realizada uma avaliação combinada, apontando os parâmetros que possuem maior e menor influência na sensação térmica urbana.

Por fim, serão apresentadas as conclusões do trabalho, registrando-se as principais contribuições apresentadas pela tese, com a demonstração da originalidade da pesquisa, além de se relatar as dificuldades encontradas, e, igualmente, traçar diretrizes para possíveis trabalhos futuros.

ANTECEDENTES URBANÍSTICOS

Para uma melhor análise do planejamento urbano, faz-se necessário um breve apanhado histórico, visando identificar o desenvolvimento das cidades, com as respectivas e crescentes necessidades, em conjunto com o exame das dinâmicas urbanas, do meio construído e suas composições espaciais.

A forma de trabalhar com o meio construído iniciou com as práticas de agriculturas, quando a humanidade deixou a cultura nômade e passou a cuidar da terra e dos assentamentos. Como fim do período glaciário, no início do período neolítico, o homem abandonou as cavernas e iniciou a instalação em povoações, com a utilização da agricultura, cerâmica e domesticação dos animais, inaugurando a vida social, a religião organizada e o comércio (CARVALHO, 1998).

1.1 MODELO DE CIDADES

As primeiras cidades desenvolveram-se, principalmente, ao redor dos rios, em razão da fertilidade do solo, acesso à água, à irrigação e facilidades de transporte (com as navegações), a exemplo da civilização Egípcia, em torno do Rio Nilo, e da civilização existente na Mesopotâmia, banhada pelos Rios Tigre e Eufrates. As cidades antigas (fig. 12), tais como Mesopotâmia, Egito, Grécia e Roma, eram construídas obedecendo uma relação cósmica, pela orientação dos monumentos principais ou pela identidade da paisagem (ROMERO, 2011).

Na Mesopotâmia, surgiram as primeiras civilizações (impérios suméricos, arcadianos, neosumérios, babilônicos, hititas, assírios e persas) com o conhecimento da escrita e organizadas em comunidades independentes, designadas cidades-estados. As cidades, que eram amuralhadas e com traçados geométricos, surgiam ao redor dos santuários, com a organização de templos, zigurates, lojas e bairros densos habitacionais.

Uma das mais antigas civilizações do mundo é a egípcia, que se desenvolveu por mais de quarenta séculos. As cidades representavam as crenças, especialmente sobre a divindade dos representantes, os faraós. Era dividida em cidade divina, construída em pedras e com traçados geométricos, onde localizava as pirâmides e esfinges, e a cidade dos vivos, construída com tijolos, onde se localizava os palácios dos faraós (FAZIO, MOFFETT, WODEHOUSE, 2011). Grande parte da população, os operários, moravam em aldeias ou acampamentos próximos às edificações.

Com relação à Civilização Grega, considerada o berço da civilização ocidental, que difundiu filosofia, proporções matemáticas e beleza arquitetônica, as cidades eram livres, sem zonas fechadas ou independentes, como comunidades orgânicas, divididas, basicamente, em três zonas: áreas privadas – moradias; áreas sagradas – templos, e; áreas públicas – comércio, áreas culturais e políticas (BENEVOLO, 2011). Elas possuíam traçados orgânicos e irregulares (embora possuíssem edifícios com plantas simétricas), com adaptação ao terreno e muitos espaços públicos livres. Atenas foi uma cidade referência e originou ideias de planejamento urbano grego, por meio de pensadores, como Sócrates, que defendiam conceitos de traçados mais ortogonais, zoneamento funcional, preocupação com o sítio e seus condicionantes climáticos.

Já o Império Romano, um dos maiores do mundo, incorporou muitos dos preceitos de planejamento urbano e qualidade ambiental. Também foi uma das civilizações mais preocupadas com a qualidade de vida dos seus cidadãos. O saneamento das cidades possuía, até mesmo, sistemas de esgoto e abastecimento de água – os aquedutos. A configuração espacial de sua estrutura urbana era baseada em retículas e sua localização, em grande parte, era determinada pelo curso dos rios e da topografia do relevo. As cidades eram administrativas, com a concentração dos poderes governamentais e culturais, com locais destinados às atividades cotidianas, tais como mercados, templos, bibliotecas, termas, anfiteatros, entre outros.

Figura 12 – Desenho das cidades antigas

Fonte: Fazio; Moffett; Wodehouse (2011).

Com as invasões bárbaras do Século V, houve o declínio das cidades do Império Romano, segregando e segmentando conhecimentos acerca do conforto ambiental. Assim, iniciou-se o período da Idade Média, estabelecendo uma organização social e econômica predominantemente rural. Nos primeiros séculos da Idade Média, as cidades eram geralmente pequenas, com poucos moradores, que viviam, sobretudo, do trabalho no campo, no entanto, a partir do Século XI, com o

aumento do artesanato e do comércio, cresceram e se multiplicaram, principalmente, ao redor dos centros comerciais, às margens de rios ou em torno dos castelos. O crescimento dos centros urbanos, nesse período, ocorria de forma espontânea, sem os traçados reguladores, utilizados pelos gregos e romanos.

Somente no período do renascimento as cidades voltaram a ser lugares de convívio, harmonia e qualidade. Esse período foi marcado com a retomada de valores clássicos, com um amplo e complexo processo de transformação cultural, social e religioso. A cidade voltou a ser planejada, tornando a se desenvolver como centro comercial e cultural, além da formulação a partir de fatores climáticos. As cidades eram organizadas segundo uma malha regular, alinhadas com as igrejas, palácios e edifícios administrativos, sendo que muitas delas foram reorganizadas a partir de uma planejamento urbano racional e humano (fig. 13 ilustra o planejamento do Papa Sixto para a conexão de sete basílicas de Roma);

Figura 13 – Planejamento das igrejas de Roma

Fonte: Fazio; Moffett; Wodehouse (2011).

Desde o renascimento até o modernismo, diversas utopias foram elaboradas e muitas cidades idealizadas. Nesse período, surgiram teorias de urbanismo sanitaria, com preocupação de melhora das condições de salubridade nas cidades. As leis sanitárias evoluíram para uma legislação específica, de natureza urbanística, definindo densidades, implantação de loteamentos, distância entre edificações, seus gabaritos de altura e, até mesmo, a característica das edificações.

Os urbanistas utópicos trabalharam com a crítica à industrialização, surgindo teorias de cidades-jardim. As teorias do Urbanismo Funcionalista, sintetizado pela Carta de Atenas, trabalhou com planejamento regional e intraurbano, interesses coletivos, a industrialização dos componentes e a padronização das construções, com amplas áreas de vegetação.

Durante todo esse período, muitas teorias surgiram para explicar o fenômeno urbano, influenciando as ações urbanas de intervenção no espaço da cidade.

1.1.1 Cidades Modernas

O Movimento Moderno trabalhou com os grandes centros urbanos (metrópoles), propondo mudanças nas grandes cidades marcadas pela forte industrialização. O movimento surge da necessidade de rever a arquitetura e o urbanismo no meio das mudanças urbanas (período da era industrial).

O ponto de partida é a crítica ao Estado e à Ordem Social, devido às péssimas condições de moradia e à inadequação à nova era, criando novas formas de morar e de organização da cidade. O movimento defendia a ideia de que era por meio da arquitetura e do urbanismo que se obtinha um instrumento para transformar a sociedade, em uma perspectiva de reforma dos problemas existentes, especialmente em questões estruturais.

O movimento caracterizou-se pela padronização de projetos, viabilização de construção em série (pré-fabricação) e produção coerente com o momento da industrialização. Nesse momento, foi abordada, com uma grande ênfase, a questão da moradia no âmbito da unidade habitacional, vizinhança e em escala. Também as questões legislativas passaram a ser objeto de verificação.

A partir do final do Século XIX, surgiu o modelo das cidades jardins, para se resolver os problemas britânicos, propondo a criação pequenas cidades afastadas da metrópole. A proposta foi exposta inicialmente em 1898, por Ebenezer Howard, em seu livro *Tomorrow*. Nas áreas urbanas, Howard estava preocupado com a crescente proeminência dos bairros superpovoados e condições de vida insalubres.

Howard (1996) propôs uma relação entre o campo e a cidade, por meio de um plano de organização social. Era um esquema teórico de uma cidade autônoma, cooperativista, delimitada por faixas agrícolas, moradia e trabalho. O conjunto dessas cidades jardins formava as cidades sociais (fig. 14). Um esquema de colonização doméstica, com uma rede de pequenas cidades afastadas da metrópole, mas interligadas por um cinturão verde. As cidades possuíam predominância de áreas livres verdes, urbanismo inglês e baixa densidade.

Figura 14 – Desenho conceito da Cidade Jardim proposta por Ebenezer Howard

Fonte: Howard (1996).

O plano de Howard era um arranjo ordenado das terras por meio da utilização de técnicas de zoneamento (fig. 15). Atividades de serviços e edifícios públicos (como a prefeitura, teatro, biblioteca pública, museu e a área hospitalar) estavam localizados em um centro da cidade, bem definido, que agia como o ponto focal da comunidade. Ao redor do centro da cidade, existia uma série de bairros residenciais planejados, cada qual com suas próprias escolas, parques infantis,

jardins e igrejas. Ao redor da urbe, localizavam-se as fábricas e caminhos de ferro, garantindo a separação dos usos incompatíveis.

Em torno da cidade jardim havia um cinturão verde com cerca de 4.000 acres de tamanho. Dentro desta área, Howard propôs o desenvolvimento de equipamentos, tais como fazendas, hospitais, casas de saúde e escolas agrícolas. O cinturão verde também atuava como um limite de crescimento para a cidade jardim, eliminando o risco de expansão urbana indesejada (fig. 16).

Figura 15 – Diagrama da Cidades Jardim

Fonte: Howard (1996), adaptado por Renato Sabóia.

Figura 16 – Seção da Cidade Jardim

Fonte: Howard (1996), adaptado por Renato Sabóia.

Raymond Unwin e Barry Parker materializaram as ideias de Howard, projetando *Letchworth*, primeira cidade jardim criada na Inglaterra (em 1904) e *Hampstead* (em 1905).

Unwin publicou o livro *Town planning in practice*, em 1909. A obra é um manual de urbanismo, em que propõe soluções, formas e sugestões de métodos de desenho da cidade. Trata, igualmente, da individualidade da forma urbana por meio da adaptação do traçado do terreno, da beleza do traçado regular e irregular, escolha do centro da cidade, praças fechadas, relação do centro principal com os centros secundários, hierarquização de vias, zoneamento, relação da cidade com a praça e estação rodoviária e ajardinamento (UNWIN, 1984). Esse modelo inglês de urbanismo espalhou-se para o mundo inteiro, inclusive para as cidades de São Paulo e Maringá.

Unwin, por meio das cidades jardins, criou o desenvolvimento por núcleos satélites (descongestão). Esse sistema criou uma descongestão das áreas metropolitanas de alta densidade em uma perspectiva de criar centros menores (descentralização). Isso gerou um crescimento regional mais equilibrado com núcleos, cinturões verdes (preservação do território agrícola), centros coletivos e de lazer.

Já *Patrick Abercrombie* liderava as ideias das cidades jardins fora do sentido utópico. Ele propôs um esquema metropolitano de forma gradiente (concentração de densidade), por meio de um sistema de anéis: 1º Anel interior; 2º Anel subúrbio (reorganização); 3º Anel pulmão de equipamentos e lazer, e; 4º Anel com cinturão verde (ABERCROMBIE, 1943). Assim, trabalhou a relação do campo e das cidades satélites, com um sistema de organização da metrópole proposta.

Para organizar esse sistema metropolitano, Abercrombie propôs estratégias que serviriam de instrumentos de intervenção, sendo elas: 1. Bloquear as indústrias no centro (anel central); 2. Descentralizar as estruturas produtivas e as moradias nos anéis mais extremos; 3. Um controle público mais rigoroso sobre o uso do solo, e; 4. Potencializar as atividades portuárias.

Nos Estados Unidos, a transição para o planejamento moderno de habitação obteve maior espaço depois da Primeira Guerra Mundial. Após esse momento, iniciaram-se as construções norteadas pelas tradições americanas. Os planejadores

passaram a olhar principalmente para a Inglaterra e para os seus modelos urbanísticos: volta do velho hábito colonial. (STEIN, 1950).

Grande parte da filosofia e do conhecimento, na construção de habitação e de cidades, tiveram suas raízes nas experiências inglesas e no urbanismo racional. Em grande medida, os arquitetos modernos continuaram o trabalho iniciado por Ebenezer Howard e Raymond Unwin.

Em 1927, na exposição para o *Deutscher Werkbund*, foi construído um bairro na cidade de Stuttgart (Alemanha), *Die Wohnung*, onde se procurou mostrar a nova maneira de morar, de uma habitação em que se consideravam as necessidades modernas da população. Essa foi a primeira exposição de arquitetura do meio urbano, coordenada pelo arquiteto Mies van der Rohe.

A fundação do CIAM (Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna), no ano de 1928, foi considerada o princípio da fase acadêmica da arquitetura moderna, em que se debateu sobre vários temas relacionados à questão da arquitetura e urbanismo. Os arquitetos modernos apresentavam a pretensão de unificar e assegurar um ponto de vista sobre as concepções fundamentais da arquitetura e as obrigações profissionais (LE CORBUSIER, 2000). Os CIAMs tinham como objetivos formular o programa contemporâneo da arquitetura, promover as ideias, publicar a arquitetura moderna no meio técnico, econômico e social e resolver os problemas arquitetônicos do momento (MINDLIN, 2000).

O primeiro encontro do CIAM aconteceu em junho de 1928, realizado em La Sarraz, Suíça. O encontro foi a fundação dos CIAMs. Nesse momento, o urbanismo encontrava-se no temário ao lado da questão da racionalização da construção. Averiguou-se, também, a relação da arquitetura com a ordem econômica, existindo, até mesmo, uma ideia radical sobre a política do solo com a abolição da propriedade privada, mas que, posteriormente, evoluiu para um controle da especulação.

Em 1929, aconteceu o *CIAM II*, em Frankfurt (Alemanha), tratando da unidade mínima de habitação. Nesse encontro, a discussão da relação da moradia e da cidade adquiriu uma maior complexidade; ocorreu a formação da relação entre a arquitetura e o urbanismo; a defesa da ideia de que a moradia não era somente a unidade habitacional, mas sim uma somatória de equipamentos como áreas de esportes, creches, refeitórios, lavanderias de uso coletivo, organizações das

cozinhas, etc., em que tudo isso seria incorporado na concepção de habitação, e; começou-se a discutir a questão da verticalização e do adensamento (como forma de organizar o espaço urbano – solo livre e altas densidades com equipamentos).

Em 1929, o alemão Hans Schmidt trabalhou a questão da legislação, não simplesmente como uma técnica racional para organizar espaços, mas um instrumento de controle e de garantia de direito que envolve o Estado, o usuário e o profissional. Hans foi além das questões técnicas, discutindo aspectos econômicos e sociais, gerando uma mudança da relação do Estado e das pessoas envolvidas nesse processo. Para isso, apontou: 1. Que existem dois níveis de legislação: o urbanístico e o da construção. O *da construção* é o nível que garante a habitabilidade (segurança, insolação, aeração, etc). O *urbanístico* é o que vai ter de pensar na convivência dos grupos, nos limites dos indivíduos entre si e em relação à comunidade; 2. A necessidade de a legislação ser flexível (desenvolvimento técnico, cultural e social); 3. O papel do Estado garantindo a qualidade do produto (ele é obrigado a proteger os compradores da moradia). A qualidade da moradia envolve as questões ligadas à economia (métodos construtivos e novas formas de moradia). Nesse processo, deveriam ser envolvidas as entidades profissionais (arquitetos e engenheiros passam a participar dos processos de leis, aplicação e outros). O que Hans propõe é um sistema legal. Assim, vai muito além do que está na Carta de Atenas.

Em 1930, promoveu-se o *CIAM III*, na cidade de Bruxelas (Bélgica), abordando o desenvolvimento racional do lote. Nesse encontro, aconteceu uma discussão da verticalização e métodos construtivos para as tipologias habitacionais.

Em 1933, ocorreu o *CIAM IV*, na cidade de Atenas (Grécia), em que se percorreu sobre a cidade funcional. Equipes de vários países levaram planos de seus países para serem discutidos (17 grupos e 33 planos), garantindo um aprendizado coletivo. Nesse encontro, discutiram-se componentes, tais como: o formato de legenda de mapas, o saber experimental e a discussão de representação.

Nesse mesmo congresso ocorreu a Publicação da Carta de Atenas. Essa foi um manifesto urbanístico, formado por representantes nacionais de um grupo de arquitetos. A carta retratava a “Cidade Funcional”, pregava a separação das áreas residenciais, de lazer e de trabalho, propondo, no lugar do caráter e da densidade

das cidades tradicionais, uma cidade-jardim, na qual os edifícios se localizariam em áreas verdes pouco densas.

No mesmo contexto, a carta apresentou o estado “crítico” das cidades: uma população densa em seu núcleo, habitadas em cortiços; falta de moradia e grande especulação imobiliária e financeira; redução das áreas verdes e falta de higiene nos centros urbanos. Desta forma, o IV Congresso de CIAM definiu que devem existir três matérias primas fundamentais para o urbanismo, sendo elas o sol, a vegetação e o espaço, e outros fatores como: requisitos de higiene; a falta de legislação para o urbanismo gerando bairros densos com localização em zonas menos favorecidas; a falta de arejamento das residências; a construção de habitações sem sancionamento pelo zoneamento; as construções em vias de comunicação, prejudiciais às habitações; o alinhamento das habitações, que só garantia insolação a uma parcela mínima da população; a arbitrariedade da distribuição das construções de uso coletivo; a distância das escolas das moradias e das vias de circulação; a construção dos subúrbios sem planos de habitação e sem ligação com as cidades; a incorporação de subúrbios ao domínio administrativo, que ocorreu tardiamente e não trouxe efeitos, e; a falta de infraestrutura e de condições de vida, como habitação dos subúrbios (CORBUSIER, 2000).

O arquiteto Le Corbusier⁸ (um dos criadores dos CIAM) produziu muitos trabalhos na linha do movimento moderno. Ele trabalhava com as tipologias dos edifícios verticais e densos e solo livre nos centros. Fazia crítica ao subúrbio e às cidades jardins: dizia que os subúrbios eram a desarticulação do fenômeno urbano (dispersão/borra das grandes cidades); que as cidades satélites só haviam sido inventadas para ajustar os subúrbios e que os subúrbios e as cidades jardins exigiam estradas, vias férreas, vigilância e estrutura, sendo que tudo isso demandava muito capital para seu seguimento, e, por fim; que as estruturas existentes não estavam preparadas para essa concentração de população que ocorria nas cidades.

⁸ Charles-Edouard Jeanneret-Gris, mais conhecido pelo pseudônimo de Le Corbusier, (La Chaux-de-Fonds, 6 de Outubro de 1887 — Roquebrune-Cap-Martin, 27 de Agosto de 1965) foi um arquiteto, urbanista e pintor francês de origem suíça. É considerado juntamente com Frank Lloyd Wright, Alvar Aalto, Mies van der Rohe e Oscar Niemeyer, um dos mais importantes arquitectos do século XX.

Corbusier definiu as bases do urbanismo moderno em quatro postulados: 1. Descongestionar o centro das cidades para fazer frente às exigências do trânsito; 2. Aumentar a densidade do centro das cidades para realizar o contato exigido pelos negócios; 3. Aumentar os meios de circulação, modificando completamente a concepção atual das ruas, que se acha sem efeito, ante o fenômeno novo dos meios de transporte modernos, metros, carros, bondes; 4. Aumentar as superfícies arborizadas (CORBUSIER, 2000).

Corbusier, no CIAM II, já apresentava uma primeira versão do plano *Ville Contemporaine* para 3 milhões de habitantes (1923) e do Plano *Voisin* para Paris (1925). No plano *Ville Contemporaine* (figura 17), o arquiteto dispôs as edificações sobre uma estrutura geométrica. A forma correspondia à sua máxima utilização, garantida por uma visão funcional do objeto arquitetônico. A cidade adotava as mesmas funções estabelecidas na Carta de Atenas.

O Plano de *Voisin* Paris compreendeu a criação de dois novos elementos essenciais: uma cidade de negócios e uma cidade residência. (conforme figura 18).

Figura 17 – Malha retangular da Cidade Contemporânea

Fonte: Quintanilha (2008).

Corbusier propunha o descongestionamento do centro, melhorando a circulação, os espaços verdes, entre outros. Ele ainda formulou a ideia de um desenvolvimento regional linear ao longo dos eixos de transportes (trem, rodovias, ao longo do campo e indústria).

Figura 18 – Plano de Voisin 1925

Fonte: Boesiger e Girsberger (1971)

Os congressos CIAMs ocorreram até o décimo encontro, sendo eles: *CIAM V*, em 1937 (Paris, França), abordando o tema da moradia e recreação; *CIAM VI*, em 1947 (Bridgwater, Inglaterra), reafirmando os objetivos dos CIAMs; *CIAM VII*, em 1949 (Bérgamo, Itália), tratando sobre a cultura arquitetônica; *CIAM VIII*, em 1951 (Hoddesdon, Inglaterra), abordando o tema do Coração da cidade; *CIAM IX*, em 1953 (Aix-en-Provence, França), publicando a Carta da habitação; e o *CIAM X*, em 1956 (Dubrovnik, Iugoslávia), garantindo o surgimento do *Team X*.

Na década de 1920, Ernst May assumiu o departamento de urbanismo de Frankfurt. Com isso, ele elaborou e implantou um plano com medidas para impulsionar a construção de moradias sociais. Deste modo, aconteceu a construção em massa de habitação social. Também propôs um trabalho na área mais central, projetos na escala de bairro (resolver a questão da habitação mínima) e criou uma cooperativa que produzia os elementos pré-fabricados. Sendo assim, Ernst associou a questão de habitação ao plano diretor, totalização da escala da cidade e o processo de construção da habitação. Com isso, ou o poder público adquiria as terras ou financiaria por meio de associações de sindicatos (juros baixos), montando um sistema de aquisição de moradias.

No início do século XX, as cidades se depararam com conflitos ocasionados pelo congestionamento (aumento populacional nos setores habitacionais) e pela invasão dos automóveis. Nesse panorama, em 1920, Clarence Perry introduziu um conceito Unidade de Vizinhança (*neighborhood unit*). Em um estudo preliminar, em 1926, e em um relatório publicado pela Comissão do Plano Regional de Nova York e seus arredores, em 1929, Perry enunciou sua Teoria Bairro (figura 19 - ilustra um

esboço publicado por Perry indicando as relações entre os componentes residenciais de um bairro e os usos que poderiam ser facilmente percorridos a pé).

Figura 19 – Diagrama unidade de vizinhança de Clarence Perry

Fonte: Perry (1929).

Dentro da teoria de Unidade de Vizinhança, Perry definiu seis princípios básicos:

1. **"Tamanho:** Uma unidade de vizinhança deve prover habitações para aquela população a qual a escola elementar é comumente requerida, sua área depende da densidade populacional;
2. **Limites:** A unidade de vizinhança deve ser limitada por todos os lados por ruas suficientemente largas para facilitar o tráfego, ao invés de ser penetrada pelo tráfego de passagem;
3. **Espaços Públicos:** Um sistema de pequenos parques e espaços de recreação, planejados para o encontro e para as necessidades particulares da unidade de vizinhança devem ser providenciados;
4. **Áreas Institucionais:** Locais para escola e outras instituições tendo a esfera de serviço coincidindo com os limites da unidade de vizinhança, devem ser adequadamente agrupadas em lugar central e comum;
5. **Comércio Local:** Um ou mais locais de comércio adequados à população devem ser oferecidos, de preferência na junção das ruas de tráfego e adjacente a outro similar comércio de outra unidade de vizinhança;
6. **Sistema Interno de Ruas:** A unidade deve ser provida de um sistema especial de ruas, sendo cada uma delas proporcional à provável carga de tráfego. A rede de ruas deve ser desenhada como um todo, para facilitar a circulação interior e desencorajar o tráfego de passagem." (PERRY, 1929).

Sendo assim, a unidade de vizinhança foi pensada em uma área habitacional com autonomia própria, provendo bens de serviços para as necessidades do cotidiano dos moradores, com equipamentos de uso coletivos locados nos limites da área residencial. As habitações não restariam obstruídas por vias de passagem, preservando a vida comunitária e dando segurança às pessoas que ali transitavam (ANHAIA MELLO, 1933). Perry utilizou a caminhada de 5 minutos para definir distâncias a pé de componentes residenciais para não residenciais.

Essas características garantiam a diminuição da circulação corrente de vias principais dentro do bairro, proporcionando segurança aos moradores. Também permitia a redução da largura das vias internas, pois estas passariam a ter uma função de circulação local. Proporcionaria, por fim, um ambiente calmo e propício de vida em família. (ANHAIA MELLO, 1933).

Segundo esta teoria, os moradores deveriam viver em áreas que possuísem os itens: 1. Escola adequada e parques com uma distância de caminhada máxima de meia milha; 2. As ruas principais em torno e não através do bairro; 3. Ruas residenciais e não residenciais; 4. População grande o suficiente para suportar uma escola primária, que é normalmente de 5.000 a 10.000 pessoas; e 5. Algumas lojas de bairro e de serviços. (STEIN, 1950).

A *neighborhood unit* apresenta duas preocupações básicas: a distribuição dos equipamentos de consumo tendo como foco principal a escola e a recuperação das relações de vizinhança, que foram se perdendo com as transformações urbanas.

Em 1924, Clarence Stein e Henry Wright haviam incorporado algumas das ideias constantes na teoria de Perry em seu esquema para a comunidade Sunnyside, no Queens. Fizeram a primeira aplicação da ideia no plano urbano em Radburn (Nova Jersey), em 1929. Nesse mesmo ano, Perry publicou sua monografia de unidade de vizinhança, em que constam ilustrações do plano de Radburn.

O projeto (conforme ilustra figura 20) foi considerado uma inovação no planejamento da cidade e no modelo de urbanismo pensando no automóvel,

resolvendo os problemas de relacionamento entre as habitações, vias, caminhos, jardins, parques, blocos e vizinhança.

Figura 20 – Plano de Radburn

Fonte: Schaffer (1992).

O projeto contemplava os seguintes elementos: superquadras em lugar da característica de bloco, estreito e retangular; vias planejadas para usos específicos - pistas de serviço para acesso direto aos edifícios, vias secundárias ao redor das superquadras; principais vias através das estradas, que ligam o tráfego de várias seções, bairros e distritos; separação completa do pedestre e automóvel ou a separação tão completa quanto possível; passeios e caminhos roteados em lugares diferentes das estradas e em níveis diferentes quando elas se cruzam (viadutos); casas voltadas para os fundos, para jardins e parques, e; parque como a espinha dorsal do bairro - grandes áreas abertas, no centro das superquadras, que se tornavam um parque contínuo. (STEIN, 1950).

A aplicação dos conceitos da *neighborhood unit* e as mais sólidas experiências das cidades foram consolidadas nas chamadas *news towns* britânicas, ocorridas em meados de 1946.

Em Inglaterra, em torno da reconstrução do período pós-guerra, surgiu o Movimento das *News Towns*. Essa ideia adaptou alguns conceitos das cidades jardim, tentando aplicar mais eficientemente as normas de distribuição do espaço por habitante, circulações, equipamentos urbanos e organização da vida comunitária.

No período entre as duas guerras, o debate da cidade jardim levou a uma revisão teórica entre as figuras do *town plannig*. A visão filantrópica, empírica e idealizada desloca-se para uma visão mais técnica da programação urbanística e do território, e uma intervenção mais direta do Estado. A intervenção direta do Estado vai se manifestar como instrumento urbanístico bastante avançado.

Durante a Segunda Guerra Mundial, após a publicação do Relatório da Comissão Barlow sobre a Distribuição da População Industrial (1940), os planos começaram a ser estabelecidas por um programa de cidades do novo governo. Com isso, inicia-se a construção de cidades novas, mas isso não acontece acompanhado do descongestionamento da área central. Nesse momento, também, já havia uma base legislativa que dava suporte para as cidades (como o bloqueio de algumas áreas no cinturão verde).

No começo nos anos 30, já havia uma lei chamada *Town and Country Planning ACT* (1932), que tratava a cidade e campo juntos (perspectiva regional). Esse documento dizia que as medidas de planejamento valiam para todos os tipos de áreas, sejam elas construídas ou não construídas.

Em 1938, foi criado o *Green Belt*, uma legislação que definiu critérios de preservação para os terrenos nos cinturões verdes (8 km). Nos anos 40, foram instituídas outras leis nacionais: para descentralização da indústria; para critérios de desapropriação e para o controle de valorização das terras agrícolas.

Em 1943, foi criado um ministério de “Town and country”. Mas faltava uma legislação para a cidade nova. O planejamento britânico das novas cidades amparou-se principalmente em cinco atos do governo, sendo eles: 1. *Distribution of Industry Act*, em 1945; 2. *New Towns Act*, em 1946; 3. *Town and Country Planning Act*, em 1945; 4. *National Park and Access to the Countryside Act*, em 1949; e 5. *Town Development Act*, em 1952. Esses atos estabeleceram formas de financiamento e normas para a criação das cidades novas.

Em 1944, Patrick Abercrombie fez o Plano de Londres (conforme figura 21), que foi concebido com planos combinados para a renovação urbana em dez cidades-satélites, para serem construídas nos arredores de Londres, proporcionando novos negócios e residências, bem como combatendo a superlotação dentro da cidade. Abercrombie fortaleceu a ideia da necessidade de conter o crescimento da cidade, designando anéis de densidade variados na malha urbana e incorporando o conceito de cinturão verde.

Figura 21 – Plano de Londres

Fonte: Tafuri e Dal Co (1976).

Em 1947, foi aprovada a lei “*town and country*”, ampliando os direitos públicos sobre o controle do solo (contexto de Parker no poder), e consolidando os mecanismos do planejamento racionalista.

A lei *Town and Country Planning ACT 1947* abordava: o controle de direcionamento da urbanização no território nacional; o controle do preço da terra condicionado pela política pública e não pelos interesses do proprietário; a garantia de aquisição de terras pelo poder público; a garantia de implantação dos cinturões verdes; a compensação pela permissão de urbanizar; o controle do lucro dos proprietários decorrente da permissão para urbanizar; planos locais com diretrizes das terras necessárias para o poder público e com diretrizes da expansão urbana; a taxa de urbanização equivalente a valorização da terra resultante da permissão para

urbanizar; “concessão onerosa” do direito de urbanizar; “central land board” para gerir e monitorar os valores negociados; a aquisição compulsória de terras pelo poder público a preço limitado pelo valor do solo.

Foi uma lei geral para todos os processos de urbanização, garantindo o direito de o poder público poder agir. Com isso, a iniciativa privada ficou submetida à legislação do Estado.

As cidades novas podem ser classificadas em três gerações, sendo elas: *New town 1ª geração* (1946 – 1951); *New Town 2ª geração* (1951 – 1960) e *New Town 3ª geração* (anos 60). Na *primeira geração*, são realizadas 13 cidades (sendo 8 próximas de Londres), com três zonas (centro /industrial /residencial), contemplando Unidades de vizinhança e com população de 20.000 a 40.000 habitantes. Na *segunda geração*, as cidades são compactadas, com densidade 75 hab/ha, possuindo uma visão unitária do fenômeno urbano, com população de 70.000 a 100.000 habitantes (não tem mais a taxa de urbanização). Na *terceira geração*, acontece uma ênfase no sistema de transporte, um plano-processo, existência de participação dos cidadãos em decisões estratégicas, a ampliação da atuação do setor privado, possuindo uma população até 250.000 habitantes.

Nas França, as Villes Nouvelles (nos anos 60) adotaram a política de polos de desenvolvimento (ao redor do centro de Paris, onde agregava residências e indústrias), com uma perspectiva econômica para moradia e indústria, através de um plano regional promovido pelo governo (5 cidades no entorno de Paris).

As *New Towns* francesas possuíam até 500.000 habitantes. Essas possuíam lagos, uso de monumentalidade, alta densidade, proximidade da metrópole, atividade econômica projetada e prevista para funcionar em uma economia regional. As cidades novas francesas faziam parte de uma rede de manutenção das metrópoles, já as cidades novas inglesas eram autossuficientes.

A Itália não teve uma expressão importante nas cidades novas, mas possuiu uma expansão urbana de conjuntos habitacionais, áreas periféricas, polêmica urbana, projetos de bairros pós-guerra, debate acerca da relação entre a arquitetura e o urbanismo.

O aumento da população nas áreas periféricas criou uma nova demanda por comércio e serviços próximos às áreas residenciais, formando aglomerados

comerciais (HALL, 2002). Além disso, a infraestrutura que viabilizou os subúrbios, causando a periferação e espraiamento das cidades, foi subsidiada pelo governo, incentivando, assim, os empreendedores a construírem áreas residenciais distantes do centro das cidades, resultando em segregação, predomínio do automóvel e aumento da poluição (MACEDO, 2011).

1.1.2 Cidades Contemporâneas

A reação aos erros urbanos cometidos no período pós-guerra, gerando o processo de degradação das áreas centrais, segregação e espraiamentos das cidades, associado a uma maior conscientização ambiental e das grandes necessidades de mobilidade, no final do século XX, mobilizou vários movimentos de reforma urbana, tais como o movimento do Novo Urbanismo (New Urbanism), crescimento urbano inteligente (Smart Growth), Códigos Morfológicos (Smart Code), as construções sustentáveis e urbanismo compacto.

Em 1993, em Alexandria, ocorreu o primeiro Congresso para o Novo Urbanismo (CNU). Em 1994, sua dimensão foi reforçada pelo livro *The New Urbanism*, propondo a organização de sistemas regionais, valorização de transportes coletivos, uso misto de edificações, redução de percursos através de uma cidade compacta e estímulo à participação comunitária. As ideias se baseavam na cidade pré-industrial norte-americana e sua arquitetura, reforçando o controle da expansão urbana e a teoria da Unidade de Vizinhança. Em 1996, em Charleston, a versão final da Carta do CNU foi criada, refutando o CIAM e a Carta de Atenas (FARR, 2013).

O movimento defende a restauração de centros urbanos, reconfiguração dos subúrbios, conservação dos ambientes naturais e preservação do legado construído. Para isso, o *Novo Urbanismo* enfatiza a variedade de atividades e circulação urbana na mesma área, diversidade social, acessibilidade para o pedestre, formas sustentáveis de locomoção, participação democrática e incentivo a expressão da cultura local. Segundo A Carta do Novo Urbanismo, seus princípios são baseados nas premissas de que: os bairros devem ser diversos em uso e população; as comunidades devem ser projetadas para pedestres e trânsito, bem como para o carro; as cidades devem ser moldadas por espaços públicos e instituições

comunitárias fisicamente definidas e universalmente acessíveis; os locais urbanos devem ser enquadrados pela arquitetura e design paisagístico que celebrem a história local, clima, ecologia e prática de construção (LECCESE, KATHLEEN, 2000).

Esses princípios se resumem em: uma mistura de usos do solo e classes sociais, garantindo uma grande variedade urbanística; acessibilidade ao pedestre e ao veículo, incentivando a mobilidade sustentável com o uso de transportes públicos e pedestrianismo; cidades compostas por espaços públicos, definidos morfologicamente pelo traçado, acessíveis para todos os moradores, e; ambiente urbano moldado ao espaço construído e vegetado, garantindo sua historicidade, qualidade ambiental e arquitetônica.

Uma cidade sustentável é aquela que resguarda os princípios da vida, biodiversidade e cultura, minimiza os impactos ambientais, utilizando seus recursos com eficiência, gerando oportunidades econômicas e responsabilidades para todos, bem como técnicas éticas e apoio à economia local. Tudo isso gera uma melhoria de qualidade de vida, incentivo à equidade social e probidade cultural (CIB1, 2000).

Sendo assim, o urbanismo sustentável é um plano de desenvolvimento urbano, baseado na sustentabilidade multidisciplinar das cidades, que pode proporcionar o equilíbrio entre as edificações, o meio ambiente e a comunidade. É o caminho no sentido de uma melhor qualidade de vida para a população. Medidas como racionamento de água e energia, saneamento com baixo custo energético, transporte coletivo, aproveitamento da energia solar e eólica, proteção dos mananciais, coleta seletiva do lixo, agricultura orgânica e tratamento do esgoto fazem parte desse planejamento. Para completar esse quadro, além da preocupação com o máximo aproveitamento da iluminação natural e ventilação das edificações urbanas, estas devem possuir formas e materiais adequados, cinturões verdes, entre outros.

O movimento do Novo Urbanismo encontrou diversas dificuldades para implantação, tais como falta de investimento no centro urbano, o espraiamento (resultando em lugares sem identidade), a segregação racial e socioeconômica, a degradação ambiental, a perda de áreas rurais e matas nativas, e a decomposição da herança social e histórica (FREILICH, MENNILLO, SITKOWSKI, 2010).

Nos anos 90, juntamente com o movimento do Novo Urbanismo, surgem os Códigos Morfológicos, como uma nova regulamentação do espaço urbano, regulamentando de forma integrada as leis de zoneamento, uso e ocupação do solo, design urbano, padrões de obras públicas e controles arquitetônicos. O código coordena as escalas de desenvolvimento regional, municipal, de vizinhança e de construção, propondo relações entre o volumes e fachadas dos edifícios e o espaço público.

Para isso, é baseado no transecto (fig. 22 e 23), oferecendo uma diversidade de tipos de construção, vias e espaço públicos, com características adequadas às suas localizações. O Transecto é uma ferramenta de planejamento que orienta a distribuição dos edifícios e paisagens, usos e densidades e espaços cívicos. Ele é dividido em zonas, sendo elas (DUANY, PLATER-ZYBERK, SPECK, 2000): T1 Zona Natural - terrenos na condição natural, incluindo terrenos inadequados para o assentamento devido a topografia, hidrologia ou vegetação; T2 Zona Rural - terras escassamente povoadas em estado aberto ou cultivado, como bosques, terras agrícolas, pastagens e deserto irrigável; T3 Zona Suburbana - áreas residenciais de baixa densidade, adjacentes a zonas mais altas; T4 Zona Urbana Geral - uso misto, principalmente residencial, com blocos de tamanho médio; T5 Zona do Centro Urbano - construção de uso misto de maior densidade que acomoda comércio, escritórios e apartamentos; T6 Zona de Núcleo Urbano - maior densidade e altura, com a maior variedade de usos e edifícios cívicos de importância regional; Zona Cívica - Edifícios Cívicos; Distritos especiais - áreas com edifícios que, por sua função, disposição ou configuração, não se enquadrem nas demais zonas.

Figura 22 – Transecto urbano

Fonte: Duany & Plater-Zyberk (1994).

Figura 23 – Tipologias das zonas do transecto

Fonte: Duany & Plater-Zyberk (1994).

No final dos anos 90, dentro da mesma linha do movimento do Novo Urbanismo e dos Códigos Morfológicos, surge o Crescimento Inteligente, que foi incentivado por organizações como a Smart Growth Network e a agência de proteção ambiental americana (U.S. Environmental Protection Agency), contrapondo-se ao modelo de urbanismo disperso, que priorizou a implantação de condomínios e bairros desconectados das cidades, e defendendo o crescimento nas regiões centrais, evitando os vazios urbanos, altos custos de infraestrutura, especulação imobiliária e projetando a passagem natural (EWING & HODDER, 1998).

O urbanismo disperso gera o aumento de problemas ambientais por meio do uso indiscriminado da paisagem natural (em razão do assentamento da cidade), aumento do uso de recursos naturais, aumento do consumo de energia, alto custo de infraestrutura urbana e uso intenso do transporte, acarretando no aumento da poluição do ar.

O movimento defende dez princípios para o crescimento urbano inteligente, sendo eles (SMART GROWTH NETWORK/ICMA, 2002, 2003): 1. Uso misto do solo; 2. Desenhos compactos; 3. Tipologias habitacionais diversificadas; 4. vizinhanças orientadas para pedestres; 5. Comunidades diversificadas e atrativas com forte senso de lugar; 6. Preservação de espaços abertos, áreas agrícolas, naturais e ambientais; 7. Fortalecimento e desenvolvimento das comunidades; 8. Variedade de uso de transporte; 9. Tomada de decisão justa com relação custo-efetividade; 10. Colaboração entre comunidade e partes interessadas nas tomadas de decisão.

Pesquisadores como Richard Rogers (2001), Henri Acselrad (1999; 2009); Salvador Rueda (2006; 2012), Glaeser (2011) e Chakrabarti (2013) propõem a

compactação urbana, o incentivo ao uso de bicicletas e o caminhar do pedestre, integração do centro e periferia, resgate dos espaços de convívio e um planejamento com pontos nodais de transporte público. Espaços compactos e a diminuição de trajetos de caminhada estimulam a relação do homem com o ambiente, permitindo uma maior existência do senso do lugar, por meio da percepção da paisagem urbana.

Ainda no começo dos anos 2000, o arquiteto urbanista Salvador Rueda, fundador e diretor da Agência de Ecologia Urbana de Barcelona, passou a publicar e apresentar estudos favoráveis à compactação urbana, à planificação ecológica das cidades e instrumentos e metodologias de análise da atuação urbana.

Rueda defende a ideia de trabalhar com um urbanismo em três planos: 1. Altura; 2. Superfície; 3. Subsolo (conforme fig. 24); trazendo o mesmo nível de detalhes e escala que os projetos tradicionais de superfícies únicas. No plano *altura*, são redistribuídos vários níveis das funções que atualmente se encontram na superfície. As coberturas das edificações ficam vinculadas à biodiversidade, energia e água. O plano *subsolo* é destinado à área de serviços, distribuição urbana, estacionamento, mobilidade em massa dos passageiros, ciclo de água e gestão da energia. Com isso, no plano *superfície*, é possível priorizar os usos, a funcionalidade e o espaço público. (RUEDA et al., 2012).

Figura 24 - Urbanismo em três níveis

Fonte: Rueda (2007)

Os três planos da escala urbana, projetados na horizontal e religados na vertical, tendem a proporcionar uma amarração do modelo. Assim, o urbanismo de

três planos estimula o desenvolvimento urbano organizando, de uma forma abrangente, o espaço construído, a infraestrutura de alimentação e o espaço público, alcançando uma maior autossuficiência, funcionalidade e habitabilidade do ambiente urbano. (RUEDA, 2006).

O Urbanismo Ecológico requer unidades básicas de organização para quantificar e gerenciar os processos nas condições dos três planos. Estas células básicas são representadas pela *quadra* e *superquadra*. As *quadras* constituem a célula básica, unidade mínima, para a organização do espaço construído e os espaços livres. A *superquadra* é a unidade básica para a organização das redes de mobilidade e infraestrutura do espaço público e serviços, a estrutura da rede verde, equipamentos de rede e serviços básicos e das relações de vizinhança e comunicação com o entorno. (RUEDA, 2011).

A superquadra é definida por um conjunto de vias básicas, configurando um polígono ortogonal de 400m de largura, em cujo interior localiza as diferentes células de quadras (fig. 25). Essa estrutura é definida por uma repartição modal do sistema viário, reduzindo a supremacia do automóvel e potencializando o transporte público e os meios de transportes não motorizados. Assim, é possível definir novas utilidades para o espaço público no interior da superquadra, melhorando os parâmetros ambientais, disponibilizando espaços de permanência, reduzindo ruídos, consumo energético e a contaminação (RUEDA, 2006).

As superquadras são caracterizadas por: 1. Hierarquia da rede viária; 2. Integração das redes de mobilidade; 3. Reorganização da carga e descarga dos estacionamentos; 4. Acessibilidade; 5. Novo desenho do espaço público.

Na *hierarquia da rede viária*, são reorganizadas, funcionalmente, as ruas em dois tipos de vias: básicas e internas da superquadras. As redes básicas, perimetral, são ortogonais e suportam o tráfego pesado e o transporte coletivo. As vias internas são locais, de preferência ao pedestre, coexistindo com a ciclovias, veículos de serviços, emergência e residenciais. Na *integração das redes de mobilidade*, é reorganizado, diferenciando, cada modo de transporte, diminuindo os atritos entre o modo como cada um se move em velocidade. Na *reorganização da carga e descarga dos estacionamentos*, é permitido controlar os horários de acesso, mediante pilaretes retráteis e implantação dos pátios de estacionamentos no plano do subsolo, acessíveis por uma rede básica de circulação. Na *acessibilidade*, ocorre

a restrição do tráfego e melhorias no desenho das ruas (plataforma única, novo mobiliário urbano, etc.). No *novo desenho do espaço público*, são acomodados os usos e funções da vida cotidiana: permanência, esportes, lazer, etc. As ruas assumem o papel de local de encontro e relacionamento. (RUEDA, 2006).

Figura 25 - Esquema de superquadras

Fonte: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (2012).

A aplicação dos três planos do urbanismo ecológico mostra as inter-relações estabelecidas entre os diferentes eixos do modelo de sustentabilidade (fig. 26). A compacidade do tecido urbano, em altura, condiciona a insolação das fachadas, portanto, incide sobre a demanda de energia para a climatização do interior da edificação, aspecto que pertence à eficiência energética. As áreas verdes possuem impacto sobre a biodiversidade e qualidade dos espaços públicos e sobre as superfícies permeáveis e o balanço de calor urbano (eficiência). (AGENCIA DE ECOLOGÍA URBANA DE BARCELONA, 2008)

Figura 26 – Diagrama dos três planos do Urbanismo Ecológico

Fonte: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (2008).

O arquiteto Richard Rogers trabalha com as mesmas ideias, defendidas por Rueda, propondo cidades como sistemas ecológicos, compactas e autossustentáveis. Para isso, a cidade deve ter um metabolismo circular, com o consumo reduzido e reutilização dos recursos, menor poluição, evitando a expansão pela zona rural, densa e compacta e socialmente diversificada (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2001). A cidade compacta exige o abandono de zoneamentos monofuncionais e da predominância do automóvel. As vizinhanças devem estar localizadas juntos aos pontos nodais de transportes e possuir o crescimento ao redor do centro de atividade sociais e comerciais, permanecendo unidas, umas às outras, pelo transporte (fig. 27).

Rogers, em seu escritório Rogers Stirk Harbour + Partners, projetou diversos planos de cidades, tais como o Masterplan para Xangai (1994), Buena Vista em Singapura (2000), Grande Paris (2013) e o Plano de velocidade na Espanha (2014). Os planos materializaram as ideias de cidade compacta e interligada pelo transporte. Um exemplo disso é o projeto para Xangai, em Lu Zia Sui, com um desenvolvimento urbano policêntrico, compacto e sustentável, baseado na estrutura integrada de espaços públicos e do sistema de transporte (fig. 28).

Figura 27 – Diagrama dos três planos do Urbanismo Ecológico

Fonte: Rogers; Gumuchdjian (2001).

Figura 28 – Diagrama mostrando a hierarquia do sistema de em Lu Zia Sui (Xangai)

Fonte: Rogers; Gumuchdjian (2001).

No século XXI, autores como Sachs (2000); Barbirato, Souza e Torres (2007); Gouvêa (2002); Higuera (2006); Romero (1998; 2001; 2011); Oke (1987; 2006); Mascaró (2002; 2009); Lamberts R., Dutra L., Pereira F. (2013); Roriz (1987) continuam enfatizando o tema da arquitetura bioclimática e das condicionantes que envolvem o urbanismo bioclimático, trabalhando com a morfologia urbana por meio das condições do clima e território.

No ano de 2011, Romero publicou o livro *Arquitetura do lugar: uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília*. O trabalho foi resultado das pesquisas realizadas pelo Laboratório de Sustentabilidade aplicada à Arquitetura e Urbanismo (LASUS) e o grupo de pesquisa *a sustentabilidade na arquitetura e urbanismo*, FAU-UNB, em 2006 e 2007. A obra traz conceitos, teorias e métodos para a reabilitação arquitetônica e urbanística, com exemplos aplicados na cidade de Brasília e região, e estudos das dinâmicas e escalas de análise do espaço construído, defendendo o uso de espaços abertos qualitativos, sob o foco da sustentabilidade e o bioclimatismo (SILVA, 2011).

O método trabalha com os aspectos formais de quatro escalas essenciais para o tratamento urbano-arquitetônico do ambiente construído: 1. Escalas das grandes estruturas urbanas; 2. Escala da área; 3. Escala do lugar; 4. Escala do edifício. Na escala das grandes estruturas urbanas, é analisada a localização da cidade na região, latitude e altitude, forma, tamanho, densidade, porosidade e rugosidade da estrutura urbana. Na escala da área/setor/sítio, é verificado o tipo e o tamanho da malha urbana, grau de continuidade, compacidade, rugosidade e porosidade da massa construída. Na escala do lugar, são destacados os elementos sensoriais do espaço, por meio da orientação às energias naturais, estética da luz, uso dos atributos da cor, espaços do som, aromas e a presença de água. Na escala do edifício, é analisada a tipologia arquitetônica, forma e características da envoltória. (ROMERO, 2011).

A partir da análise das escalas de avaliação, a autora apresenta os métodos adequados para aplicar em cada escala (tabela 5), elencando métodos que trabalham com a forma urbana e o formato físico (todos os elementos que incidem energias naturais e possuem respostas de desempenho. Por meio da aplicação do método, de escalas urbanas, obteve-se a comprovação da utilização dos elementos nas escalas e a elaboração de estratégias gerais, baseadas nos resultados práticos de projetos.

Tabela 5 – Método das escalas de análise

GRANDES ESTRUTURAS URBANAS		ÁREA/SETOR/SÍTIO	LUGAR	EDIFÍCIO
MÉTODO ASPECTOS DA FORMA URBANA	Conformação espacial: espaçamento, disposição, altura, largura, profundidade da massa construída, densidade, uso e ocupação do solo, propriedades físicas dos materiais constituintes.	CONDICIONANTES AMBIENTAIS	MÉTODO – FICHA BIOCLIMÁTICA: DADOS ESPACIAIS – DADOS AMBIENTAIS	SIMULAÇÕES
	Relevo/declividade			
	Orientação: posicionamento da estrutura urbana aos caminhos aparentes do sol, aos ventos, às fontes de ruído, as massa de água; Permeabilidade do solo.	CONSTANTES MORFOLÓGICAS DOS ASSENTAMENTOS	MÉTODO COMPONENTES CÉNICOS	MÉTODO CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDADE DA PELE
			MÉTODO PERCEÇÃO SENSORIAL	MÉTODO – CARACTERÍSTICAS FORMAIS
			MÉTODO DISPOSIÇÃO AMBIETNAL	

Fonte: Romero (2011), organizado pela autora.

Para Higuera (HIGUERAS, 2006), o urbanismo bioclimático deve trabalhar com a morfologia urbana por meio das condições do clima e território, gerando um desenho urbano singular e diferenciado dos demais locais. Para alcançar essa condição de urbanismo, a autora propõe a metodologia: 1. *Conhecimento do ambiente físico e ambiental* - Estabelecer uma síntese das condicionantes do meio físico e ambiental por meio de planos ou diagnósticos; 2. *Conhecimento do clima* - Estabelecer as determinantes que condicionam o microclima local, o vento e o sol, com objetivo de quantificar as necessidades locais e formular as principais estratégias; 3. *Planejamento ambiental com princípios de urbanismo bioclimático* - Estratégias gerais por meio de documentos de planejamento territorial ou urbano, articulados mediante os sistemas gerais urbanos (rede viária, equipamentos e rede de zonas verdes e espaços livres) e a elaboração de normas ambientais.

No item *conhecimento do ambiente físico e ambiental*, são avaliados: a Geomorfologia - relevo, exposição (pela orientação), marcos; Água - superficial e subterrânea, córregos e rios, áreas de recarga dos aquíferos; Subsolo - capacidade de rolamento, permeabilidade; Vegetação - detalhes de espécies, porte, qualidade, ápice; Luz solar - movimento do sol por meio da carta cilíndrica, situações no inverno e verão; Vento - direção e velocidade no inverno e verão. No *conhecimento do clima*, são verificados: climograma bioclimático para latitude de lugar, estação, atividade e tecido; quantificação das necessidades locais no inverno e verão; estratégias gerais para sol, vento e umidade. No *planejamento ambiental com princípios de Urbanismo sustentável*, é instituído: planejamento territorial; plano de ordenação urbana com critérios ambientais - classificação do solo municipal (urbano, apto para urbanizar, protegido ou não urbanizado) e avaliação detalhada (uso residencial, industrial e equipamentos - usos característicos e limites por atividade e distância); sistemas gerais urbanos - viários, zonas verdes, equipamentos; ordenanças ambientais - condições de posição, aproveitamento, estética, higiênica e de uso. (HIGUERAS, 2006).

Em geral, as novas tendências urbanísticas buscam trabalhar com cidades: bioclimáticas, que equacionem as condições climáticas e naturais existentes; ecossistêmicas, trabalhando o meio urbano como um ecossistema, com um metabolismo sustentável, conservando os recursos naturais e com uso racionalizado de energia; com identidade, compreendendo o território e absorvendo leituras da

cidade existente; compactas, com uso racional da verticalização e dimensionada para pedestres, e; integradas ao sistema de transportes.

1.2 A CIDADE DE MARINGÁ

Maringá⁹, a terceira maior cidade do Estado do Paraná, conhecida como Cidade Canção, destaca-se por sua qualidade de vida e por ser uma das cidades mais arborizadas do país (fig. 29). O Município possui uma extensão territorial de 487,730 km², situando-se no Terceiro Planalto paranaense, na região Sul do Brasil, noroeste do Estado do Paraná, entre os paralelos 23° 15' e 23° 34' de latitude sul e os meridianos 51° 50' e 52° 06' de longitude oeste. É cortado pela linha imaginária do Trópico de Capricórnio.

Figura 29 – Vista do Parque do Ingá da cidade de Maringá

Fonte: Prefeitura de Maringá (2017).

O perfil geomorfológico da cidade de Maringá é caracterizado por ter um relevo do tipo coxilhado, com feições variando de suave a abrupto, entre 500 e 600 metros de altitude. Todavia, predomina o perfil suave, constituído por grandes extensões com baixas declividades, formando verdadeiros platôs, que são limitados

⁹ Maringá localiza-se no noroeste estado do Paraná, e apresentou, segundo o último senso da IBGE, em abril de 2010, uma população 357.077 hab mil habitantes. Tem com área de 486,433 km². A cidade foi fundada em 1947 e elevada à categoria de município em 1951, quando se desmembrou de Mandaguari.

pelos alinhamentos estruturais derivados de fraturamentos e zonas de erosão diferenciadas, em superfícies de contato e zonas de erosão diferenciadas, em superfícies de contato entre derrames de basalto distintos (MENEQUETTI, 2009).

O alinhamento que secciona o município na direção leste-oeste, formando uma zona de crista ou alto topográfico, configura localmente um grande divisor de águas, orientando a drenagem pluvial no sentido transversal em direção à Bacia do Rio Paranapanema ao norte e à Bacia do Rio Ivaí ao sul (MARINGÁ, 1997).

A cidade de Maringá foi planejada pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná. Essa foi uma empresa privada de capital britânico que produziu o planejamento territorial da região, resultando em parcelamento das áreas rurais e a um rede de cidades, com cerca de 69 sedes de municípios (BARNABÉ, 1989). A cidade ainda foi decorrente de um empreendimento ferroviário que avançou em direção ao norte do Paraná e à região noroeste de São Paulo, na primeira metade do século XX, possibilitando aberturas de eixos de linhas ferroviárias e a cultura de grandes cafezais (REGO, 2001).

A Companhia encarregou o engenheiro Jorge de Macedo de Vieira para projetar Maringá. Macedo projetou o Município com fortes influências dos preceitos da cidade-jardim, determinados pelo inglês Raymond Unwin. O engenheiro trabalhou no escritório de Barry Parker, que era sócio de Unwin e projetaram juntos as cidades *Letchworth* (1ª cidade jardim criada na Inglaterra em 1904) e *Hampstead* (1905).

Jorge Macedo de Vieira formou-se engenheiro pela POLI-USP, em 1917. Foi aluno de grandes nomes da engenharia e do urbanismo, como Ramos de Azevedo. Também tinha contato com Prestes Maia, que, além de prefeito de São Paulo, marcou intensamente com seus projetos e planos. Tratava-se de um momento em que havia intensas discussões urbanísticas no Brasil e no mundo.

Como plano de colonização, a Companhia de Terras do Norte do Paraná criou um eixo rodoferroviário de penetração, de Ourinhos (São Paulo) até o noroeste paranaense. O plano previa pequenas cidades afastadas da metrópole, mas interligadas, como um conjunto de cidades jardins, as cidades sociais. As cidades possuíam pequenas distancias entre si, em média 15 km, e a cada 100 km situava-se uma cidade maior. Assim, foram planejadas 4 cidades: Londrina, Maringá, Cianorte e Umuarama (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ, 1997). O projeto

de Maringá foi dimensionado para abrigar uma população final em torno de 200.000 habitantes.

A primeira ação pública para a regulamentação de Maringá ocorreu na forma de Código de Posturas e Obras, a Lei nº34/59, que foi aprovada em 31/10/59 e estabeleceu recomendação para a expansão urbana que se iniciou a partir da década de 60. A Lei estimulou mudanças nos índices urbanísticos e orientações para incorporação de novos loteamentos nos limites da cidade.

O primeiro plano diretor para a cidade foi elaborado em 1967, destacando-a como expoente e exemplo nacional, evidenciando-se a sua imagem como metrópole. O documento foi elaborado por uma equipe técnica multiprofissional, contratada pela Comissão de Desenvolvimento Municipal (CODEM). O plano definiu as diretrizes para um desenvolvimento racional da cidade.

1.2.1 Plano Inicial de Maringá

Para a escolha do sítio e o traçado da cidade de Maringá, tomaram-se como referência a localização da linha férrea e dois pequenos vales posicionados na face sul, que deram origem a dois parques da cidade: Parque do Ingá e o Horto Florestal. Os dois vales foram delimitados como parques urbanos, preservando as duas nascentes ali existentes. Entre os vales, posicionou-se o centro principal em uma área praticamente plana, configurando como o elemento principal do plano (REGO, 2001). O centro principal forma um eixo juntamente com a linha férrea e o centro esportivo (Estádio Willie Davids).

A cidade possui como referência e geratriz o eixo da estrada de ferro e a forma que o desenvolvimento no espigão determina. A ferrovia faz um grande eixo (em formato de arco) no sentido leste-oeste e a cidade acompanha ao seu redor.

A cidade de Maringá é caracterizada por um traçado diferenciado, acompanhando as curvas de nível do sítio escolhido (fig. 30). As vias ajustam-se à topografia onde as áreas residências buscam recuperar a ideia de unidade de vizinhança. Existe ainda a valorização das áreas verdes, como os parques, jardins e praças, bem como “park ways” (BJMV, 1999).

Figura 30 – Esquema básico do plano urbanístico

Fonte: Meneguetti (2009).

As curvas de nível foram determinantes para a formação da morfologia do traçado da cidade. Assim, as vias seguiram as configurações topográficas do terreno. A região central é caracterizada por traçado ortogonal, visto que é a parte mais plana, e os outros bairros possuem um traçado orgânico seguindo as curvas de nível. Com isso, a cidade caracteriza-se com traçados regulares e irregulares, proporcionando identidade ao local (a fig. 31 aponta o anteprojeto da cidade).

Figura 31 – Anteprojeto da cidade de Maringá

Fonte: Prefeitura do Município de Maringá (2006)

A partir das curvas de nível (da pendente do terreno e da configuração topográfica) é que se definiu a forma urbana alongada e o traçado orgânico como diretrizes para as principais avenidas. Com isso, é possível identificar um diálogo com o ambiente natural, estabelecendo um traçado irregular na maior parte da malha urbana, e um traçado regular (simetria e rigidez) no centro da cidade, com o desígnio de destacar o caráter e a importância do espaço público. (REGO, 2001)

A cidade contempla uma linha de eixo onde localiza-se a igreja Catedral, o Centro Cívico, Antiga Rodoviária, Centro Esportivo e Universidade Estadual de Maringá (conforme visualiza-se em parte na figura 32).

Além do centro principal, onde se localiza o centro cívico e a igreja da cidade, foram projetados outros centros secundários nos bairros, com uma correta proporção e relação. Assim, é possível identificar em cada bairro uma via principal destinada a serviços e comércios e vias locais destinadas a residências. Essa característica proporciona conforto aos moradores, já que estes podem ter suas necessidades supridas na própria região.

O desenho da cidade, que tem uma estrutura polinuclear (fig. 33), possui uma hierarquia em relação entre o elemento principal do plano e seus centros secundários. Cada bairro apresenta uma praça cercada por seu núcleo comercial, colocada junto às vias principais que cruzam a área.

Fator importante do projeto de Vieira é o uso de eixos estruturadores, influenciado pelas premissas de Unwin, que organizavam as circulações dos bairros, interligando-os ao centro. No encontro destes eixos, posiciona-se uma rotatória que além de formalizarem o tráfego, trazem efeitos de valorização arquitetônica aos espaços. Essas possuem o uso destinado a praças urbanas ou rotatórias verdes, com muito uso de vegetação e espaços livres. Estes locais também funcionavam como centros secundários, geralmente no ponto central do bairro, com edificações comerciais, e acarretam à cidade o atributo de ser polinucleada (REGO, 2001).

Figura 32 – Eixo monumental de Maringá

Fonte: Prefeitura do Município de Maringá (2006).

Figura 33 – Polarização

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá (1997).

As vias principais da cidade são caracterizadas por avenidas largas, com canteiro central amplo, e o uso de vegetações arbóreas centrais e laterais nas calçadas. As vias locais possuem árvores nas calçadas. Assim, as vias da cidade são conhecidas como grandes corredores de *Boulevards*, já que o termo designa vias, geralmente largas, com muitas pistas divididas nos dois sentidos, projetadas com alguma preocupação paisagística. Essa mesma preocupação é vista por toda a cidade, por meio das vias arborizadas, praças paisagísticas e grandes parques verdes (a fig. 34 aponta o traçado da cidade).

Figura 34 – Traçado da cidade de Maringá

Fonte: Recco (2005).

O projeto de Macedo procurou extrair o melhor proveito da topografia do terreno. Com isso, a maior parte das vias é feita em curvas de nível. Assim, percebe-se a preocupação com proteção de áreas sujeitas à erosão, áreas verdes e vegetação natural. A cidade possui avenidas principais destinadas predominantemente ao comércio. Essas avenidas estão presentes nos bairros, passando em suas extremidades ou cortando em seu interior. Esses focos de comércio são destinados à população do bairro.

Visando que o sistema viário da cidade de Maringá se ligasse ao sistema rodoviário, a proposta foi dividir as vias em dois setores: urbano e não urbano. O

sistema viário urbano foi estabelecido em uma hierarquia viária, sendo: 1) *Contorno Viário* – ao sul da cidade; 2) *Vias Estruturais* – considerando a predominância de fluxo no sentido leste-oeste; 3) *Vias de Penetração* – partindo transversalmente das estruturais, adentrando aos diversos bairros ou zonas industriais; 4) *Vias Coletoras* – ligando as estruturais, principalmente onde nascem as vias de penetração, visando a flexibilidade do tráfego; 5) *Vias de Ligação* – paralelas às estruturais e que visam interligar as vias de penetração entre si, servindo de alternativa e apoio às estruturais; 6) *Vias de Uso Preferencial de Pedestres* – destinadas principalmente à circulação de pedestres e ao estacionamento de veículos; 7) *Vias de Interesse Paisagístico* – vias de interesse turístico; 8) *Expansão Futura* – seguindo estudos de diretrizes viárias.

As Vias Estruturais podem ser divididas em: a) *Estrutural Regional* – Avenida Colombo, considerando-a como via de acesso e saída para o tráfego rodoviário que penetra na cidade; b) *Estrutural Comercial* - Avenida Brasil, considerando-a a via principal de comércio da cidade; c) *Estrutural Residencial* – via de tráfego de caráter residencial. As Vias de Penetração podem ser repartidas em: a) *Penetração Residencial* - adentrando em bairros residenciais; b) *Penetração Industrial* – entrando em áreas industriais. A Expansão Futura segue as orientações: Contorno Viário; Vias Estruturais; Vias de Penetração; Vias Coletoras; Vias Perimetrais; Vias Secundárias – as demais ruas que completam a rede urbana.

A concepção do plano de Maringá implementou a arborização urbana como decoração natural. Cada via recebeu um tratamento diferente, plantando-se em cada uma espécie distinta das demais, conferindo a cada via a própria individualidade (REGO, 2001). Como exemplo, pode-se encontrar *Flamboiant* nas Avenidas Tiradentes e Cerro Azul, *Grevíleas* na Avenida Papa João XXIII, *Jacarandá Mimosa* na Avenida Juscelino Kubitschek e *Sibipirunas* que predominam nas ruas locais.

O primeiro plano diretor, de 1967, propõe a divisão da vegetação em: Grandes Áreas Verdes e Pequenas Áreas Verdes. A primeira, além de possuir os dois bosques e o horto florestal, é constituída das reservas de faixas *non-aedificandi* dos córregos que pertencem ao espigão central. Essas faixas são preservadas com a função de prevenir erosão nas margens dos córregos. Os bosques devem sofrer tratamento paisagístico adequado, preservando as vegetações e elementos naturais.

O plano diretor (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ, 1997) dispõe que o projeto de Maringá foi baseado no zoneamento rígido de usos e níveis de habitação da Carta de Atenas. O plano inicial previa um zoneamento do uso do solo por função (fig. 35), sendo assim, foram estabelecidas zonas residenciais destinadas às classes sociais mais elevadas e outra para as populares, zonas comerciais, industriais, centro cívico, aeroporto, estádio municipal, áreas verdes, parques etc. Desse modo, a zona 02 foi delimitada como *zona residencial principal* abrigoando as classes mais elevadas.

Figura 35 – Zoneamento da planta original de Maringá.

Fonte: Pereira (2011).

Assim, o primeiro plano diretor fez uma proposta que procurou respeitar o plano inicial e integrar as áreas ocupadas que ultrapassassem o antigo zoneamento. A divisão proposta abordou as zonas: 1) Zona Comercial (ZC-1, ZC-2 e ZC-3); 2) Zona Residencial (ZR-1, ZR-2, ZR-2, e ZR-4); 3) Zona Industrial (ZI-1 e ZI-2); 4) Zona Especial (ZE) (fig. 36 e 37).

No centro da cidade de Maringá (ZC-1), o zoneamento permitiu maiores densidades por meio da verticalização dos edifícios e amenizou a expansão horizontal. A verticalização proposta contribuiu para a densificação da área central, valorização das zonas comerciais e das vias principais, o que elevou o valor do solo, segregando a população.

Figura 36 – Planta Esquemática de Maringá com loteamentos Populares – 1960

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá (1997).

Figura 37 – Planta Esquemática de Maringá – Segundo o padrão econômico – 1967

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá (1997).

1.2.2 Perfil da cidade de Maringá

O traçado urbanístico de Maringá, inicialmente planejado na metodologia das Cidades Jardins, sofreu crescimento acelerado nas décadas seguintes, passando de 40 mil habitantes, em 1950, para quase 460 mil em 2010 (fig. 38).

Figura 38 – Evolução populacional de Maringá
Evolução da população | 1950 a 2010

Fonte: IBGE (2010).

Figura 39 – Evolução da malha urbana 1947 – 2014

Fonte: Rubira (2016).

Apesar de existirem leis para o controle e ordenamento do crescimento urbano, este ocorreu de forma dispersa e direcionada para o sentido norte do Município (fig. 39). Esse crescimento urbano reflete a história e desenvolvimento econômico, identificando três principais ciclos, sendo eles: 1. 1947-1967 – compra e venda das terras da companhia; 2. 1967-1979 – auge da agricultura cafeeira, e; 3. 1979-2006 – economia voltada ao comércio e prestação de serviços (PEREIRA, MENEGUETTI e REGO, 2011). O crescimento deixou alguns vazios urbanos espalhados pela cidade, inclusive nas regiões centrais, e contribuiu para a formação de hiatos urbanos (fig. 40) – lotes de grande área e usos variados, com baixa densidade e grandes equipamentos institucionais (MENEGUETTI, 2015).

Figura 40 – Evolução das faixas de hiato urbanas em Maringá

Fonte: Pereira, Meneguetti e Rego (2011).

Em 2010, a alteração do plano diretor vigente (LC 632/2006), por meio da Lei Complementar nº 799, gerou problemas de instrumentos urbanísticos e estimulou esse crescimento disperso da cidade. A alteração introduziu uma mudança significativa de ordenamento territorial. A Macrozona Urbana de

Contenção foi transformada em Macrozona Urbana de Ocupação Imediata (fig. 41). Essa alteração permitiu a ocupação dos vazios existentes, ainda que periféricos, ampliando a oferta de lotes e garantindo uma maior viabilidade, para o mercado imobiliário, nas áreas periféricas da cidade, com pouca infraestrutura e preço de terra menor, assegurando a atuação do mercado imobiliário em diferentes frentes (BRAJATO, 2017).

Figura 41 – Evolução das faixas de hiato urbanas em Maringá

Fonte: Prefeitura de Maringá (2010).

A partir dessa alteração, o instrumento de Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsórios (PEUC¹⁰), cuja implantação no município teve início em 2009, teve seu objetivo completamente distorcido, contribuindo para o espraiamento urbano (BRAJATO, 2017). As áreas de incidência do PEUC ocorreram em todo o perímetro urbano da cidade (fig. 42), inclusive em lotes sem infraestrutura urbana, de uso agrícola e de uso industrial.

Figura 42 – Imóveis notificados para o PEUC na 1ª e 2ª etapas

Fonte: Brajato (2015).

¹⁰ Instrumento com objetivo de impulsionar os proprietários de imóveis urbanos (não utilizados ou subutilizados em regiões centrais ou estratégicas) a cumprir a função social da propriedade, previsto na Constituição Federal e no Estatuto da Cidade (art. 5º e seguintes da Lei 10.257/2001).

O zoneamento, partindo da proposta inicial de Zona Comercial, Residencial, Industrial e Especial, desdobrou-se em dez zonas (fig. 43), sendo elas: 1. ZC – zona de comércio central; 2. ZCS – comércios e serviços setoriais; 3. ZI – zonas de uso industrial (1 a 3); 4. ZE – zonas especiais (1 a 24); 5. ZEIS – zona de interesse social (ZE22); 6. ZR – zonas de uso residencial (1 a 6); 7. ER – eixos residenciais (A a C); 8. ECS – eixos de comércio e serviços (A a E); 9. ZP – zonas de proteção ambientais (1 a 20); ZRU – zona rural; 10. ZUE – zona de urbanização específica; 11. SER – setor de eixos rodoviários.

Figura 43 – Eixo viário e zoneamento urbano

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá (2017).

O zoneamento permitiu maiores densidades por meio da verticalização dos edifícios, com cota máxima de 650 metros, nas zonas e ZC, ZCS, ZEA/B/C/16/17/18, ZR3/4/6, ERA/B. Porém, esta ocorreu mais intensamente na ZC e na ZR4 (conforme apresenta fig. 44), que já eram zonas permissíveis de alturas. Nas demais zonas, o

aumento das alturas máximas ocorreu posteriormente por meio de alterações legislativas, com incentivo à verticalização. Já existem, hoje, diversos projetos de edifícios em andamento, por isso, esse processo de densificação acontecerá nos próximos anos.

A centralização da verticalização continuou elevando o valor do solo, segregando ainda mais a população. As maiores concentrações de rendimento, por domicílio, estão nas regiões centrais verticalizadas e ao sudoeste e sudeste, locais em que se concentra grande parte dos condomínios fechados da cidade (fig. 45).

Apesar de ser reconhecida e fazer parte das cidades turísticas nacionais, em razão da beleza natural de seus bosques centralizados e vastas áreas verdes, o Município de Maringá perdeu muitas áreas de preservação com o aumento da população. Os espaços arborizados perderam território para a especulação imobiliária, a exemplo do Bairro Novo Centro.

Figura 44 – Habitantes por hectares

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá (2017).

Figura 45 – Rendimento do responsável do domicílio

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá (2017).

Os novos loteamentos, implantados após o plano inicial, não deram continuidade às características de cidade jardim e unidade de vizinhança, tais como espaços destinados a grandes áreas verdes, praças e dimensionamento de bairros pautados nos equipamentos urbanos comunitários (fig. 46). Nesse sentido, verifica-se a concentração de praças na região do plano inicial e quase sua ausência nas demais regiões.

Os parques e bosques também se concentram na região do plano inicial. Porém, existem diversos corredores verdes espalhados em toda a extensão da parte norte e sul do município, que são formados pelas preservações dos fundos de vales (70 km de dimensão). Essa preservação iniciou em 1979, com o Plano de Diretrizes Viárias, que projetou corredores verdes de 60 metros, de cada lado dos rios, limitados pelas vias paisagísticas (PREFEITURA DE MARINGÁ, 1997). O objetivo era que essa normativa originasse, futuramente, os parques lineares de Maringá, porém, essas áreas ainda não chegaram a formar esses parques. Há, no Município,

diversas áreas sem a via paisagística e áreas que ainda são particulares, para as quais não existe, ainda, uma política de implantação e manutenção.

Figura 46 – Relevo e vegetação de Maringá

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá (2017).

A cidade ainda possui um grande número de vegetação arbórea nas calçadas. As espécies mais encontradas são a sibipiruna, ipê roxo, tipuana, oiti, falsa murta, jacarandá, ligustrum, alecrim, ipê amarelo e *flamboyant* (tabela 6). Em

geral, as espécies possuem copas com grandes extensões, gerando uma grande porção de sombreamento nas calçadas (tabela 7).

Tabela 6 – Frequência em Porcentagem (F) das 10 principais espécies arbóreas encontradas

Nome Popular	Nome Científico	Total	F (%)
<i>SIBIPIRUNA</i>	<i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth.	36.570	39,21
<i>IPÊ ROXO</i>	<i>Tabebuia avellanedae</i> Lorentz ex Griseb.	9.595	10,28
<i>TIPUANA</i>	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	6.263	6,72
<i>OITI</i>	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	3.257	3,49
<i>FALSA MURTA</i>	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	2.965	3,18
<i>JACARANDÁ</i>	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	2.680	2,87
<i>LIGUSTRUM</i>	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	2.596	2,78
<i>ALECRIM</i>	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	2.560	2,74
<i>IPÊ AMARELO</i>	<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex A. DC.) Standl.	1.844	1,98
<i>FLAMBOYANT</i>	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	1.397	1,5

Fonte: Sampaio, de Angelis (2008).

Tabela 7 – Diâmetro a altura do peito média (DAP); Altura total média (HT), Diâmetro de copa médio (DCOPA) e Altura da primeira bifurcação (HB) 10 principais espécies arbóreas encontradas

Nome Popular	N.	DAP	HT	DCOPA	HB
<i>SIBIPIRUNA</i>	12388	0,48	11,2	12,91	2,11
<i>IPÊ ROXO</i>	2598	0,36	10,82	10,6	2,38
<i>TIPUANA</i>	3775	0,5	11,92	13,99	2,28
<i>OITI</i>	373	0,1	3,07	2,58	0,63
<i>FALSA MURTA</i>	387	0,14	2,79	2,79	0,44
<i>JACARANDÁ</i>	612	0,46	10,95	12,32	2,03
<i>LIGUSTRUM</i>	303	0,38	9,22	9,94	-
<i>ALECRIM</i>	1261	0,31	6,73	8,16	1,1
<i>IPÊ AMARELO</i>	550	0,21	7,6	7,42	-
<i>FLAMBOYANT</i>	754	0,42	7,54	14,26	2,32

Fonte: Sampaio (2006); Tudini (2006).

Apesar de a cidade ser conhecida pela sua arborização nas calçadas, não existe uma política de sua implantação e manutenção. Assim, o município enfrenta diversos problemas relacionados à vegetação arbórea, tais como revestimento dos pisos, devido ao plantio de espécies inadequadas para as calçadas, doenças e

pragas nas árvores, devido à falta de programa específicos de prevenção e combate, entre outros.

A cidade tem passado por um crescimento acelerado em todos os âmbitos, da construção, geração de empregos, desenvolvimento populacional e também educacional, garantindo um grande aumento do produto interno bruto do município (fig. 47). No final dos anos 60 e início dos anos 70, o município já se constituía numa cidade de base produtiva industrial, especialmente de agroindústria. A cidade desempenha não só o importante papel de polarização industrial e de centro de prestação de serviços, como também é um dos mais importantes centros de comercialização de produtos agrícolas e distribuição de produtos industrializados para a sua região, para outras regiões do Estado e para fora dele.

Apesar de o município possuir um importante papel no setor industrial e agropecuário, o setor de serviços responde, sozinho, por quase 70% do produto interno bruto (PIB) de Maringá (fig. 48). O comércio é o principal setor da atividade empresarial da cidade, possibilitando uma renda per capita mensal média de R\$ 1.187,53, sendo a segunda maior do Paraná (IBGE, 2010).

Fonte: IBGE (2010).

A economia do município é eminentemente urbana, já que há uma prevalência desta população em relação à rural (98,2% da população é urbana). A população de 357.077 habitantes, com o predomínio de mulheres, representando 51,91% do total, é distribuída na unidade territorial de 487,052 km², correspondendo a densidade demográfica de 733,14 hab/km² (IBGE, 2010).

Figura 48 – Produto interno bruto (valor adicionado)

Fonte: IBGE (2010).

Figura 49 – Característica da população

Fonte: IBGE (2010).

Em Maringá, existe a predominância da população jovem, para ambos os sexos, sendo a faixa etária com maior percentual de 20 a 24 anos, com 10,4% do total da população (fig. 50). Essa concentração ocorre devido aos movimentos migratórios, trazidos pelas oportunidades de trabalhos locais, pelo grande número de instituições de ensino superior e pelas condições de infraestrutura que o município oferece.

Essa faixa etária caracteriza, principalmente, pelo período de estudo acadêmico. A cidade possui dez instituições de ensino superior (tabela 10). Todas essas faculdades contribuem para a concentração de estudantes na cidade. Além disso, a Universidade Estadual de Maringá, devido à sua qualidade, constitui intenso atrativo a esse público. O campus sede, com mais de um milhão de m², está presente com atividades de ensino, pesquisa e extensão.

Figura 50 – Pirâmide etária da população – distribuição por sexo e idade

Fonte: IBGE (2010).

Tabela 8 – Instituições de Ensino superior em Maringá

Instituições de ensino superior	CURSOS DE GRADUAÇÃO	NÚMERO DE ALUNOS (GRADUAÇÃO)	NÚMERO DE PROFESSORES	IGC/2009*
Centro Universitário de Maringá (Cesumar)	50	10.000	553	3
Faculdade Alvorada	17	450	52	2
Faculdade Cidade Verde (FCV)	6	1.100	38	2
Faculdade de Tecnologia América do Sul	3	350	20	3
Faculdade Ingá (Uningá)	17	3.500	217	3
Faculdade Maringá	3	1.700	84	2
Faculdade Metropolitana de Maringá (Unifamma)	10	2.340	155	2
Instituto Superior de Educação do Paraná (Insep)	1	906	36	3
Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR)	4	968	50	3
Universidade Estadual de Maringá (UEM)	63	16.600	1.570	4
TOTAL	174	37.914	2.775	

Fonte: O Diário de Maringá (2010).

O município também possui um dos Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) mais altos do país, classificado, em 2010, com 0,808. O IDHM é calculado avaliando três dimensões da cidade: 1. Educação; 2. Longevidade, e; 3. Renda.

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

O clima é um fator determinante nas variações da natureza, bem como nas manifestações e tipologias arquitetônicas e culturais. A harmonia entre o habitat e o meio ambiente sempre influenciou a arquitetura e o urbanismo. Diversos autores produziram estudos e trabalhos que demonstram a influência do clima sobre o meio urbano (GIVONI, 1976; OLGYAY, 1998; MONTEIRO, 2008; KOENIGSBERGER et al., 1977; OKE, 1987; SPIRN, 1995; FERREIRA, 1965; LYNCH, 1995; LOMBARDO, 1985; AYAODE, 1983; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013; ROMERO, 2001).

A relação dos estados físicos do ambiente atmosférico, de determinada localização geográfica, origina o clima (KOENIGSBERGER et al., 1977). Assim, este é determinado pela variação e combinação dos elementos climáticos, tais como radiação solar, temperatura do ar, umidade, ventos, etc. (GIVONI, 1976). O clima urbano, por sua vez, abrange a relação de características de um determinado espaço terrestre com sua urbanização (MONTEIRO, 1976). Refere-se à modificação desse espaço, clima local, por meio das características do ambiente urbano, tais como a rugosidade, a ocupação, os materiais construtivos, a permeabilidade, etc. (OKE, 1987).

A atmosfera urbana admite escalas climáticas divididas em três níveis (tabela 9), sendo eles: 1. macroescala – para áreas maiores de 2000 Km, com as interações da radiação solar, da curvatura e movimentos do planeta, descrevendo o clima de uma região, por meio da temperatura, ventos, umidade, nebulosidade e precipitação; 2. mesoescala – para regiões metropolitanas de 2 a 2000 Km, reagindo à influência da energia disponível e das feições do meio terrestre, causando mudanças da condição do clima (da macroescala), por meio da topografia local, originando climas regionais; 3. microescala – para áreas da cidade de até 2 Km de extensão, que é

influenciada pela ação do homem no meio natural, referente à urbanização, gerando a ambiência urbana (OKE, 1987; RIBEIRO, 1993; ROMERO, 2001).

Tabela 9 – Escalas climáticas nas áreas urbanas

Fonte: Oke (2006).

As escalas são formadas a partir dos elementos de influência, que podem ser fatores globais, que condicionam o clima na macroescala (radiação solar, latitude, longitude, altitude, ventos e massas de água e terra), ou fatores locais, na microescala, dando origem às pequenas áreas, os microclimas, gerados pela topografia, vegetação, superfície natural do solo e superfície construída (ROMERO, 1998). Esses fatores locais colaboram para a formação do clima urbano. A geometria das edificações, densidade demográfica, materiais das construções e superfícies, morfologia urbana, áreas livres, entre outros, contribuem para o desenvolvimento do microclima local (LOMBARDO, 1985).

2.1 CONFORTO TÉRMICO NO MEIO URBANO

No século XIX, iniciaram-se os primeiros estudos científicos de clima urbano, tais como as observações das variações térmicas entre a cidade e as áreas rurais de Londres, de Luke Howard, e as observações de alterações climáticas ocasionadas pelas urbanizações, de Landsberg (MONTEIRO, 1976).

O ambiente urbano é constituído por influências do espaço construído, o sistema antrópico e por influências das variações climáticas, o meio biológico e físico (MOTA, 1999). Essas influências, antrópicas, biológicas e físicas, formam o ecossistema urbano e abrangem todas as variáveis ambientais, com as características físicas do espaço urbano (UNGER, 1995). Dessa maneira, todas as composições da malha urbana, a exemplo do sistema viário, lotes, praças, zoneamento e uso e ocupação do solo, devem considerar os aspectos climáticos ambientais, para a melhora do conforto térmico.

O conforto térmico é o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda (ASHRAE, 2004), e, sendo o homem um ente homeotérmico, possui a necessidade de conservar a temperatura interna do corpo constante, mesmo estando em condições externas variáveis. Assim, o conforto térmico é definido como a sensação do organismo, quando perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo, sem recorrer a nenhum mecanismo termorregulador.

Os estudos de conforto térmico possuem duas abordagens distintas das condições microclimáticas das edificações: 1. Modelo Estático - realizada em câmaras climatizadas, considerando o homem como um receptor passivo do ambiente térmico; 2. Modelo Adaptativo - realizada em estudos de campo, considerando o homem como um agente ativo, interagindo com o ambiente térmico (LAMBERTS et al., 2011).

As normas existentes acerca do conforto térmico possibilitam as referências e norteamentos para os estudos e aplicações sobre meio construído, sendo elas: ISO 7730 - *Ergonomics of the thermal environment / Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria* (ISO, 2005); ISO 7726 - *Ergonomics of the thermal environment/Instruments for measuring physical quantities* (ISO,1998); ASHRAE Standard 55 - *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* (ASHRAE, 2010); ISO 8996 - *Ergonomics of the thermal environment / Determination of metabolic rate* (ISO, 2004); ISO 9920 - *Ergonomics of the thermal environment / Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble* (ISO, 2007).

2.1.1 Morfologia Urbana e Ilhas de Calor

O planejamento urbano adequado, que considera fatores climáticos e ambientais, entre outros aspectos humanos e sociais, é fundamental para o funcionamento das cidades. Ele norteia as diretrizes de geometria urbana com o intuito de promover uma ventilação natural eficiente, contribuir para a estabilidade de uma boa umidade relativa e uma apropriada temperatura do ar, gerando o conforto térmico, acústico e visual para os usuários, além de evitar o desperdício de energias não renováveis. Desse modo, possui um intenso impacto no microclima local, afetando o conforto e a qualidade do espaço dentro de uma cidade.

A morfologia urbana é a ciência que estuda as estruturas, formas e transformações das cidades, ou seja, um conceito relacionado à imagem, na qual as pessoas fazem leituras de objetos arquitetônicos e urbanos (edifícios, praças, ruas, etc.). Estuda os aspectos exteriores do meio urbano e as suas relações recíprocas, definindo e explicando a paisagem urbana e a sua estrutura. Assim, a morfologia urbana apresenta três dimensões espaciais: 1. Dimensão Setorial – Escala da rua; 2. Dimensão Urbana – Escala do bairro, e; 3. Dimensão Territorial – Escala da cidade (LAMAS, 1993).

Segundo Romero (2011), a morfologia deve ser trabalhada com os aspectos formais de quatro escalas essenciais, para o tratamento urbano-arquitetônico do ambiente contruído: 1. Escalas das grandes estruturas urbanas; 2. Escala da área/setor/sítio; 3. Escala do lugar; 4. Escala do edifício. Na escala das grandes estruturas urbanas, é analisada a localização da cidade na região, latitude e altitude, forma, tamanho, densidade, porosidade e rugosidade da estrutura urbana. Na escala da área/setor/sítio, é verificado o tipo e o tamanho da malha urbana, grau de continuidade, compacidade, rugosidade e porosidade da massa construída. Na escala do lugar, são destacados os elementos sensoriais do espaço, por intermédio da orientação das energias naturais, da estética da luz, do uso dos atributos da cor, dos espaços do som, dos aromas e da presença de água. Na escala do edifício, são analisadas a tipologia arquitetônica, forma e características da envoltória.

As variáveis relacionadas com o meio ambiente e as variáveis relacionadas com o meio urbano, e ainda, a sua relação com o suporte urbano, podem indicar o modo que as condicionantes locais climáticas podem modificar os assentamentos. As variáveis relacionado com o meio ambiente – radiação solar, vegetação, vento,

água e umidade do ar e geomorfologia – e as variáveis relacionadas com o meio urbano – rede viária, espaços livres, morfologia das quadras e lotes e tipologia arquitetônica – possuem uma matriz de relação (tabela 10). (HIGUERAS, 2006).

Tabela 10 – Matriz de interação entre o meio natural e o meio urbano

		VARIÁVEIS DO MEIO NATURAL				
		Sol	Vegetação	Vento	Água	Geomorfologia
VARIÁVEIS DO MEIO URBANO	Rede viária	Orientação Forma	Localização	Orientação Forma	Microclima	Condição do solo Adaptação topográfica
	Espaços livres	Orientação Forma	Espécies Densidade Localização	Orientação Forma	Microclima	Condição do solo
	Condições da quadra	Orientação Geometria Densidade		Orientação Geometria Densidade		
	Condições do lote	Geometria Alturas Ocupação Potencial construtivo		Geometria Alturas Potencial construtivo		
	Condições da edificação	Controle solar		Ventilação interna Localização de aberturas	Microclima interno	

Fonte: Higuera (2006), adaptado pela autora.

Nas cidades, a ocupação do solo possui grandes áreas edificadas, pavimentadas e impermeáveis, colaborando para o aumento das temperaturas, em relação aos ambientes naturais circunvizinhos, causando o fenômeno urbano da ilha de calor. Nesse sentido, a ilha de calor urbana (ICU) é um dos fenômenos climáticos ocasionados pela urbanização, especificamente pela capacidade de armazenamento de calor dos materiais construtivos, diminuição da umidade do ar, por meio dos materiais de superfícies, diminuição da velocidade dos ventos, pela rugosidade da superfície, aumentando a absorção da radiação solar e diminuindo o albedo.

O meio urbano apresenta diversos desempenhos térmicos de absortância (capacidade de aquecimento dos materiais urbanos) e de emitância (capacidade de natural de resfriamento dos materiais urbanos). A troca desses desempenhos térmicos são influenciadas pela forma da estrutura urbana, a exemplo dos cânions

urbanos, que possuem perdas por radiação, com o bloqueio da abóboda celeste por meio dos edifícios, contribuindo para o aquecimento noturno. Em centros urbanos, é possível perceber, em grande parte, ilhas de calor noturnas de pelo menos 3°C a 5°C e ilhas de calor diurnas de 1°C a 2°C (GIVONI, 1998).

Figura 51 - Variação diurna e noturna da temperatura superficial e atmosférica

Fonte: USEPA (2008).

Em climas tropicais, região climática do Brasil, são identificadas mais ilhas de calor diurnas do que noturnas, em razão da maior umidade do solo da área rural e da alta emissividade da atmosfera para a superfície, o que gera, inclusive, grandes taxas de estresse térmico, durante o dia (JONHSON, 2005). Também são identificadas, em menores intensidades, ilhas de frescor, geradas, principalmente, pelo sombreamento dos edifícios e das vegetações (EMMANUEL, 2005). Assim, a morfologia urbana também pode ser utilizada como fator de manejo de adequação do clima, trabalhando com cores, densidades, edificações e outros elementos, de modo a amenizar e melhorar a qualidade de conforto urbano (GIVONI, 1998).

O uso de materiais construtivos para as superfícies urbanas, por exemplo, possui influência no acúmulo de energia radiante, podendo auxiliar na redução dos ganhos térmicos, melhorando as condições térmicas do ambiente urbano e reduzindo as ilhas de calor. As características dos materiais, que influenciam no

balanço térmico, são determinadas pelos valores de emitância, absorvância e albedo.

Um dos estudos muito relevantes de controle da ICU é o Fator de Visão do Céu (sky view fator - FVC), que é a razão entre o céu visível e o céu disponível (CHAPMAN, 2007; ROMERO, 2011). O fator estuda a geometria urbana, considerando a abóbada celeste no balanço de energia (OKE, 1974). Assim, quanto menor for o FVC, maior é a temperatura do ar (fig. 52), em razão do acúmulo de calor das superfícies, com escala de avaliação de 0 até 1. O fenômeno da ICU pode ser observado em edificações com 60% de FVC, com obstrução de 40% da abóbada celeste (ASSIS, 2000).

Figura 52 – Diagrama de obstrução e fator de visão do céu visível

Fonte: Mascaró et al. (2009).

O estudo da geometria urbana, para o controle da ilhas de calor, também pode ser implementado pela relação entre a altura dos edifícios e a largura da via (W/H), possibilitando diretrizes quantitativas de determinação de dimensões recomendáveis. Na microescala, a temperatura do ar possui mais influência da geometria urbana do que do albedo de superfície (EMMANUEL, 2005).

Para tanto, os perfis são classificados em relação à essa proporção, sendo:

1. Ambientes claustrofóbicos ($W/H < 1$) - alta densidade, absorvendo calor muito acima do nível do solo; 2. Ambientes de recolhimento ($W/H > 1$ a < 3) – com densidade média e absorção de calor no nível do solo; 3. Ambientes expansivos

($W/H > 4$) – com baixa densidade e grande parte da radiação refletida (ROMERO, 2001).

2.1.2 Ventilação no Meio Urbano

Os ventos são causados pela diversidade do globo terrestre, ocorridas pela absorção da energia solar e das trocas energéticas nas correntes gasosas (FERREIRA, 1965). As características dos ventos são determinadas pela pressão atmosférica, que possui variações de acordo com o aquecimento e resfriamento da terra e mare, temperatura no globo e movimento de rotação da Terra (FROTA, 2001).

As declividades influenciam na velocidade e direção do vento, assim, os ventos possuem velocidades mais baixas dentro das cidades, já que o fluxo de ar se movem mais devagar próximo ao solo. Essa diminuição também está relacionada à rugosidade da superfície urbana.

A geometria urbana é outro fator de grande influência na ventilação, tanto na velocidade como nas direções, podendo mudar ao seguir os túneis criados pelas ruas com edificações altas em ambos os lados, por exemplo, ou outras direções, tais como efeitos de canalização de ruas, efeito de pilotis e desvio do fluxo de ar até o solo por edifícios altos (BARBIRATO et al., 2007).

Dessa forma, a ventilação urbana possui fatores de influência global – ventos regionais e o gradiente de temperatura do ar entre a área urbana e a rural – e fatores de influência local – rugosidade, por meio da densidade urbana, relação H/W e a orientação das ruas e porosidade, com as edificações e obstáculos que possibilitam a permeabilidade dos ventos (OKE, 1987; GIVONI, 1998).

As características geométricas dos edifícios, altura, profundidade, largura, seu design e sua implantação, deslocam os fluxos de ar, gerando campo de escoamento de ventos, com diferentes efeitos (tabela 11), podendo ser de efeito de pilotis, de redemoinho, de esquina, de esteira, de barreira, de venturi, de zonas de pressão diferentes, de canalização, de malha e de pirâmide. As correntes de ar são estabelecidas diante da relação do fluxo de vento e da malha urbana, definindo zonas de alta e baixa pressão ao redor das edificações, interrompendo ou acelerando a ação dos ventos (OLGYAY, 1998).

Tabela 11 – Efeitos aerodinâmicos do vento

EFEITO PILOTIS	EFEITO DE ESQUINA	EFEITO BARREIRA	EFEITO DE VENTURI	EFEITO CANALIZAÇÃO
Fenômeno de corrente de ar sob o imóvel. A entrada se faz em forma difusa mas a saída é a jato	Fenômeno de corrente de ar nos ângulos das construções.	Fenômeno de corrente de ar com desvio em espira.	Fenômeno de corrente de ar formando um coletor dos fluxos criados pelas construções projetadas num ângulo aberto ao vento.	Fenômeno de corrente de ar que flui por um canal a céu aberto formado pelas construções

EFEITO DE ESTEIRA	EFEITO DE REDEMOINHO	EFEITO DE MALHA	EFEITO DAS ZONAS DE PRESSÃO DIFERENTE	EFEITO PIRÂMIDE
Fenômeno de corrente de ar em vórtice atrás do edifício	Fenômeno de corrente de ar em redemoinho na fachada exposta ao vento	Fenômeno de passagem através um de edifícios	Fenômeno de corrente de ar de zonas de pressão diferentes de edifícios paralelos	Fenômeno de corrente de ar de edificações em forma piramidal

Fonte: Romero (1998), adaptado pela autora.

A área entre o fluxo de vento e a região turbulenta, gerada pelo volume do edifício, é conhecida como sombra de vento. Nessa região, ocorre a formação de vórtices e zonas de recirculação do ar (ASSIS; VALADARES, 1995).

Tabela 12 – Sombra de vento

Fonte: Evans e Schiller (1991).

Os fluxos de ventos também são influenciados pela disposição da vegetação e pela presença de áreas livres, como praças e parques, bloqueando, conduzindo ou filtrando os fluxos de ar. A atenuação das temperaturas, geradas pela vegetação, pode auxiliar o fluxo do ar, por meio das diferenças de temperaturas, e as áreas livres criam espaços para o vento recuperar a velocidade, alterada pelas edificações (ROMERO, 1998; MASCARÓ et al., 2009).

2.1.3 Vegetação

A vegetação adequada é uma grande aliada ao conforto nas cidades, caracterizando a paisagem urbana. A vegetação urbana ajuda a melhorar o clima urbano e a ventilação natural, serve como barreira ao vento, produz sombra, absorve a radiação e auxilia na diminuição da temperatura e no aumento da umidade do ar (OLIVEIRA, 1985; ROMERO, 1988; GIVONI, 1998).

As áreas verdes funcionam como subsídios de controle da temperatura (fig. 53) e sua ausência é assinalada como um dos principais fatores geradores do efeito da ICU (OKE, 1987; SANTAMOURIS, 2001). Estudos sobre os efeitos da arborização, de Kurbán et al. (2002), apontaram a redução de 2,1 °C na temperatura e o aumento de 5,2% na umidade relativa. Mascaró e Mascaró (2009) encontraram a redução de até 4 °C e o aumento de até 10% na umidade relativa, nos espaços com agrupamentos arbóreos.

Figura 53 – Efeito térmico da vegetação

Fonte: Rivero (1985).

As vegetações arbóreas contribuem para a ambiência urbana, protegendo os pedestres da insolação, interceptando, refletindo e absorvendo a radiação solar,

melhorando a temperatura do ar e criando um sistema de filtragem dinâmica (MASCARÓ, 1996).

No meio urbano, as vegetações apresentam diversos benefícios, principalmente na atenuação das temperaturas e na criação de ilhas de frescor, por meio da evapotranspiração e do seu sombreamento (OKE, 1987). A existência de árvores de copa densa nos espaços diminuem as temperaturas, provendo sombreamentos e impedindo a radiação direta nas construções e nas superfícies pavimentadas. Sua contribuição é influenciada pela densidade, podendo ter implantação de forma isolada, agrupada ou densa, ou pela sua disposição, podendo ser de forma pontual, difusa, isolada, aglomerada ou intersectante (PEIXOTO et al., 1995).

O resfriamento das temperaturas, radiante e superficial, pelos processos de evapotranspiração, ocorre com o aumento da umidade, transformando parte da radiação solar absorvida, pela fotossíntese, em calor latente (evaporação da água), impedindo que seja convertida em energia térmica, que produziria calor e aqueceria as cidades, proporcionando temperaturas mais baixas durante o dia (CHEN et al., 2014).

As folhagens da vegetação também colaboram na transformação dos raios solares. Os raios de onda curta são transmitidos parcialmente e refletidos de forma difusa. Os autores Bueno-Bartholomei, Labaki e Vianna (2001), em pesquisa sobre as atenuações da radiações solares, geradas pela implantação de árvores, demonstraram os percentuais de 75% a 90% de atenuações, dependendo da espécie e características específicas da vegetação implantada.

2.2 DADOS CLIMÁTICOS

Na arquitetura e, principalmente, na construção civil, sabe-se que as decisões de projeto, como a localização, definição do produto, partido e os materiais, afetam diretamente o consumo de energia, provocam impactos ambientais, estéticos e urbanísticos (AGOPYAN, JOHN, 2011).

O desenvolvimento tecnológico permitiu um avanço notório dos estudos acerca da análise climática urbana, especialmente pela criação de ferramentas e softwares que auxiliam uma perspectiva do edifício e de áreas livres no que se

refere ao clima. A evolução computacional, bem como da climatologia, resultou na reprodução dos elementos e relações presentes no sistema climático, por meio de modelos matemáticos, que possibilitam simulações nas áreas analisadas (MARENGO et al., 2007).

Para a criação de projetos arquitetônicos, em razão das diversas variáveis envolvidas nas questões bioclimáticas, vários instrumentos têm sido aperfeiçoados, entre eles arquivos climáticos, softwares e diagramas, bioclimáticos, cartas de ventos, etc. (BOGO, et al., 1994).

O equilíbrio térmico dos edifícios é afetado diretamente pelo clima, necessitando, assim, para uma adequada simulação nos softwares, o máximo de exatidão referente às suas características, quando da alimentação dos sistemas. Em razão disso, faz-se necessário o conhecimento e estudo das variáveis climáticas do local que será avaliado. No Brasil, já existem diversas pesquisas referentes à sua diversidade climática, entre elas a NBR 15220-3, que utiliza a classificação brasileira para propor estratégias bioclimáticas para a construção de edificações.

Em virtude dos inúmeros estudos voltados à climatologia e ao clima urbano, surgiram diversas metodologias com o objetivo de simplificar os dados climáticos do local em um arquivo passível de simulação em software. Essas simulações permitem nortear decisões projetuais e definir estratégias que favoreçam a criação de um ambiente construído confortável, em conformidade com as condições climáticas locais.

Com a finalidade de se realizar a análise termo-energética de edificações, foram desenvolvidos, desde o final do século passado até os dias atuais, diversos métodos para a produção e formatação de dados climáticos. Ocorre, contudo, que os referidos dados não foram criados de modo compatível com as rotinas necessárias ao desenvolvimento de projetos urbanísticos e arquitetônicos, pois são vocacionados, principalmente, ao setor agrícola e de aviação.

A coleta organizada de dados encontra-se em evolução, especialmente nas regiões sul e sudeste do Brasil, embora se ache diminuta nas demais localidades (GOULART, 1993). Vários são os pesquisadores que têm desenvolvido trabalhos ligados à formatação de dados climáticos, entre os quais se encontram Goulart et al. (1998), que desenvolveu a metodologia de arquivos climáticos para 14 cidades

brasileiras, disponibilizando no site LABEE, de forma gratuita; Carlo et al. (2005), que revisou e avaliou arquivos climáticos já publicados; Roriz (2012), que juntamente com a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) e com o Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações, publicou a base de Arquivos Climáticos EPW-ANTAC, composta de dados de pouco mais de 400 municípios brasileiros, a partir de dados horários do INMET, entre os anos de 2000 e 2010.

As Normais Climatológicas e os dados climáticos são coletados em sua grande maioria nos aeroportos, estações agrometereológicas e estações climatológicas universitárias. A partir de 2006, o INMET franqueou o acesso aos dados das estações meteorológicas automáticas (EMA), disponibilizando informações, coletadas a cada hora, de diversas cidades brasileiras. Essa estação é idealizada a partir de uma memória central, um aparelho data-logger, ligado a diversos sensores de coleta de parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, nebulosidade, etc.), que integra os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora (INMET, 2011).

Essa forma de coleta e disponibilização, realizada pelo INMET, facilitou e fomentou o desenvolvimento de trabalhos voltados à climatologia urbana, porquanto a extração de dados anteriores, efetivadas pelas estações, apenas colhiam as informações três vezes ao dia, o que compelia os pesquisadores a promoverem a interpolação de dados, para que alcançassem, aproximadamente, as informações de hora em hora, já que assim exige a metodologia para a formatação dos arquivos climáticos.

2.2.1 Arquivos Climáticos

Tais arquivos são formados de modo padronizado, formatados segundo a metodologia de trabalho, adotada pelo pesquisador, contendo informações anuais, ou mesmo diárias, que refletem a organização dos dados coletados das estações. Atualmente, existem dois modelos de metodologia utilizados, um que define os anos climáticos e o outro que define os dias climáticos.

Dentro do primeiro modelo, pode-se citar o *Teste reference year* (TRY) – arquivo de dados de um ano completo, estipulado pelo procedimento de compilação

dos anos com meses extremos de temperaturas; e o *Typical meteorological year* (TMY) - arquivo de dados de um ano completo, estipulado pelo procedimento de compilação dos meses extremos de temperaturas, gerando um ano climático fictício sem extremos para cada mês (ASHRAE, 1993).

No que se refere ao segundo, citam-se a *Temperatura de projeto*, metodologia ASHRAE, que seleciona dados climáticos, por meio de níveis de frequência, para o período frio e para o período quente; o *Dia típico de projeto*, desenvolvido por Sattler (1989), e, posteriormente, pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), que também consiste em dados climáticos selecionados mediante níveis de frequência para dias frios e dias quentes e; o *Graus-dia e Graus-hora*, que é uma ferramenta com a finalidade de aferir a quantidade de energia necessária para calefação e resfriamento de edificações em diferentes localidades (SAID, 2003).

A metodologia TRY consiste na eliminação dos anos que possuem médias mensais extremas. Primeiro calcula-se as temperaturas médias mensais dos anos analisados. Depois disso, os meses são classificados em ordem de importância, alternando do mês mais quente para o mês frio e assim sucessivamente, até fechar os doze meses (STAMPER, 1977).

Com os meses classificados, inicia-se o procedimento de eliminação dos meses com médias extremas. Aponta-se, inicialmente, o mês mais quente e depois o mais frio e, assim, sucessivamente, até finalizar os meses da classificação. Depois disso, retoma-se à análise, invertendo o sentido do apontamento: a verificação do mês mais quente será a do mais frio e a do mês mais frio será a do mais quente e, assim, sucessivamente, até sobrar apenas um ano sem demarcação.

A metodologia TMY consiste na eliminação dos meses que possuem temperaturas médias mensais extremas. O procedimento consiste, na avaliação mês a mês, dos anos analisados, apontando o ano mais quente e depois o ano mais frio e, assim, sucessivamente, até sobrar apenas um ano sem demarcação. Com o procedimento, sobrar um ano para cada mês. Dessa maneira, obtém-se o ano meteorológico típico, construído a partir de meses de diversos anos (HALL ET. AL., 1978).

A Temperatura de projeto é uma metodologia de ASHRAE (1993) aplicada em informações climáticas dos Estados Unidos, Canadá e outros países. O método

é baseado na seleção de dados de temperatura de bulbo seco. Para a avaliação, é selecionado o período de janeiro de 2000 até dezembro de 2014 (15 anos). O procedimento trabalha com a hipótese de que o nível de frequência de uma temperatura, em um determinado período de tempo, repetir-se-á no futuro.

Para o inverno, são apresentados dois níveis de frequência, representando temperaturas que são igualadas ou excedidas por 99% ou 97,5% do número total de horas dos meses de junho, julho e agosto (2.208 horas), no hemisfério Sul. Para o verão, são apresentados três níveis de frequência, representando temperaturas que são igualadas ou excedidas por 1%, 2,5% e 5% do número total de horas dos meses de dezembro a março, no hemisfério Sul (2.904 horas). Para cada temperatura de bulbo seco de projeto de verão, deve ser encontrada a temperatura de bulbo úmido coincidente. O método também apresenta informações relativas a dados de vento. Para o período de inverno, é encontrada a direção do vento predominante e a velocidade média do vento. Para o período de verão, é encontrada a direção do vento para o nível de 2,5% (GOULART et al., 1998).

O Dia típico de projeto determina as exigências hidrotérmicas de verão e inverno. A ferramenta é baseada na metodologia (fig. 54) desenvolvida por Sattler (1989). Para o método, é selecionado o período de janeiro de 2005 até dezembro de 2014 (10 anos). O procedimento consiste no cálculo das temperaturas médias diárias. Depois disso, é selecionado, aproximadamente, 15% do número total de dias avaliados, sendo os dias mais quentes e os dias mais frios (para análise de 10 anos é selecionado 500 dias para cada grupo). A partir disso, são calculadas as médias diárias para cada um dos 1000 dias e especificado o período, com datas limites, de verão e inverno. Depois de reordenadas, são determinados os níveis 2,5%, 5% e 10% para os dois períodos (quente e frio). São selecionados, para cada nível, os dias com temperaturas imediatamente acima e abaixo da temperatura média do dia de referência, em um intervalo de 1% do total de dias. Depois disso, é calculada a média horária dos dias selecionados (bulbo seco, umidade relativa, nebulosidade, direção e velocidade dos ventos), definindo-se os dias típicos de verão e os dias típicos de inverno.

Figura 54 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para o dia típico de projeto

Fonte: Organizado e adaptado de Sattler (1989).

2.2.2 Formatação

Depois de realizada escolha do método a ser utilizado, os dados organizados são compilados em um arquivo com formatação específica. Este arquivo será um arquivo de entrada para um software voltado à área de bioclimatismo ou climatologia de edifícios e áreas urbanas. Cada programa computacional exigirá determinado formato, fazendo com que um mesmo arquivo possa ter diversos formatos. No software *DesignBuilder*, é utilizado o formato *epw*, no *Energyplus*, o *epw*, no *Ecotect*, o *wea*, etc. O arquivo ainda pode ser convertido para formatos de textos, como o *try* ou *csv*, que podem ser editados em planilhas ou programas de textos, e utilizados em programas como *Analysis Bio* e *Analysis SOLAR*.

Os arquivos climáticos formatados constituem importante instrumento para a realização de projetos de edifícios com maior conforto ambiental e eficiência energética. Trata-se de uma ferramenta que auxilia na elaboração do projeto

arquitetônico, permitindo a escolha de parâmetros mais sustentáveis e, em razão disso, tornando a edificação mais adequada.

A extensão *csv* é um arquivo texto que reuni todos os dados climáticos compilados. Ele pode ser criado a partir de uma planilha, com um em texto separado por vírgulas. A criação de um novo arquivo deve possuir os dados (conforme fig. 55): Mês; Dia; Hora; Temperatura de bulbo seco {C°}; Temperatura de bulbo úmido {C°}; Temperatura de Ponto Orvalho {C°}; Pressão Atmosférica {kPa}; Umidade Relativa {%}; Densidade do ar; Entalpia; Velocidade do Vento {m/s}; Direção do Vento {graus}; Cobertura Total de Nuvens; Radiação Horizontal Extraterreste {Wh/m²}; Radiação Global Horizontal {Wh/m²}; Radiação Direta {Wh/m²}; Radiação Direta Normal {Wh/m²}, e; Radiação Difusa Horizontal {Wh/m²}.

Figura 55 – Esquema de referência para os arquivos de extensão .csv.

Mês	Dia	Hora	TBS {C}	TBU {C}	T _d {C}	Pressão Atmosférica {kPa}
Umidade Relativa {%}	Densidade do ar	Entalpia	Velocidade do Vento {m/s}	Direção do Vento {graus}	Cobertura Total de Nuvens	Radiação Global Horizontal Extraterreste {Wh/m ² }
Radiação Global Horizontal {Wh/m ² }	Radiação Direta {Wh/m ² }		Radiação Direta Normal {Wh/m ² }	Radiação Difusa Horizontal {Wh/m ² }		

Fonte: Carlo, et al. (2005).

A extensão *epw* (EnergyPlus Weather File) é um arquivo de texto do software *EnergyPlus*, que reuni todos os dados climáticos compilados (fig. 56) . Esse arquivo não pode ser aberto em editor de texto. Por meio do aplicativo *Weather Statistics and Conversions*, programa auxiliar do pacote do *EnergyPlus*, é possível converter o arquivo de extensão *csv* para *epw*.

A extensão *try* é um arquivo de texto com informações climáticas para as 8.760 horas do ano referência (fig. 57). O arquivo pode ser convertido com o aplicativo *Psychros*, para uso no programa *Analysis Bio*, para a geração da carta bioclimática.

Figura 56 – Cabeçalho presente nos arquivos climáticos de formato epw.

Date	HH:MM	Datasource	Dry Bulb Temperature {C}	Dew Point Temperature {C}	Relative Humidity {%}	Atmospheric Pressure {Pa}	
Data	Hora:min	Fonte de dados	Temperatura de bulbo seco	Temperatura de ponto de orvalho	Umidade relativa	Pressão atmosférica	
Extraterrestrial Horizontal Radiation {Wh/m2}			Extraterrestrial Direct Normal Radiation {Wh/m2}		Horizontal Infrared Radiation Intensity from Sky {Wh/m2}		
Radiação global extraterrestre horizontal			Radiação direta normal extraterrestre		Intensidade da radiação infravermelha horizontal vinda do céu		
Global Horizontal Radiation {Wh/m2}			Direct Normal Radiation {Wh/m2}		Diffuse Horizontal Radiation {Wh/m2}		
Radiação global horizontal			Radiação direta normal		Radiação difusa horizontal		
Global Horizontal Illuminance {lux}			Direct Normal Illuminance {lux}		Diffuse Horizontal Illuminance {lux}		
Iluminância global horizontal			Iluminância direta normal		Iluminância difusa horizontal		
Zenith Luminance {Cd/m2}		Wind Direction {deg}	Wind Speed {m/s}	Total Sky Cover {.1}	Opaque Sky Cover {.1}		
Luminância no zênite		Direção do vento	Velocidade do vento	Cobertura total de nuvens	Cobertura opaca de nuvens		
Visibility {km}	Ceiling Height {m}	Present Weather Observation	Present Weather Codes	Precipitable Water {mm}	Aerosol Optical Depth {.001}	Snow Depth {cm}	Days Since Last Snow
Visibilidade	Altura da abóbada	Tempo presente	Código de tempo presente	Precipitação	Profundidade óptica de aerossóis	Qdade de neve	Dias sem nevar

Fonte: Carlo, et. al. (2005).

Figura 57 – Formato do TRY

Nº Est	Tbs	Tbu	Tpo	Vento		Pres. pista	TE	Tn	Nuvens							
				Dir	Vel				camada 1			camada 2				
									qtd	tipo	alt	qtd	tipo	alt	soma	
xxxxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxxx	x	xxx	xx	x	xxx	xx	x	xxx	xx	
001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015	016	

Nuvens							Rad. Solar	Branco	Ano	Mes	Dia	Hora	Branco
camada 3				camada 4									
qtd	tipo	alt	soma	qtd	tipo	alt							
xx	x	xxx	xx	xx	x	xxx	xxxx	xxxxxxxxxx	xxxx	xx	xx	xx	x
017	018	019	020	021	022	023	024	025	026	027	028	029	030

Fonte: Goulart et al. (1998).

2.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE MARINGÁ

Alvares et. al. (2013) desenvolveram um sistema de informação geográfica para identificar os tipos climáticos no Brasil, com base na temperatura e precipitação mensal. O mapa climático obtido apontou os climas de Köppen encontrados nas paisagens brasileiras (fig. 58). Foram identificadas três zonas climáticas no Brasil: A. *Clima Tropical* – que representa 81,4% do território brasileiro, ocorrendo em todas as regiões do país, exceto nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e grande parte do sul do Paraná; B. *Clima Árido* – que representa 4,9% do território brasileiro, clima típico do nordeste, ocorrendo basicamente em paisagens em que a precipitação anual situa-se, em média, a menos de 800 mm; C. *Clima Subtropical* – que ocorre em 13,7% do território brasileiro, principalmente na região sul, nos seus planaltos e montanhas.

Figura 58 – Classificação climática do Brasil de acordo com o critério de Köppen (1936)

Fonte: Alvares; Stape; Sentelhas; De Moraes Gonçalves; Sparovek (2013).

No Grupo *Clima Tropical*, foram identificados os tipos climáticos: clima tropical sem estação seca (Af); clima tropical de monção (Am); clima tropical com inverno seco (Aw), e; clima tropical com verão seco (As). No Grupo *Clima Árido*, foi identificado o tipo climático clima semiárido de baixa latitude e altitude (Bsh). No Grupo *Clima Subtropical*, foram identificados os tipos climáticos: clima temperado úmido com verão quente (Cfa); clima temperado úmido com verão temperado (Cfb); clima temperado úmido com Inverno seco e verão quente (Cwa); clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado (Cwb); clima temperado úmido com inverno seco e verão curto e fresco (Cwc); clima temperado úmido com verão seco e quente (Csa), e; clima temperado úmido com verão seco e temperado (Csb). (Alvares ET. AL., 2013).

Thornthwaite (1948) trabalha com a classificação climática baseada na evapotranspiração potencial e balanço hídrico, por meio do índice hídrico, índice de aridez e índice de umidade, propondo a classificação em uma escala de umidade que vai do seco ao muito úmido. No Brasil, são identificadas nove zonas climáticas (conforme fig. 59): A. *Super-úmido* – índice de umidade ≥ 100 ; B₄. *Úmido* - índice de umidade de 80 a 100 ; B₃. *Úmido* - índice de umidade de 60 a 80; B₂. *Úmido* - índice de umidade de 40 a 60; B₁. *Úmido* - índice de umidade de 20 a 40; C₂. *Sub-úmido* - índice de umidade de 0 a 20; C₁. *Sub-úmido Seco* - índice de umidade de -20 a 0; D. *Semi-árido* - índice de umidade de -40 a -20; E. *Árido* - índice de umidade de -60 a -40.

Figura 59 – Classificação climática do Brasil de acordo com o critério de Thornthwaite

Fonte: Sampaio, et al. (2011).

Segundo o sistema de classificação climática de Arthur Strahler (2005), baseado na latitude e massas de maior atuação, o planeta está dividido em três zonas principais com catorze regiões climáticas: 1. *Climas de Baixas Latitudes* (influência das massas de ar quente) – tropical seco-úmido, equatorial úmido, litorâneo, desertos tropicais e de estepes; 2. *Clima de Médias Latitudes* (influência das massas tropicais e polares) – subtropical úmido, marítimo das costas ocidentais, mediterrâneo, desértico e de estepe de médias latitudes, continental; 3. *Clima de Latitudes Altas* (influência das massas polares) – continental e marítimo subártico, de tundra, da calota de gelo, de terras altas.

No Brasil, são identificadas seis regiões climáticas pela classificação de Strahler (2005) (conforme fig. 60), sendo elas: 1. *Clima Equatorial* - quente e úmido, com temperaturas elevadas durante o ano, chuvas abundantes e caracterizado pela região amazônica; 2. *Clima Tropical* – alternância de úmido e seco, quente, ocorrendo na região central do país; 3. *Clima Tropical Semiárido* – quente, seco e árido, com escassez e irregularidade de chuvas, ocorrendo no sertão nordestino; 4. *Clima Litorâneo* – localizada no litoral do país, com temperaturas e chuvas diferenciadas (nordeste quente, com chuva no inverno, e sudeste com temperaturas não tão elevadas, com chuva no verão); 5. *Clima Subtropical* - verões quentes e invernos frios (podendo, raramente, cair neve), úmido, com chuvas abundantes e bem distribuídas durante todo o ano, ocorrendo no sul do país até o sul do Trópico de Capricórnio ; 6. *Clima Tropical de Altitude* – temperaturas médias e chuvas concentradas no verão, ocorrendo na região sudeste.

Figura 60 – Mapa dos climas do Brasil

Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira (2013).

A NBR 15220-3 (Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social) classifica o Brasil em 8 zonas bioclimáticas (conforme fig. 61), pelo critério de homogeneidade do clima e, para cada zona, estabelece um conjunto de recomendações técnico-construtivas, por meio da adequação climática, para o bom desempenho térmico das edificações.

Figura 61 – Zoneamento bioclimático brasileiro

Fonte: ABNT (2005).

A mencionada NBR aponta classificações de aberturas para ventilação e sombreamento: Zona 1 – aberturas médias permitindo o sol durante o período frio; Zona 2 e 3 - aberturas médias permitindo o sol durante o inverno; Zona 4, 5 e 6 - aberturas médias com sombreamento; Zona 7 - aberturas pequenas com sombreamento; Zona 8 - aberturas grandes com sombreamento. Aponta, igualmente, tipos de vedações externas: Zona 1 e 2 – parede leve e cobertura leve isolada; Zona 3 e 5 – parede leve refletora e cobertura leve isolada; Zona 4 e 6 – parede pesada e cobertura leve isolada; Zona 7 – parede pesada e cobertura pesada; Zona 8 – parede leve refletora e cobertura leve refletora. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

A norma apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro, parâmetros e condições de contorno, diretrizes construtivas para cada zona bioclimática e estratégias de condicionamento térmico. Apesar de estabelecer recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social, ao mesmo tempo, são feitas recomendações gerais, para projetos de edificações, de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixados. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

A norma também indica estratégias de condicionamento térmico passivo (fig. 62): *Zona 1* – Inverno (B. aquecimento solar da edificação, C. vedações internas pesadas - inércia térmica); *Zona 2 e 3* – Verão (J. ventilação cruzada), Inverno (B. aquecimento solar da edificação, C. vedações internas pesadas - inércia térmica); *Zona 4* - Verão (H. resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, J. ventilação cruzada), Inverno (B. aquecimento solar da edificação, C. vedações internas pesadas - inércia térmica); *Zona 5* - Verão (J. ventilação cruzada), Inverno (C. vedações internas pesadas - inércia térmica); *Zona 6* - Verão (H. resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, J. ventilação cruzada), Inverno (C. vedações internas pesadas - inércia térmica); *Zona 7* - Verão (H. resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, J. ventilação cruzada); *Zona 8* - Verão (J. ventilação cruzada).

Figura 62 – Carta Bioclimática adotada para o Brasil

Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira (2013).

A partir do método de sobreposição de mapas, foi possível comparar as principais classificações climáticas adotadas no Brasil (conforme tabela 13): Köppen (1936); Thornthwaite (1948); Strahler (2005); Nimer (1979), adotados pelo IBGE; ABNT (2005), adotado pela NBR 15220.

Tabela 13 – Comparação entre as classificações climáticas do Brasil

Climas segundo Köppen-Geiger (1936)	Climas segundo Thornthwaite (1948)	Climas segundo Strahler (2005)	Climas segundo Nimer (1979), adotados pelo IBGE	Climas adotados pela NBR 15220 (ABNT, 2005)
Subtropical	úmido	Subtropical úmido	Mesotérmico brando e Mesotérmico mediano	Z1; Z2
árido	Árido e Semiárido	Tropical semiárido	Quente semiárido	Z7
tropical	Subúmido seco	Tropical	Quente semiúmido	Z6; Z5
	Subúmido		Subquente	Z3
	Superúmido	Equatorial úmido	Quente	Z8
		Litorâneo úmido	Superúmido e quente úmido	
		Tropical de altitude		Z4

Fonte: Autora (2017).

Conforme a classificação de Köppen, Maringá possui clima tropical chuvoso (Awa), com temperatura média do mês mais quente maior que 22°C, e temperatura média do mês mais frio acima de 18°C, sendo que a época mais seca coincide com o inverno. Segundo a classificação de Thornthwaite, o clima da região é do tipo megatérmico úmido (A'B1r), com pequena deficiência hídrica durante o ano. Já de acordo com Strahler e Olgyay, o clima da cidade é temperado ou subtropical úmido.

A carta climática da cidade demonstra a predominância das áreas: conforto, necessidade de ventilação, necessidade de ventilação/alta inércia e necessidade de ventilação/alta inércia/resfriamento evaporativo. A carta ainda mostra algumas áreas com necessidade de alta inércia/resfriamento evaporativo, necessidade de alta

inércia/aquecimento solar, necessidade de aquecimento solar passivo e necessidade de aquecimento artificial (fig. 63 e 64).

Figura 63 – Carta Bioclimática de Maringá

ZONAS:

1. Conforto
2. Ventilação
3. Resfriamento Evaporativo
4. Alta Inércia Térmica p/ Resfr.
5. Ar Condicionado
6. Umidificação
7. Alta Inércia Térmica/ Aquecimento Solar
8. Aquecimento Solar Passivo
9. Aquecimento Artificial
10. Ventilação/ Alta Inércia
11. Vent./ Alta Inércia/ Resf. Evap.
12. Alta Inércia/ Resf. Evap.

Fonte: grado pelo software AnalysisBio (2017).

Figura 64 – Carta Bioclimática de Maringá pelas estações do ano (Inverno/Outono/Verão/Primavera)

Fonte: gerado pelo software AnalysisBio (2017).

Por meio da análise das temperaturas compensadas médias mensais (tabela 14), em graus celsius, fornecidas pela Estação INMET 83767, Maringá-PR (que se localiza nas coordenadas geográficas: 23,4`S latitude, 51,91` W longitude, numa altitude de 542 metros), percebe-se que a cidade possui os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro como os mais quentes e os meses de maio, junho, julho e agosto como os mais frios. Assim, a cidade é caracterizada por possuir mais meses quentes do que frios e com temperaturas médias compensadas entre 16,54°C e 26,26°C.

Tabela 14 – Distribuição dos dias quentes

A/M	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
JAN	24,66	24,21	24,03	24,91	25,01	24,37	24,46	25,67	26,15	25,65
FEV	25,12	24,52	25,46	25,86	24,95	26,16	24,00	26,26	24,91	25,17
MAR	25,41	23,93	25,44	24,82	24,07	24,81	23,62	24,30	24,51	24,44
ABR	24,03	22,28	23,92	22,56	22,73	22,50	21,89	22,84	23,60	25,19
MAI	19,20	18,99	20,47	18,28	19,39	19,50	20,43	19,66	19,78	18,56
JUN	19,99	17,50	16,54	18,90	17,17	18,34	18,68	19,05	19,78	16,86
JUL	17,59	20,36	17,70	19,88	19,20	18,20	17,83	18,46	18,59	19,50
AGO	20,70	20,86	19,74	20,34	20,26	22,08	19,45	21,62	22,55	20,37
SET	24,66	20,25	21,68	22,61	22,22	23,67	22,07	22,96	23,08	21,18
OUT	25,02	23,91	23,13	21,83	22,96	24,89	23,16	25,50	25,25	23,28
NOV	23,76	24,14	26,00	23,49	23,54	24,83	24,74	24,63	23,95	25,09
DEZ	25,19	25,56	24,84	24,06	25,23	26,20	25,95	25,31	24,51	24,77

Fonte: Autora (2017).

A partir da análise das médias diárias (fig. 65), entre os anos de 2007 e 2016, calculadas pelos dados fornecidas pela Estação Climatológica do INMET, EMA (que se localiza nas coordenadas geográficas: 23,41`S latitude, 51,93` W longitude, numa altitude de 549 metros), percebe-se que as médias oscilam entre 6,45°C e 31,79°C e sua grande maioria se enquadra na faixa de 14°C a 28°C.

Aplicando o histograma nas médias diárias (fig. 66), foi possível identificar as maiores faixas de concentração das temperaturas. Verifica-se que a faixa com o maior número de repetições é a da 24,09°C à 24,93°C, com 390 temperaturas. Além desta, as seguintes faixas também obtiveram alto grau de repetição: 21,57°C a 22,41°C (279 vezes), 22,41°C à 23,25°C (379 vezes) 23,25°C à 24,09°C (372), 24,09°C à 24,93°C (390 vezes), 24,93°C à 25,77°C (341 vezes) e 25,77°C à 26,61°C (268 vezes). Com o agrupamento de todos esses intervalos de temperatura, obtém-

se a faixa de 21,57°C a 26,61°C, que representa 55,6% das temperaturas médias diárias.

Figura 65 – Temperaturas médias diárias de janeiro de 2007 até dezembro de 2016

Fonte: Autora (2017).

Figura 66 – Histograma por faixa de temperaturas

Fonte: Autora (2017).

2.3.1 Arquivo Climático

Para o desenvolvimento do arquivo climático, foi utilizada a metodologia do dia típico de projeto, elaborada por Satler (1989), que será aplicada ao longo deste item.

O processo de seleção do dia típico de projeto foi realizado com base no período de 2007 até 2016 (10 anos). Para isso, foram calculadas as 3.652 médias da temperatura mínima e máxima diárias, fornecidas pela Estação Climatológica do INMET, EMA (que se localiza nas coordenadas geográficas: 23,41`S latitude, 51,93` W longitude, numa altitude de 549 metros), aberta em 21/11/2006.

Depois disso, os valores foram organizados segundo as temperaturas obtidas (fig. 67) e foram selecionados 15% dos dias (500 dias), com temperaturas mais elevadas, e 15% dos dias (500 dias), com temperaturas mais baixas, formando dois grupos de análise: 1. Dias Quentes e 2. Dias Frios.

Figura 67 – Recorte da tabela de procedimento de cálculo das temperaturas médias mensais

DIA/MÊS/ANO	MAX	MIN	MÉD	CLA	DIA/MÊS/ANO	MAX	MIN	MÉD
01/01/2007	27,8	21,6	24,7	1	23/07/2013	10,1	3,3	6,7
02/01/2007	27,6	21,5	24,6	2	27/06/2011	13,1	1,7	7,4
03/01/2007	28,0	21,6	24,8	3	24/07/2013	14,5	1,0	7,8
04/01/2007	28,4	21,4	24,9	4	03/08/2011	13,8	4,5	9,2
05/01/2007	27,1	22,0	24,6	5	27/08/2013	13,4	5,5	9,5
06/01/2007	30,4	22,5	26,5	6	04/08/2011	17,4	2,0	9,7
07/01/2007	28,6	22,0	25,3	7	22/07/2013	13,7	6,5	10,1
08/01/2007	29,8	21,3	25,6	8	02/08/2011	13,8	6,5	10,2
09/01/2007	29,2	21,4	25,3	9	16/06/2008	16,7	3,7	10,2
10/01/2007	31,4	20,8	26,1	10	25/07/2013	17,4	3,2	10,3
11/01/2007	30,1	22,0	26,1	10	29/10/2007	36,9	24,7	30,8
12/01/2007	29,3	21,2	25,3	9	16/09/2012	37,4	24,3	30,9
13/01/2007	28,2	21,6	24,9	8	15/10/2014	37,4	24,3	30,9
14/01/2007	30,9	21,6	26,3	7	19/09/2015	36,7	25,1	30,9
15/01/2007	28,4	20,4	24,4	6	17/09/2012	36,9	25,1	31,0
16/01/2007	31,2	20,8	26,0	5	25/10/2008	36,4	25,8	31,1
17/01/2007	25,8	20,2	23,0	4	12/10/2014	38,0	24,5	31,3
18/01/2007	29,7	22,0	25,9	3	19/10/2016	36,9	26,1	31,5
19/01/2007	32,5	21,8	27,2	2	17/10/2014	39,2	24,1	31,7
20/01/2007	28,4	20,6	24,5	1	30/10/2012	38,9	24,5	31,7

Fonte: Autora (2017).

Em cada grupo, foram calculadas as médias diárias de temperatura (horárias) e reordenadas segundo os valores obtidos (fig. 68): de forma crescente para os Dias Frios e decrescente para os Dias Quentes.

Figura 68 – Recorte da tabela de procedimento de cálculo das temperaturas médias mensais diárias

CLA	DIA/MÊS/ANO	MAX	MIN	MÉD	média diárias	CLA 2	CLA	DIA/MÊS/ANO	MAX	MIN	MÉD	média diárias	CLA 2
429	28/04/2007	24,0	13,1	18,6	6,5	1	1	30/10/2012	38,9	24,5	31,7	31,3	1
153	10/05/2007	22,2	8,6	15,4	6,9	2	2	17/10/2014	39,2	24,1	31,7	31,1	2
40	09/05/2007	17,4	7,9	12,7	6,9	3	5	25/10/2008	36,4	25,8	31,1	30,7	3
15	24/05/2007	15,0	6,5	10,8	8,1	4	4	12/10/2014	38,0	24,5	31,3	30,6	4
138	23/05/2007	18,5	11,8	15,2	8,1	5	18	13/10/2014	37,6	23,5	30,6	30,5	5
391	27/05/2007	23,0	13,6	18,3	9,4	6	3	19/10/2016	36,9	26,1	31,5	30,5	6
83	31/05/2007	19,4	8,5	14,0	9,8	7	10	29/10/2007	36,9	24,7	30,8	30,3	7
65	25/05/2007	20,0	7,0	13,5	9,9	8	57	05/02/2014	37,4	21,8	29,6	30,2	8
263	29/06/2007	24,4	9,5	17,0	10,1	9	7	19/09/2015	36,7	25,1	30,9	30,2	9
12	30/05/2007	17,4	3,5	10,5	10,1	10	38	04/02/2010	35,7	24,1	29,9	30,1	10
409	06/06/2007	25,2	11,7	18,5	10,1	11	12	08/02/2014	37,6	23,8	30,7	30,1	11
253	28/05/2007	22,6	11,1	16,9	10,3	12	14	31/10/2012	38,7	22,6	30,7	30,1	12
176	27/08/2007	20,2	11,6	15,9	10,4	13	29	24/09/2015	36,6	23,6	30,1	30,1	13
75	29/05/2007	18,0	9,5	13,8	10,4	14	6	17/09/2012	36,9	25,1	31,0	30,1	14
102	11/07/2007	18,6	10,4	14,5	10,6	15	17	16/10/2015	37,4	23,8	30,6	30,0	15
367	30/06/2007	24,8	11,4	18,1	10,6	16	11	17/10/2016	36,0	25,5	30,8	30,0	16
326	20/07/2007	25,3	10,0	17,7	10,7	17	60	03/02/2010	35,3	23,9	29,6	30,0	17
96	03/06/2007	19,0	9,7	14,4	10,7	18	53	15/10/2008	36,3	23,1	29,7	29,8	18
441	01/07/2007	25,9	11,4	18,7	10,7	19	26	03/12/2007	36,0	24,5	30,3	29,8	19
73	04/06/2007	20,7	6,7	13,7	10,8	20	34	04/02/2014	36,9	23,2	30,1	29,7	20
368	31/07/2007	25,2	11,0	18,1	10,8	21	50	03/11/2009	36,2	23,3	29,8	29,7	21
293	12/07/2007	22,1	12,5	17,3	11	22	59	05/02/2010	35,4	23,8	29,6	29,6	22
137	02/05/2008	17,7	12,6	15,2	11,0	23	27	18/10/2014	37,2	23,2	30,2	29,6	23
194	26/05/2007	22,4	10,0	16,2	11,1	24	55	14/10/2008	35,8	23,5	29,7	29,6	24
139	05/06/2007	23,0	7,3	15,2	11,4	25	41	17/01/2015	35,9	23,9	29,9	29,6	25
347	02/06/2007	20,4	15,2	17,8	11,4	26	68	23/09/2015	36,9	22	29,5	29,6	26
332	23/07/2007	20,8	14,6	17,7	11,5	27	83	30/09/2011	37,0	21,5	29,3	29,6	27
126	19/07/2007	22,6	7,4	15,0	11,5	28	45	01/02/2014	35,5	24,1	29,8	29,5	28
97	03/05/2008	16,9	11,8	14,4	11,6	29	70	04/11/2009	34,0	24,9	29,5	29,5	29
94	24/07/2007	18,0	10,6	14,3	11,6	30	44	20/09/2015	36,6	23	29,8	29,5	30

Fonte: Autora (2017).

Em seguida, foi avaliada a distribuição dos Dias Quentes e Frios para os meses do ano, apontando o início e término de cada período, referente a cada ano. Para isso, foram detectados o primeiro e o último dia do grupo de Dias Frios, referente a cada ano, e igualmente do grupo de Dias Quentes, conforme tabelas (15 e 16).

Por meio da avaliação, foi definido o período frio (tabela 17) com início no dia 6 de abril e fim no dia 28 de outubro, isto é, com os 206 dias mais frios no ano. Os meses de março, novembro e dezembro não foram considerados, pois tiveram incidência irrelevante (1, 0 e 2 dias sucessivamente). Para o período de análise da

pesquisa, que são 10 anos, foram considerados 2060 dias frios para avaliação (multiplicação dos 206 dias anuais pelos 10 anos analisados na pesquisa).

Tabela 15 – Distribuição dos dias frios

ANO	INÍCIO	TÉRMINO
2007	28/abr	25/set
2008	15/abr	25/set
2009	15/mai	16/out
2010	06/abr	15/dez
2011	01/mai	09/set
2012	28/mar	12/out
2013	16/abr	26/set
2014	23/mai	27/ago
2015	08/mai	12/out
2016	26/abr	28/out

Fonte: Autora (2017).

Tabela 16 – Distribuição dos dias quentes

ANO	INÍCIO	TÉRMINO
2007	14/set	24/abr
2008	03/set	10/abr
2009	27/set	07/mar
2010	27/ago	22/abr
2011	28/ago	27/mar
2012	06/set	21/mar
2013	01/set	09/mar
2014	02/set	08/abr
2015	31/ago	05/mar
2016	12/set	25/abr

Fonte: Autora (2017).

Tabela 17 – Análise dos Dias Frios

ano/mês	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	TOTAL	%
2007	0	1	11	8	19	6	1	0	0	0	46	9,2
2008	0	1	11	19	2	10	10	0	0	0	53	10,6
2009	0	0	4	23	14	13	3	1	0	0	58	11,6
2010	0	3	16	14	7	11	5	2	0	2	60	12
2011	0	0	11	20	11	9	3	0	0	0	54	10,8
2012	1	2	9	14	13	1	4	1	0	0	45	9
2013	0	1	11	11	10	11	6	0	0	0	50	10
2014	0	0	8	10	14	4	0	0	0	0	36	7,2
2015	0	0	6	8	15	2	6	1	0	0	38	7,6
2016	0	5	14	17	11	8	3	2	0	0	60	12
TOTAL	1	13	101	144	116	75	41	7	0	2	500	100

Fonte: Autora (2017).

Por meio da avaliação, o período quente (tabela 18) foi definido com início no dia 27 de agosto e fim no dia 25 de abril, isto é, com os 242 dias mais quentes. Para o período de análise da pesquisa, que são os já mencionados 10 anos, foram considerados 2420 dias quentes para avaliação e, considerando os dois anos bissextos (2008 e 2012), obtêm-se 2423 dias.

Tabela 18 – Análise dos Dias Quentes

ano/mês	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	TOTAL	%
2007	0	5	11	2	9	2	7	13	5	54	10,8
2008	0	3	6	1	12	2	0	0	1	25	5,0
2009	0	1	2	12	4	2	11	7	0	39	7,8
2010	4	8	1	0	4	6	12	3	2	40	8,0
2011	3	2	2	4	6	7	5	3	0	32	6,4
2012	0	11	14	6	18	2	13	9	0	73	14,6
2013	0	5	4	4	9	2	3	4	0	31	6,2
2014	0	4	13	5	9	15	13	4	2	65	13,0
2015	1	11	10	5	7	14	8	2	0	58	11,6
2016	0	3	6	10	7	9	16	7	25	83	16,6
TOTAL	8	53	69	49	85	61	88	52	35	500	100

Fonte: Autora (2017).

Com base na ordenação dos dias pelas médias diárias (nos Dias Frios, da menor para a maior, e nos Dias Quentes, da maior para a menor), são determinados os níveis 2,5%, 5% e 10%, para que seja selecionado o dia de referência (para os dois períodos - quente e frio) e para que sejam apontados os dias (1% do número de dias do conjunto) imediatamente acima e abaixo da média do dia de referência. Para o período quente, foram selecionados vinte e quatro dias ($2423 \times 0,01$), sendo 12 acima e 12 abaixo do dia de referência, e para o período frio foram selecionados vinte e um dias ($2060 \times 0,01$), sendo 11 acima e 11 abaixo do dia de referência.

Toda a ordenação em níveis e seleção do 1% dos dias foi elaborada na tabela que dispõe os dias usando as médias diárias. Na ordenação em níveis, verificou-se dias com as mesmas médias diárias. Para esses dias, foram utilizados outros critérios para ordenamento, sendo: 1. Em médias diárias iguais, foram utilizadas as médias das temperaturas mínimas e máximas; 2. Em médias diárias e médias das temperaturas mínimas e máximas iguais, foram utilizadas os valores das temperaturas máximas ou mínimas (máximas para o verão e mínimas para o inverno).

Para o período frio, com 2.060 dias, o nível 2,5% foi de 52 dias, determinando o dia 27/07/2007 – com o conjunto de dias: 06/05/2008, 09/08/2008, 28/07/2007, 04/05/2008, 18/07/2007, 29/05/2008, 01/06/2008, 26/07/2007, 31/05/2008, 16/07/2007, 11/07/2008, 12/06/2008, 01/05/2008, 03/06/2008, 05/05/2008, 14/05/2008, 24/06/2008, 11/06/2008, 25/09/2007, 03/06/2009, 29/08/2007, e 23/06/2010; o nível 5% foi 103 dias, determinando o dia 06/04/2010 – com o conjunto de dias: 15/06/2008, 30/08/2008, 09/06/2010, 26/06/2008, 15/06/2009, 14/06/2009, 28/06/2009, 16/05/2009, 28/06/2008, 16/06/2009, 13/09/2008, 11/07/2009, 07/09/2008, 04/04/2010, 25/06/2008, 18/06/2009, 21/09/2008, 23/07/2009, 19/05/2010, 17/07/2007, 13/06/2009 e 20/06/2009; e o nível 10% foi 206 dias, determinando o dia 24/09/2013 – com o conjunto de dias: 18/07/2012, 23/06/2013, 07/06/2011, 14/12/2010, 02/08/2009, 15/12/2010, 13/06/2010, 25/06/2009, 17/05/2011, 21/08/2011, 12/07/2012, 26/06/2011, 28/05/2010, 08/04/2010, 01/06/2009, 29/06/2011, 03/07/2011, 05/06/2010, 04/10/2010, 19/06/2014, 19/05/2012 e 07/09/2010.

Para o período quente, com 2.423 dias, o nível 2,5% foi 61 dias, determinando o dia 07/02/2014 – com o conjunto de dias: 11/09/2008, 07/10/2012, 10/11/2013, 18/10/2016, 21/09/2015, 10/10/2007, 18/01/2015, 07/02/2010, 23/09/2010, 24/10/2008, 29/03/2007, 06/02/2012, 28/10/2007, 10/04/2016, 02/11/2009, 11/11/2015, 08/02/2010, 20/10/2016, 29/10/2012, 22/10/2015, 06/02/2014, 09/02/2014, 08/10/2012 e 19/11/2009; o nível 5% foi 121 dias, determinando o dia 08/12/2008 – com o conjunto de dias: 09/04/2016, 23/12/2008, 05/02/2012, 21/02/2010, 22/12/2008, 20/11/2009, 19/03/2016, 17/04/2016, 16/04/2016, 28/12/2014, 10/10/2014, 04/12/2007, 22/09/2010, 01/03/2009, 22/11/2012, 12/12/2010, 10/11/2016, 03/04/2007, 05/03/2009, 13/01/2009, 27/12/2016, 11/12/2010, 23/02/2010 e 06/02/2009; e o nível 10% foi 242 dias, determinando o dia 04/01/2012 – com o conjunto de dias: 26/12/2013, 23/02/2015, 19/02/2009, 21/01/2014, 23/02/2009, 24/01/2016, 11/09/2014, 31/03/2007, 27/10/2012, 01/12/2009, 20/02/2010, 04/12/2013, 24/04/2016, 26/12/2016, 24/12/2008, 26/12/2014, 14/09/2014, 24/12/2011, 07/03/2007, 20/12/2008, 05/10/2009, 03/02/2012, 04/03/2007 e 04/09/2008.

Para a pesquisa, foram escolhidos os dados do nível de 10%, por estarem mais próximos das médias dos períodos. Para a construção das tabelas, com as

médias dos dias típicos, foram avaliados, primeiro, os dados inexistentes dos dias selecionados para esse nível. Isso foi feito, em acréscimo à metodologia elaborada por Satler (1989), considerando a existência de falhas na estação automática, na captação dos dados, referentes a determinadas horas ou mesmo de dias inteiros, que podem comprometer as médias do dia típico.

Para tanto, o método de exclusão de dados nulos (inexistentes) foi aplicado nesse nível, nos dados da temperatura horária, avaliando a quantidade de dados nulos. Para o período total avaliado (3.652 dias), foram encontrados 691 dias com algum horário sem dado (nulo). O ano que mais obteve dados nulos foi o de 2010 (334) e o que menos obteve foi o de 2014 (0) (fig. 69).

Figura 69 – Dias com horários nulos no período de análise 2007-2016

Fonte: Autora (2017).

Os critérios utilizados para a exclusão foram os mencionados na metodologia, sendo: 1. dias que possuíam 24 horas nulas (100%); 2. Dias que possuíam mais de 6 horas seguidas nulas (>25%); 3. Dias que possuíam mais de 9 horas seguidas ou intercaladas nulas. Aplicando o critério, obteve-se o valor de 483 dias com horários nulos, do período total avaliado (2007-2016).

Dessa maneira, ao se excluir um dia conforme os critérios acima, foi utilizado, em substituição, o próximo dia com temperaturas imediatamente acima ou abaixo da temperatura média do dia de referência.

Tabela 19 – Análise dos Dias Frios

CLA	DIA/MÊS/ANO	MÉD	MÉDIA DIÁRIA	CLA 2	SELEÇÃO 1%
55	06/09/2008	13,3	15,6	193	11
249	17/08/2010	16,8	15,6	192	
298	28/09/2010	17,4	15,6	194	
340	07/06/2009	17,8	15,6	191	10
31	25/07/2009	12,2	15,7	197	
42	18/07/2012	12,7	15,7	199	9
216	23/06/2013	16,4	15,7	201	8
232	07/06/2011	16,6	15,7	196	7
279	14/12/2010	17,2	15,7	200	6
381	02/08/2009	18,2	15,7	198	
466	15/12/2010	18,8	15,7	195	5
223	13/06/2010	16,5	15,8	202	4
496	25/06/2009	19,0	15,8	203	
303	17/05/2011	17,4	15,8	204	3
120	21/08/2011	14,9	15,8	205	2
179	12/07/2012	15,9	15,8	206	1
163	24/09/2013	15,6	15,8	207	0
76	26/06/2011	13,8	15,9	208	1
431	28/05/2010	18,6	15,9	209	2
420	08/04/2010	18,5	15,9	210	3
18	01/06/2009	11,1	16	212	
25	29/06/2011	11,7	16,0	218	4
86	03/07/2011	14,1	16,0	216	5
228	05/06/2010	16,6	16,0	219	
274	04/10/2010	17,2	16,0	211	
324	19/06/2014	17,6	16	215	6
408	19/05/2012	18,4	16,0	217	7
422	07/09/2010	18,5	16	214	
488	22/05/2010	19,0	16	213	
2	27/06/2011	7,4	16,1	222	8
125	06/06/2012	15,0	16,1	224	9
144	02/05/2011	15,3	16,1	228	10
174	08/07/2011	15,9	16,1	223	11

Fonte: Autora (2017).

Para os dias típicos de inverno, foram excluídos 10 dias, sendo eles: 17/08/2010, 28/09/2010, 25/07/2009, 02/08/2009, 25/06/2009, 01/06/2009, 05/06/2010, 04/10/2010, 07/09/2010 e 22/05/2010. Para tanto, com a substituição dos dados, o conjunto de dias típicos de inverno foi constituído pelos dias (tabela 20): 06/09/2008, 07/06/2009, 18/07/2012, 23/06/2013, 07/06/2011, 14/12/2010, 15/12/2010, 13/06/2010, 17/05/2011, 21/08/2011, 12/07/2012, 24/09/2013,

26/06/2011, 28/05/2010, 08/04/2010, 29/06/2011, 03/07/2011, 19/06/2014, 19/05/2012, 27/06/2011, 06/06/2012, 02/05/2011 e 08/07/2011.

Tabela 20 – Análise dos Dias Quentes

CLA	DIA/MÊS/ANO	MAX	MIN	MÉD	MÉDIA DIÁRIA	CLA 2	SELEÇÃO 1%
172	20/02/2016	34,0	22,8	28,4	27,4	233	12
189	26/12/2013	33,5	23,0	28,3	27,4	239	11
183	23/02/2015	34,0	22,6	28,3	27,4	240	10
202	19/02/2009	33,2	23,1	28,2	27,4	235	9
200	21/01/2014	33,7	22,6	28,2	27,4	243	8
213	23/02/2009	33,5	22,7	28,1	27,4	231	7
230	24/01/2016	34,6	21,4	28,0	27,4	242	6
235	11/09/2014	34,8	21,2	28,0	27,4	230	5
284	31/03/2007	31,4	24,1	27,8	27,4	237	4
277	27/10/2012	35,7	19,8	27,8	27,4	236	3
305	01/12/2009	32,7	22,6	27,7	27,4	232	
370	20/02/2010	32,2	22,6	27,4	27,4	229	2
375	04/12/2013	34,6	20,2	27,4	27,4	241	1
443	04/01/2012	34,5	19,8	27,2	27,4	234	0
156	24/04/2016	33,8	23,2	28,5	27,3	246	1
167	26/12/2016	33,9	23	28,5	27,3	258	2
192	24/12/2008	34,2	22,3	28,3	27,3	255	
196	26/12/2014	34,0	22,4	28,2	27,3	249	3
208	14/09/2014	34,0	22,2	28,1	27,3	257	4
211	24/12/2011	33,7	22,5	28,1	27,3	260	5
215	07/03/2007	33,3	22,9	28,1	27,3	250	6
258	20/12/2008	34,0	21,8	27,9	27,3	253	
256	05/10/2009	33,4	22,4	27,9	27,3	247	7
253	03/02/2012	33,1	22,7	27,9	27,3	245	8
263	04/03/2007	32,6	23,1	27,9	27,3	251	9
270	04/09/2008	34,8	20,8	27,8	27,3	252	10
330	14/09/2013	34,0	21,1	27,6	27,3	248	11
365	09/02/2009	31,9	23,0	27,5	27,3	256	
372	28/10/2014	33,8	21,0	27,4	27,3	244	12

Fonte: Autora (2017).

Para os dias típicos de verão, foram excluídos 4 dias, sendo eles: 01/12/2009, 24/12/2008, 20/12/2008 e 09/02/2009. Para tanto, com a substituição dos dados, o conjunto de dias típicos de verão foi constituído pelos dias (tabela. x): 20/02/2016, 26/12/2013, 23/02/2015, 19/02/2009, 21/01/2014, 23/02/2009, 24/01/2016, 11/09/2014, 31/03/2007, 27/10/2012, 20/02/2010, 04/12/2013,

04/01/2012, 24/04/2016, 26/12/2016, 26/12/2014, 14/09/2014, 24/12/2011, 07/03/2007, 05/10/2009, 03/02/2012, 04/03/2007, 04/09/2008, 14/09/2013 e 28/10/2014.

Por fim, foram calculadas as médias horárias, definindo os dias típicos de verão (tabela 24, 27, 28, 29, 30, 31 e 32) e os dias típicos de inverno (tabela 21, 22, 23, 25 e 26), em que as respectivas tabelas contêm as informações climáticas horárias: temperatura do ar (°C); umidade relativa do ar (%); velocidade dos ventos (m/s) – avaliada na carta dos ventos; direção dos ventos (graus) – avaliada na carta dos ventos; nebulosidade (décimo), e; radiação global (kJ/m²).

Tabela 21 – Temperatura do ar dos dias típicos de inverno a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	TEMPERATURA DO AR (°C)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
06/09/2008	17,6	16,5	15,6	15,0	14,6	14,3	13,8	13,6	12,8	12,0	11,4	11,4	11,5	11,1	10,2	10,5	11,5	12,7	13,9	14,2	13,1	12,0	11,1	10,0
07/06/2009	18,8	18,1	17,9	17,8	17,1	15,6	14,7	14,4	14,0	14,9	13,0	15,7	17,8	19,0	20,1	21,3	21,0	20,4	22,3	21,4	21,0	19,2	18,7	19,1
18/07/2012	11,4	10,9	10,3	10,0	9,7	9,2	8,2	8,7	8,5	8,3	8,3	9,4	11,0	12,3	13,6	14,0	15,2	16,5	16,6	16,8	16,3	14,5	13,3	12,6
23/06/2013	12,9	13,2	13,3	13,7	13,8	13,8	14,1	14,1	14,3	13,9	13,4	13,5	14,3	15,3	16,4	17,7	18,3	18,7	19,7	19,6	19,6	18,3	17,7	17,4
07/06/2011	19,6	19,2	19,8	19,7	19,1	18,8	18,9	19,1	19,1	18,3	16,5	15,8	16,7	17,4	17,5	17,4	17,9	18,7	19,1	18,1	17,1	15,9	14,9	14,0
14/12/2010	16,7	16,2	15,9	15,2	15,0	15,1	15,1	15,0	15,3	15,2	15,4	15,7	16,0	16,8	18,3	19,0	18,3	18,0	18,4	18,7	17,7	17,6	17,3	17,1
15/12/2010	16,9	16,9	16,7	16,6	16,5	16,8	16,7	16,2	16,1	15,9	16,8	18,3	19,6	19,8	20,0	21,4	20,8	21,0	20,3	20,4	19,9	20,0	19,9	19,7
13/06/2010	14,6	14,3	13,9	13,2	12,7	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	12,3	14,5	16,1	17,7	19,1	20,5	21,1	21,2	21,1	20,4	18,2	16,6	15,5
17/05/2011	17,6	16,9	16,9	16,5	15,6	14,7	14,1	13,8	13,5	13,0	12,7	14,6	15,3	17,4	18,7	19,9	20,6	21,0	21,4	21,4	20,5	19,2	18,7	17,3
21/08/2011	12,6	12,0	11,3	10,9	10,5	10,1	9,8	9,5	9,3	9,4	9,6	10,0	10,2	11,5	13,5	15,8	18,8	18,9	19,0	18,9	18,7	17,7	17,0	16,4
12/07/2012	19,5	20,6	19,9	19,8	18,3	17,7	17,2	17,1	17,2	17,1	16,7	16,6	16,8	16,8	17,0	16,4	15,8	15,9	16,3	16,6	16,1	14,0	13,1	11,9
24/09/2013	16,7	15,7	15,3	14,6	14,5	14,2	13,9	13,7	13,6	13,1	12,7	12,5	12,5	12,6	12,9	13,6	14,7	17,4	18,0	18,0	17,5	16,5	14,7	13,8
26/06/2011	20,6	20,0	18,4	19,2	17,8	17,4	16,6	15,8	15,1	14,1	13,3	12,7	12,5	12,6	12,3	13,7	12,6	11,6	12,4	11,9	10,5	10,0	9,3	8,8
28/05/2010	17,7	17,3	16,4	15,8	15,7	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	13,9	16,8	18,7	20,4	21,6	22,1	23,3	22,8	22,5	21,9	20,0	18,9	18,7
08/04/2010	18,6	18,2	17,7	17,0	16,7	16,2	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	14,8	16,0	19,0	20,5	22,0	23,3	23,1	23,1	22,4	22,0	21,4	20,1	20,3
29/06/2011	13,4	13,4	13,6	13,5	13,6	13,6	13,8	13,9	13,5	13,7	10,0	10,3	9,7	9,8	12,8	14,0	12,9	11,5	11,8	11,7	12,2	12,5	12,8	12,9
03/07/2011	17,5	16,4	15,8	15,4	15,1	14,8	14,8	15,2	15,0	14,5	14,1	13,9	14,0	14,6	15,2	15,8	15,4	15,2	14,8	14,4	13,6	12,7	12,1	11,5
19/06/2014	18,2	18,1	17,9	17,6	17,2	16,7	16,3	15,3	15,1	14,9	13,7	15,4	15,2	15,7	16,6	17,5	18,7	18,3	20,4	18,5	18,1	17,6	16,7	16,3
19/05/2012	17,7	17,5	17,1	16,7	16,2	15,6	15,1	14,8	14,3	14,4	14,5	15,3	16,5	18,0	19,2	20,1	21,2	22,0	22,1	22,3	22,1	19,6	19,0	18,9
27/06/2011	7,6	7,3	6,5	6,2	5,9	5,3	4,6	4,0	3,3	2,8	2,4	2,9	3,9	5,3	7,2	8,7	10,0	11,2	11,5	12,0	11,8	9,7	8,4	8,1
06/06/2012	13,9	13,6	13,9	13,7	13,8	13,7	13,6	13,4	13,7	13,8	13,9	14,1	14,5	15,6	14,9	16,0	16,8	16,7	15,9	15,5	15,5	15,7	15,2	14,3
02/05/2011	17,1	16,7	16,3	15,6	14,9	14,3	13,8	13,3	12,8	12,3	11,6	12,5	13,5	14,6	15,5	16,8	17,2	18,2	17,9	17,6	16,9	16,2	15,1	14,3
08/07/2011	15,3	13,9	13,0	14,5	13,7	13,2	12,6	11,8	11,5	9,8	7,3	9,9	15,3	16,3	18,1	19,9	21,4	22,5	22,9	23,1	22,5	19,3	17,7	15,7
MÉDIA	16,2	15,8	15,4	15,1	14,7	14,3	13,9	13,6	13,4	13,1	12,4	13,1	14,1	15,1	16,0	17,1	17,6	18,0	18,3	18,1	17,6	16,4	15,6	15,0

Fonte: Autora (2017).

Tabela 22 – Umidade Relativa do ar dos dias típicos de inverno a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	UMIDADE RELATIVA DO AR (%)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
06/09/2008	72	75	76	76	78	80	80	82	88	95	96	96	95	92	94	91	86	77	72	66	67	71	76	79
07/06/2009	36	39	43	44	44	54	60	62	62	53	63	63	58	55	53	54	56	52	53	55	63	65	62	62
18/07/2012	85	86	88	90	91	92	95	93	91	91	90	87	80	76	68	66	64	56	56	54	57	64	70	75
23/06/2013	94	93	93	92	93	95	93	93	93	96	97	96	94	91	87	83	78	80	78	79	80	86	87	88
07/06/2011	54	56	55	56	59	61	61	61	62	67	84	95	95	93	93	96	94	83	73	71	67	69	72	74
14/12/2010	89	85	86	90	94	94	93	95	93	92	91	92	93	90	85	82	94	94	92	92	94	91	91	92
15/12/2010	93	90	90	88	90	89	89	89	91	94	91	83	76	77	78	73	74	74	79	80	86	80	80	79
13/06/2010	71	69	67	69	71	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	68	62	58	58	55	50	49	51	49	52	62	68	73
17/05/2011	72	75	75	77	79	83	86	87	88	87	88	75	71	64	58	56	53	53	50	49	54	60	61	65
21/08/2011	58	59	61	64	64	67	69	72	74	75	65	62	59	57	54	53	52	53	50	49	51	55	57	58
12/07/2012	88	81	86	88	95	95	96	90	89	84	85	87	82	79	78	53	55	54	58	55	52	57	63	71
24/09/2013	91	94	93	95	94	95	97	96	96	97	97	97	96	94	91	84	73	53	46	35	28	32	33	34
26/06/2011	74	76	85	84	93	93	95	97	97	98	98	98	98	98	98	93	90	94	85	85	87	87	86	82
28/05/2010	72	71	72	73	70	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	83	74	66	61	58	57	53	55	55	59	70	75	75
08/04/2010	67	69	71	73	74	76	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	85	78	61	58	48	46	43	41	40	48	49	54	56
29/06/2011	41	41	40	42	41	41	41	41	42	40	85	82	85	88	76	69	86	93	93	95	95	96	96	96
03/07/2011	95	95	94	92	93	94	96	95	96	96	97	98	97	91	84	81	80	81	81	82	84	85	84	85
19/06/2014	87	86	86	86	90	92	94	99	100	99	99	100	97	96	92	87	84	83	76	84	85	87	94	91
19/05/2012	73	73	71	72	73	74	76	78	80	80	79	76	73	68	66	63	60	58	58	55	59	70	74	75
27/06/2011	83	80	81	78	73	76	80	83	87	91	93	88	81	77	69	61	49	45	44	41	45	54	63	65
06/06/2012	97	97	97	97	98	98	99	99	99	99	99	99	98	92	96	91	89	89	92	94	95	90	95	96
02/05/2011	89	89	88	92	90	91	93	93	94	93	94	89	82	76	71	65	68	61	60	59	61	66	75	76
08/07/2011	53	60	60	45	50	58	59	57	58	69	82	68	49	54	50	41	34	29	21	24	24	35	40	51
MÉDIA	75	76	76	77	78	81	83	83	84	85	89	86	82	78	75	70	68	66	64	63	65	69	72	74

Fonte: Autora (2017).

Tabela 23 – Velocidade dos ventos dos dias típicos de inverno a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	VELOCIDADE DO CENTO (M/S)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
06/09/2008	6,6	4,2	3,8	4,8	4,7	3,5	3,3	3,6	3,1	2,6	3,8	3,2	3,8	3,5	3,5	3,4	3,3	4,0	3,6	4,0	4,0	3,6	2,3	2,7
07/06/2009	1,8	0,5	1,3	2,1	1,8	1,0	1,1	1,5	1,3	1,8	1,2	2,6	1,9	2,6	2,8	2,1	2,1	1,9	3,1	2,7	1,9	1,1	1,3	2,0
18/07/2012	1,9	1,9	1,8	1,9	2,3	2,4	1,7	2,0	2,2	2,1	3,1	3,0	3,6	2,9	3,5	4,2	3,3	2,4	1,8	3,0	2,6	2,3	3,0	2,5
23/06/2013	0,2	0,0	0,0	0,6	0,8	0,0	0,6	0,7	0,6	0,1	1,0	1,2	0,9	1,9	3,1	2,7	1,9	2,1	2,5	2,5	1,9	1,0	1,3	1,0
07/06/2011	3,3	2,2	4,1	3,2	1,2	0,8	1,2	2,1	3,6	1,5	3,4	2,9	3,1	3,0	3,4	3,0	3,8	5,2	4,7	5,0	4,9	5,5	3,7	4,2
14/12/2010	4,1	5,1	5,0	4,9	2,5	2,7	3,3	3,2	3,3	3,1	3,1	2,5	2,7	3,0	1,6	1,4	1,3	2,1	1,7	1,1	1,9	2,9	2,4	2,4
15/12/2010	1,1	1,4	2,2	2,0	0,6	1,0	0,9	1,3	1,4	1,2	1,8	1,2	2,3	1,9	3,3	4,3	3,8	2,9	2,5	1,7	1,7	1,8	2,0	2,3
13/06/2010	0,0	1,7	3,7	2,7	3,0	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	1,3	1,3	2,2	1,0	0,2	1,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17/05/2011	1,2	1,3	1,1	1,6	1,9	0,9	0,9	1,6	1,6	1,4	1,0	1,7	3,1	3,0	3,7	2,1	2,8	2,4	2,4	2,1	2,5	0,9	1,9	1,8
21/08/2011	5,0	4,1	3,0	4,8	3,3	4,2	4,4	4,2	3,5	3,4	4,2	4,0	3,0	3,0	2,2	1,6	2,0	1,8	1,3	2,1	0,6	0,9	0,5	1,4
12/07/2012	0,0	1,6	1,1	0,8	0,9	2,0	1,7	2,9	2,1	2,1	3,3	2,5	2,7	2,3	3,9	4,5	3,0	2,9	3,2	3,5	3,4	1,7	2,0	1,9
24/09/2013	2,9	2,7	2,8	3,1	3,2	3,2	3,0	4,1	2,7	4,4	3,1	3,0	3,7	3,3	3,3	4,3	3,9	4,3	4,5	5,1	5,2	4,1	3,7	3,6
26/06/2011	0,4	1,1	0,3	2,9	2,7	2,4	2,0	2,4	3,2	4,0	3,8	4,0	3,7	2,7	3,2	3,3	5,0	3,7	3,5	3,5	5,6	4,3	4,5	5,3
28/05/2010	0,7	0,0	0,9	0,8	1,0	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0,0	0,0	2,8	3,9	3,2	3,5	2,3	2,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
08/04/2010	1,6	1,7	1,6	0,0	0,0	0,0	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0,5	1,7	0,9	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,6	2,3	1,7	1,5
29/06/2011	1,7	2,5	2,3	2,6	2,0	2,5	3,1	2,4	0,9	2,0	0,8	0,8	1,5	3,1	4,0	2,5	0,4	0,2	0,0	1,3	1,3	0,5	1,1	1,1
03/07/2011	1,8	4,3	2,9	3,6	2,8	2,2	2,1	1,4	1,1	1,2	1,7	1,6	3,1	3,2	2,9	3,0	4,0	3,8	2,8	2,8	3,5	3,9	4,0	3,9
19/06/2014	1,1	2,8	1,8	1,4	1,8	1,1	1,0	1,0	1,4	0,8	0,0	0,0	2,1	0,5	1,3	1,7	0,4	1,3	1,5	1,6	1,0	0,8	0,0	1,9
19/05/2012	1,4	1,8	3,0	3,9	3,9	3,7	3,5	3,7	2,6	3,2	3,4	3,4	3,5	4,2	2,8	3,0	2,6	2,0	1,9	2,7	1,9	0,8	0,7	1,1
27/06/2011	3,1	3,7	3,5	2,9	3,2	3,9	3,6	4,3	4,9	5,0	5,9	6,4	6,1	3,5	2,2	2,6	3,7	3,0	3,7	2,5	1,6	1,0	0,1	0,0
06/06/2012	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,8	1,3	1,2	1,2	1,5	0,2	0,2	0,2	0,6	0,9	0,5	0,1	1,1	2,2	2,0	0,6	1,8	1,7	3,6
02/05/2011	3,2	3,0	3,7	2,4	2,1	2,5	2,8	2,9	3,5	3,2	1,9	3,3	4,0	5,1	5,2	3,4	4,5	4,7	4,6	4,3	3,2	2,4	2,8	1,8
08/07/2011	1,5	0,9	0,0	1,6	2,0	2,7	2,9	2,1	3,2	1,7	0,1	0,0	1,2	1,1	0,8	1,8	1,5	1,0	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	1,1
MÉDIA	1,9	2,1	2,2	2,4	2,1	2,1	2,2	2,4	2,4	2,3	2,3	2,1	2,6	2,6	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4	2,6	2,3	1,9	1,8	2,0

Fonte: Autora (2017).

Tabela 24 – Direção dos ventos dos dias típicos de verão a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	DIREÇÃO DO VENTO (GRAUS)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
06/09/2008	218	217	209	210	216	209	224	204	204	247	260	252	253	262	246	234	260	260	267	252	257	243	271	258
07/06/2009	156	118	136	195	204	142	181	154	100	102	348	88	103	79	82	47	35	46	74	68	82	69	106	73
18/07/2012	225	227	220	239	231	230	247	228	229	235	213	211	210	211	202	214	217	238	193	211	225	221	212	184
23/06/2013	196	103	104	64	50	49	29	80	193	95	73	109	98	76	92	64	76	85	55	67	61	100	87	82
07/06/2011	66	79	55	58	32	31	1	35	22	268	358	20	17	359	340	305	261	253	254	251	255	246	237	231
14/12/2010	215	214	210	211	197	202	204	195	184	168	173	169	184	177	150	106	115	173	116	156	160	172	161	152
15/12/2010	124	107	97	84	100	123	142	146	171	174	173	145	96	88	81	89	85	81	106	115	136	130	129	111
13/06/2010	93	82	85	107	90	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	115	92	93	68	53	38	41	119	63	66	73	100	101
17/05/2011	158	152	144	106	96	83	107	106	103	111	127	103	109	107	89	84	69	33	54	56	56	53	83	92
21/08/2011	208	205	203	196	185	195	185	185	191	173	180	175	165	169	171	202	133	96	186	192	185	179	126	160
12/07/2012	340	229	240	235	188	200	210	216	214	224	220	228	243	245	240	239	250	249	271	263	253	263	263	276
24/09/2013	225	238	226	235	226	220	231	215	236	230	235	236	233	236	233	236	243	237	221	237	230	231	222	218
26/06/2011	98	85	286	269	225	234	274	247	249	264	258	245	235	242	246	247	255	247	237	240	237	225	224	221
28/05/2010	103	106	99	99	113	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	177	111	96	80	78	68	82	58	59	63	65	108	101
08/04/2010	153	156	152	145	154	166	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	170	174	130	183	152	167	176	190	175	173	170	177	164
29/06/2011	98	86	82	75	78	73	72	58	102	65	107	71	54	68	60	39	217	119	134	67	70	100	125	122
03/07/2011	196	214	203	201	191	177	162	158	185	248	230	250	234	215	221	212	207	209	224	225	223	218	219	216
19/06/2014	168	187	158	187	166	147	175	185	172	138	278	148	70	36	25	69	20	25	312	70	41	65	163	71
19/05/2012	93	104	86	86	82	81	77	84	101	93	94	91	90	74	54	75	77	60	38	60	52	84	111	141
27/06/2011	230	221	226	226	215	211	212	213	205	205	197	196	194	180	204	210	201	183	217	191	224	226	210	275
06/06/2012	259	282	246	320	318	14	18	16	5	351	324	307	331	337	307	309	318	278	219	219	234	205	213	210
02/05/2011	228	225	214	228	227	217	212	214	213	206	218	217	201	204	200	208	214	209	211	214	218	219	223	228
08/07/2011	168	188	173	177	168	174	166	174	168	173	125	15	105	344	309	2	22	77	358	3	24	74	107	119
MÉDIA	175	166	168	172	163	151	156	156	162	189	210	163	157	175	169	151	154	150	179	150	153	158	169	165

Fonte: Autora (2017).

Tabela 25 – Nebulosidade dos dias típicos de inverno a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	NEBULOSIDADE (DÉCIMO)			
	0	12	18	MED
06/09/2008	10	10	9	10
07/06/2009	4	9	9	7
18/07/2012	0	3	3	2
23/06/2013	10	10	8	9
07/06/2011	7	10	4	7
14/12/2010	10	10	10	10
15/12/2010	7	10	10	9
13/06/2010	2	1	2	2
17/05/2011	1	0	5	2
21/08/2011	8	10	5	8
12/07/2012	6	10	7	8
24/09/2013	8	10	3	7
26/06/2011	5	10	10	8
28/05/2010	4	1	5	3
08/04/2010	2	0	4	2
29/06/2011	10	10	10	10
03/07/2011	10	10	10	10
19/06/2014	5	10	5	7
19/05/2012	0	9	9	6
27/06/2011	3	0	1	1
06/06/2012	9	10	10	10
02/05/2011	8	1	8	6
08/07/2011	0	1	3	1
MÉDIA				6

Fonte: Autora (2017).

Tabela 26 – Radiação global dos dias típicos de inverno a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	RADIÇÃO GLOBAL (KJ/M²)													
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
06/09/2008	NULL	2,8	88,5	370,9	279,5	158,7	705,9	859,5	1490,7	2005,4	1645,6	929,1	436,2	16,8
07/06/2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18/07/2012	NULL	NULL	102,7	910,9	1608,5	2095,7	2285,4	2930,2	2399,1	2024,5	1683,8	968,3	224,7	NULL
23/06/2013	NULL	NULL	36,4	182,2	532,1	938,1	1051,9	1312,2	986,1	1358,8	1148,8	851,1	90,2	NULL
07/06/2011	NULL	NULL	10,1	109,2	265,6	279,0	201,6	246,2	1125,7	1112,5	997,1	593,7	121,1	NULL
14/12/2010	4,7	96,5	249,5	391,2	610,8	1002,2	804,5	596,2	987,2	884,6	825,4	232,3	328,9	170,6
15/12/2010	19,2	327,1	704,9	736,6	504,6	1014,8	2369,3	1643,2	766,0	708,7	341,5	176,6	166,6	50,5
13/06/2010	NULL	NULL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17/05/2011	NULL	NULL	270,4	1031,3	1757,5	2307,1	2583,8	2616,7	2333,0	2222,9	1716,9	661,7	113,3	NULL
21/08/2011	NULL	1,5	261,7	640,3	926,2	1896,1	1956,0	3013,1	2335,0	1913,1	1782,5	454,9	107,7	1,2
12/07/2012	NULL	NULL	37,9	219,2	551,8	901,8	1069,0	674,8	764,8	881,9	1173,4	953,0	202,6	NULL
24/09/2013	NULL	9,9	86,6	184,5	308,0	497,1	998,4	1513,1	2818,6	2996,3	2365,4	1551,5	610,2	28,2
26/06/2011	NULL	0,2	32,9	65,4	93,9	312,0	656,9	506,8	378,8	418,0	409,8	122,2	33,9	NULL
28/05/2010	NULL	NULL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
08/04/2010	NULL	NULL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29/06/2011	NULL	NULL	4,1	51,0	219,6	1017,5	1157,8	201,8	105,8	203,7	160,7	118,9	13,7	NULL
03/07/2011	NULL	NULL	47,5	150,5	436,1	679,6	929,6	1106,4	867,1	763,1	521,6	163,1	69,9	NULL
19/06/2014	NULL	NULL	113,8	482,6	507,2	587,7	823,7	948,4	926,1	1438,5	820,5	175,0	37,2	NULL
19/05/2012	NULL	0,3	186,8	654,6	1295,1	1447,3	1583,5	1663,4	2129,6	1518,1	1498,9	847,4	117,3	NULL
27/06/2011	NULL	NULL	133,1	896,1	1632,7	2190,1	2547,4	2687,7	2642,1	2208,8	1639,1	891,8	152,7	NULL
06/06/2012	NULL	NULL	52,8	151,0	586,2	384,3	738,8	802,6	447,3	178,5	167,6	118,1	28,1	NULL
02/05/2011	NULL	1,7	343,3	1270,8	2068,2	2203,1	2693,0	2123,8	1930,7	2423,4	1430,6	556,0	246,8	NULL
08/07/2011	NULL	NULL	132,2	829,8	1581,5	2162,1	2523,4	2466,8	2371,9	2186,4	1600,9	896,0	124,6	NULL
MÉDIA	8,0	48,9	125,9	405,6	685,5	959,8	1203,5	1213,6	1208,9	1193,3	953,5	489,6	140,2	29,7

Fonte: Autora (2017).

Tabela 27 – Temperatura do Ar dos dias típicos de verão a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	TEMPERATURA DO AR (°C)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
20/02/2016	28,2	27,3	27,1	26,3	25,6	25,0	24,1	24,4	24,5	24,1	24,0	25,5	27,0	28,0	29,1	31,3	31,5	32,7	32,6	32,2	29,7	29,9	24,8	22,6
26/12/2013	26,4	25,1	25,1	24,1	23,3	23,3	24,1	24,0	23,6	23,5	25,4	26,2	27,7	29,7	31,4	31,3	32,0	30,3	31,3	31,2	30,2	30,5	29,1	28,3
23/02/2015	28,0	27,1	26,7	26,0	25,9	24,9	23,9	23,7	22,9	22,6	22,7	24,5	25,8	27,8	28,9	29,8	30,8	31,9	32,7	31,7	30,8	30,8	28,9	28,3
19/02/2009	26,6	25,9	24,7	25,3	25,1	24,9	24,3	23,7	23,5	23,5	23,4	24,9	26,7	28,1	29,3	30,2	30,9	32,0	32,0	32,1	31,7	30,7	29,6	28,2
21/01/2014	27,9	26,8	26,3	26,0	25,4	25,2	25,5	24,8	23,5	22,8	23,3	24,5	26,2	27,5	28,8	30,5	31,2	31,8	32,1	33,1	28,6	28,3	28,8	27,8
23/02/2009	29,0	27,4	27,7	27,0	26,6	24,5	24,2	24,1	23,1	23,8	23,7	26,3	27,5	29,5	31,0	32,4	32,5	32,6	29,9	31,5	30,6	25,9	24,0	23,1
24/01/2016	27,0	26,5	25,4	24,9	24,0	23,5	23,3	22,0	21,7	21,8	22,3	24,4	26,8	28,2	29,5	31,0	31,8	31,4	31,8	33,0	33,3	32,5	31,2	29,7
11/09/2014	27,0	26,2	26,2	25,0	23,2	22,6	22,0	21,9	21,9	21,8	22,0	25,2	26,3	28,6	30,8	32,3	32,3	34,1	33,5	33,8	33,0	31,7	29,6	27,2
31/03/2007	28,2	27,0	26,9	26,9	26,0	25,6	25,8	25,6	25,1	24,8	23,7	24,8	27,7	28,5	30,6	29,4	30,7	28,5	29,9	29,8	29,0	29,1	27,2	26,4
27/10/2012	21,8	22,3	22,3	22,3	21,7	21,8	22,1	22,1	20,0	20,9	22,7	25,3	28,7	30,4	32,4	33,0	34,9	34,9	34,2	34,5	33,7	32,9	31,7	30,7
20/02/2010	26,0	25,2	24,9	24,4	24,2	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	24,6	25,4	26,2	27,7	28,9	28,5	30,7	29,6	31,4	30,5	30,6	28,0	27,0
04/12/2013	26,9	26,4	25,9	24,3	23,5	23,0	21,2	20,5	21,5	21,5	24,3	25,6	26,8	28,0	28,7	30,7	32,7	32,9	33,3	33,5	33,3	32,2	30,7	29,6
04/01/2012	27,5	26,6	26,2	25,7	23,0	24,6	22,8	22,1	20,7	20,2	22,3	24,4	25,9	28,1	30,1	30,9	33,2	33,3	33,2	32,9	32,6	32,0	30,2	28,9
24/04/2016	27,3	26,8	26,9	25,7	25,5	24,8	24,5	23,9	23,5	23,6	23,8	24,7	24,9	26,5	27,7	30,2	31,5	32,1	31,9	32,3	31,5	29,9	28,8	27,7
26/12/2016	24,5	24,4	24,0	24,5	24,3	24,2	22,7	22,8	23,0	22,7	23,8	24,2	26,2	28,7	29,2	30,7	31,9	31,9	32,2	32,7	32,6	31,8	31,3	30,1
26/12/2014	26,8	26,2	25,3	24,5	24,2	23,6	23,2	22,9	22,9	22,4	24,1	25,3	27,5	28,3	30,0	30,6	31,1	32,1	32,1	32,8	33,2	30,0	29,3	27,2
14/09/2014	25,9	25,1	24,7	24,7	24,1	24,3	24,0	23,3	23,2	22,4	22,6	24,0	25,7	27,9	29,9	31,1	32,2	32,6	32,8	32,9	32,1	31,1	30,0	28,5
24/12/2011	25,9	25,9	25,6	25,7	25,4	25,5	24,7	24,4	23,9	23,6	24,7	26,9	28,6	29,5	31,2	31,8	30,5	32,6	29,7	29,4	30,6	27,7	25,9	24,3
07/03/2007	27,2	26,2	25,3	25,4	24,2	23,9	23,9	23,8	23,6	23,3	23,1	25,1	26,6	28,1	29,9	31,3	31,9	31,6	31,3	32,6	31,2	31,7	27,3	26,9
05/10/2009	26,6	25,8	25,4	24,5	24,3	23,7	23,4	22,8	22,6	22,5	22,9	24,5	26,5	28,6	30,1	31,3	32,1	32,3	32,8	32,3	32,2	31,0	29,7	28,0
03/02/2012	26,0	25,9	25,8	25,0	24,7	24,4	24,1	23,5	23,2	22,9	23,2	25,0	26,7	28,1	28,9	30,7	30,6	30,9	31,8	31,8	31,9	31,5	30,6	28,9
04/03/2007	26,8	26,3	26,3	26,2	25,4	24,4	24,3	23,6	23,2	23,0	23,3	24,9	26,6	27,8	28,4	30,3	30,8	31,5	31,4	30,6	31,9	31,0	29,2	28,1
04/09/2008	26,8	25,6	25,5	25,6	24,7	23,1	23,8	22,3	21,6	22,7	23,4	23,8	24,8	26,6	28,4	31,6	32,5	33,3	34,3	34,5	32,6	31,0	29,1	27,6
14/09/2013	25,8	25,1	25,0	24,9	24,5	24,5	24,3	23,6	22,7	20,9	21,8	24,5	26,6	29,2	30,9	31,4	32,5	33,2	32,9	32,0	31,9	30,3	28,9	28,4
28/10/2014	27,9	26,6	26,4	26,1	25,5	24,0	23,2	22,1	21,5	21,1	22,6	24,1	26,0	27,7	28,9	31,2	31,9	32,5	32,2	33,1	32,5	30,9	29,5	28,7
MÉDIA	26,7	26,0	25,7	25,2	24,6	24,1	23,7	23,2	22,8	22,6	23,3	24,9	26,6	28,2	29,7	31,0	31,7	32,1	32,1	32,3	31,6	30,6	28,9	27,7

Fonte: Autora (2017).

Tabela 28 – Umidade Relativa do ar dos dias típicos de verão a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	UMIDADE RELATIVA DO AR (%)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
20/02/2016	70	78	82	90	94	99	100	98	97	96	98	89	83	79	67	55	50	49	47	48	59	59	91	NULL
26/12/2013	74	81	81	87	91	93	85	85	87	87	78	75	69	59	50	53	46	52	50	52	53	54	57	61
23/02/2015	53	53	55	59	59	68	80	80	87	88	83	72	62	47	50	51	47	39	35	38	44	44	52	55
19/02/2009	66	70	74	71	69	68	72	76	79	77	76	69	60	58	55	58	53	49	48	47	48	49	54	61
21/01/2014	44	49	51	52	53	49	40	42	51	61	72	73	69	65	61	57	50	44	47	43	63	65	57	63
23/02/2009	57	64	62	63	68	80	80	79	85	80	81	65	64	59	54	48	48	42	54	48	48	67	79	87
24/01/2016	36	43	45	44	47	48	51	60	68	69	65	49	44	41	39	39	40	37	32	30	29	33	39	45
11/09/2014	33	35	34	38	45	46	49	48	48	47	47	38	35	33	30	26	26	25	25	22	23	25	30	39
31/03/2007	51	57	58	56	60	62	60	62	64	65	74	70	61	55	46	55	46	55	54	52	66	54	60	64
27/10/2012	84	74	76	75	77	76	74	73	86	80	72	62	49	44	40	40	34	35	40	38	41	43	47	49
20/02/2010	73	76	77	80	80	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	79	75	71	66	65	65	59	61	55	56	69	73	
04/12/2013	62	61	64	74	81	79	86	95	91	86	79	71	65	64	57	55	39	38	41	41	41	47	51	54
04/01/2012	50	47	48	49	58	53	61	66	74	79	71	59	61	56	48	37	33	29	25	27	28	30	33	35
24/04/2016	45	47	45	50	52	55	55	58	61	60	60	59	58	54	51	44	38	34	35	32	33	39	42	46
26/12/2016	76	78	80	77	78	76	85	78	80	84	78	75	68	60	59	57	54	50	47	45	44	44	46	50
26/12/2014	78	82	86	87	88	90	88	88	84	85	76	71	67	62	57	51	51	50	48	43	41	54	53	62
14/09/2014	32	40	43	41	41	42	43	45	46	49	48	43	37	35	29	26	21	21	18	19	20	21	23	26
24/12/2011	63	62	63	62	65	61	65	65	68	69	65	57	52	51	46	44	44	41	49	36	44	56	62	70
07/03/2007	46	51	55	51	58	62	62	62	62	62	65	61	59	53	48	43	42	43	45	35	48	39	56	52
05/10/2009	58	61	63	68	70	72	75	77	76	76	73	65	57	46	39	39	35	34	33	35	37	39	44	51
03/02/2012	62	59	61	65	67	67	68	70	72	74	75	70	64	61	56	49	46	43	40	40	39	39	46	53
04/03/2007	57	57	58	59	62	69	70	74	77	78	75	68	59	53	52	52	50	49	50	49	37	44	51	58
04/09/2008	32	34	33	32	33	38	34	40	42	39	35	35	33	31	28	22	22	21	20	19	22	27	31	34
14/09/2013	30	31	31	32	33	34	35	38	40	45	42	34	32	24	21	19	17	16	16	19	18	21	23	24
28/10/2014	46	51	49	50	50	55	57	62	65	69	64	58	51	46	41	38	37	30	28	26	24	30	34	36
MÉDIA	55	58	59	60	63	64	66	68	70	71	69	63	57	52	48	45	41	39	40	38	40	43	49	52

Fonte: Autora (2017).

Tabela 29 – Velocidade dos ventos dos dias típicos de verão a 10%

DIA/MES/ANO HORA UTC	VELOCIDADE DO VENTO (M/S)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
20/02/2016	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	2,6	2,9	3,2	2,9	2,3	2,6	1,9	1,9	2,0	1,9	3,0	0,4	0,0	3,8	2,8
26/12/2013	1,1	0,0	0,0	0,8	0,7	0,0	0,7	0,4	0,5	0,7	0,9	2,2	2,1	1,2	2,4	1,9	2,0	1,8	1,9	1,0	1,7	2,1	1,9	1,1
23/02/2015	1,4	1,2	2,0	1,7	1,4	2,7	3,1	3,7	3,3	3,1	3,0	1,6	1,9	2,7	2,3	2,1	1,8	1,7	2,3	2,7	1,8	0,1	3,4	1,0
19/02/2009	0,8	1,2	0,1	1,4	1,4	1,5	2,6	2,8	2,6	3,2	3,6	3,6	3,6	3,9	3,6	3,1	3,6	2,9	3,2	3,2	2,8	3,0	1,1	0,3
21/01/2014	0,4	1,4	1,7	2,3	2,4	2,3	2,6	3,1	4,5	4,0	3,6	3,8	3,3	2,8	2,8	3,6	3,9	3,6	3,2	3,1	2,6	2,3	2,0	2,1
23/02/2009	0,0	0,0	1,0	1,7	1,6	0,0	0,0	0,2	0,0	0,5	0,3	2,4	2,0	1,2	1,5	1,3	2,1	1,5	3,7	2,0	2,9	4,8	5,3	1,9
24/01/2016	1,2	0,8	1,5	1,6	1,8	1,7	3,1	3,7	2,8	2,7	2,5	3,0	2,2	2,4	3,1	3,9	3,1	3,0	2,5	2,8	2,3	2,1	1,8	0,9
11/09/2014	1,8	1,9	2,1	1,3	0,0	0,0	0,0	1,2	1,3	1,2	1,3	0,7	2,0	2,3	4,0	3,6	4,7	3,1	2,8	3,2	1,7	1,4	0,4	0,0
31/03/2007	1,7	0,8	0,8	1,5	1,2	1,4	1,9	1,7	2,2	1,6	0,0	0,1	1,2	0,9	1,6	1,3	0,8	2,9	2,3	0,4	0,0	1,5	2,7	2,9
27/10/2012	4,1	3,8	4,1	4,4	1,9	3,3	2,8	2,0	0,3	1,2	1,7	1,8	1,1	1,7	2,2	2,6	3,4	2,9	3,8	3,2	2,6	1,8	1,5	1,4
20/02/2010	0,9	1,2	0,9	1,2	0,5	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	1,9	3,7	2,5	1,9	1,6	2,1	1,2	2,9	1,9	1,6	1,7	0,9	0,4
04/12/2013	2,5	2,5	2,2	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	1,5	2,3	2,4	2,5	2,4	3,0	3,8	2,9	2,9	2,5	2,3	0,3
04/01/2012	1,9	1,0	1,5	1,4	0,2	1,3	1,0	0,0	0,5	0,0	1,2	2,0	2,6	2,5	2,3	1,9	3,0	2,7	3,3	3,5	3,3	3,5	2,5	1,8
24/04/2016	1,2	1,3	1,6	1,8	1,8	1,7	1,8	0,9	0,1	1,1	1,7	1,1	1,4	2,4	2,8	3,4	4,0	4,0	3,9	3,3	3,3	1,8	1,7	1,1
26/12/2016	0,3	0,9	0,0	0,4	0,0	0,3	2,6	3,5	2,6	1,7	1,6	0,9	2,7	2,2	3,1	2,8	3,2	2,7	3,1	2,8	2,5	2,3	1,1	0,4
26/12/2014	2,0	2,1	1,8	1,8	1,7	2,1	2,6	2,2	1,5	1,5	1,5	3,1	2,7	2,9	3,2	3,6	2,7	3,1	2,6	2,3	1,2	2,2	1,4	0,0
14/09/2014	2,3	2,7	2,5	3,4	1,6	2,8	3,8	1,6	2,5	2,0	3,4	3,4	3,7	3,8	4,5	4,0	3,5	4,0	3,0	2,0	1,0	1,2	1,5	1,1
24/12/2011	1,3	1,4	1,3	0,4	2,0	2,6	2,5	3,0	2,4	0,7	2,0	1,6	2,6	3,3	3,4	3,0	4,8	3,2	5,0	1,1	1,7	3,7	3,4	4,2
07/03/2007	0,7	0,0	0,3	1,2	1,7	1,5	1,6	1,3	1,4	2,0	1,7	2,4	3,2	3,6	3,0	2,9	2,9	1,9	2,3	1,9	0,4	1,4	2,2	1,4
05/10/2009	1,8	1,9	2,8	2,1	2,8	3,1	3,0	3,6	3,6	3,1	2,6	2,8	3,6	3,5	5,3	4,1	4,6	4,3	4,3	3,3	2,8	1,9	0,5	0,1
03/02/2012	2,5	1,9	1,5	1,2	2,5	2,1	1,8	1,7	2,0	1,5	2,4	3,2	3,5	3,1	3,7	3,6	3,7	3,5	3,3	3,6	4,0	3,5	1,8	1,6
04/03/2007	0,0	1,0	0,9	0,9	1,2	0,9	3,0	2,8	2,6	2,7	3,3	3,5	3,9	3,8	3,5	2,6	2,9	2,8	2,7	2,6	2,4	2,2	0,5	0,3
04/09/2008	2,3	1,4	1,6	1,7	1,6	0,9	1,3	0,2	0,0	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,9	3,7	4,3	3,0	3,1	3,0	1,2	0,5	0,1	0,0
14/09/2013	1,5	1,8	0,4	1,2	2,5	2,4	2,2	1,7	1,4	0,0	0,7	2,5	2,7	3,6	3,2	2,7	3,4	3,0	2,5	2,5	2,5	1,9	1,2	1,8
28/10/2014	2,4	2,1	2,3	2,8	3,5	2,8	2,7	3,1	3,0	1,5	1,5	1,9	2,7	2,7	1,6	0,2	2,3	2,4	3,3	2,7	1,7	1,9	1,4	1,5
MÉDIA	1,4	1,4	1,4	1,6	1,4	1,6	1,9	1,9	1,7	1,7	1,9	2,2	2,6	2,6	2,9	2,7	3,1	2,8	3,1	2,6	2,1	2,1	1,9	1,2

Fonte: Autora (2017).

Tabela 30 – Direção dos ventos dos dias típicos de verão a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	DIREÇÃO DO VENTO (GRAUS)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
20/02/2016	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	21,0
26/12/2013	105	176	64	3	347	35	16	48	58	77	56	8	3	9	354	249	245	159	164	248	229	187	169	151
23/02/2015	107	108	103	97	110	79	86	88	76	91	88	99	105	88	39	49	11	360	90	17	50	64	214	155
19/02/2009	100	112	135	111	103	103	96	86	88	90	88	89	87	63	41	34	56	23	20	38	25	47	64	80
21/01/2014	130	111	101	95	99	86	82	84	93	87	75	68	44	30	12	9	353	15	11	23	87	91	81	81
23/02/2009	131	71	168	99	90	257	25	46	354	37	71	49	27	31	348	292	305	315	136	58	174	267	191	88
24/01/2016	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11/09/2014	83	85	84	74	62	68	60	100	99	96	104	72	37	31	5	345	349	2	359	308	310	321	57	83
31/03/2007	36	103	118	85	89	97	83	76	83	81	201	54	46	220	336	304	327	54	23	277	120	240	170	168
27/10/2012	89	78	65	88	88	78	85	52	182	81	97	67	101	31	343	7	319	340	357	335	296	358	66	81
20/02/2010	80	80	85	78	73	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	68	51	34	33	37	47	37	35	6	53	83	33	19
04/12/2013	217	206	200	57	168	133	310	319	92	116	280	337	7	353	335	315	285	297	283	280	256	258	223	231
04/01/2012	206	180	172	166	138	162	131	153	339	177	137	59	50	28	7	330	330	302	224	258	217	226	198	199
24/04/2016	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26/12/2016	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26/12/2014	71	71	359	39	64	74	90	84	61	60	50	60	60	38	13	356	19	354	331	331	327	33	73	279
14/09/2014	103	96	96	101	54	97	99	69	80	71	80	74	60	35	45	2	2	29	336	358	354	39	58	69
24/12/2011	94	91	102	105	138	89	83	78	67	40	44	52	32	344	356	323	354	16	355	293	24	202	196	229
07/03/2007	121	34	29	110	83	91	90	148	82	95	102	99	80	50	49	360	13	359	11	1	307	76	109	121
05/10/2009	60	69	57	79	56	68	71	70	73	77	68	51	47	30	42	18	13	354	354	336	348	342	15	334
03/02/2012	78	77	85	64	79	76	81	76	76	72	59	27	9	2	3	3	9	354	31	14	32	23	34	66
04/03/2007	163	124	130	117	95	108	94	95	86	91	90	89	81	70	46	48	53	50	22	22	28	32	22	74
04/09/2008	85	74	42	49	39	64	42	22	16	52	46	37	36	17	10	11	7	349	298	298	308	284	76	119
14/09/2013	85	107	108	76	105	97	87	79	78	58	75	105	48	57	42	32	350	333	332	27	356	12	23	71
28/10/2014	106	91	94	90	84	71	62	64	84	78	102	89	98	91	299	256	173	184	210	165	175	117	125	108
MÉDIA	94	88	100	74	90	84	77	81	95	71	83	66	44	68	110	141	141	171	156	159	161	144	93	119

Fonte: Autora (2017).

Tabela 31 – Nebulosidade do Ar dos dias típicos de verão a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	NEBULOSIDADE			
	0	12	18	MED
20/02/2016	4	2	8	4,7
26/12/2013	8	2	9	6,3
23/02/2015	4	7	5	5,3
19/02/2009	4	5	6	5,0
21/01/2014	0	1	5	2,0
23/02/2009	4	3	10	5,7
24/01/2016	0	1	7	2,7
11/09/2014	0	0	2	0,7
31/03/2007	7	5	9	7,0
27/10/2012	10	4	2	5,3
20/02/2010	0	3	8	3,7
04/12/2013	6	1	5	4,0
04/01/2012	0	2	4	2,0
24/04/2016	0	8,75	6,25	5,0
26/12/2016	5	2,5	2,5	3,3
26/12/2014	8,75	2,5	6,25	5,8
14/09/2014	0	0	1	0,3
24/12/2011	5	1	8	4,7
07/03/2007	3	1	8	4,0
05/10/2009	5	0	1	2,0
03/02/2012	1	4	6	3,7
04/03/2007	0	1	8	3,0
04/09/2008	0	9	8	5,7
14/09/2013	0	0	1	0,3
28/10/2014	1	1	5	2,3
MÉDIA				3,8

Fonte: Autora (2017).

Tabela 32 – Radiação Global do Ar dos dias típicos de verão a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	RADIAÇÃO GLOBAL (KJ/M ²)													
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
20/02/2016	NULL	59,3	806,3	1719,4	2311,0	2156,3	3436,6	3878,9	2699,7	2489,3	1750,0	701,2	396,8	29,5
26/12/2013	6,7	431,4	1303,3	2166,8	2925,8	2859,7	2665,4	3120,3	853,1	1720,0	1288,5	494,1	781,1	619,0
23/02/2015	NULL	31,9	630,4	1570,1	2657,0	3157,0	3676,6	3885,2	3739,7	3582,0	2479,6	598,9	438,9	116,6
19/02/2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21/01/2014	NULL	231,1	1079,2	1999,8	2803,4	3252,9	3775,1	4085,6	3030,7	2842,5	2486,0	834,7	312,1	337,7
23/02/2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24/01/2016	NULL	222,0	1073,5	1982,2	2787,6	3439,7	3785,5	4110,6	3437,9	2535,1	2792,4	2247,4	1369,5	428,4
11/09/2014	NULL	27,9	511,2	1355,8	2117,8	2762,6	3158,8	3273,9	3110,5	2541,3	1835,6	1246,4	467,0	8,4
31/03/2007	NULL	20,2	176,9	787,2	1791,9	2566,1	1554,4	2148,8	1180,4	1370,1	1584,8	472,5	210,3	19,3
27/10/2012	7,3	337,7	1187,7	2110,5	2768,4	3359,2	3687,0	3724,9	3848,5	2828,0	1856,6	1449,0	582,0	86,4
20/02/2010	7,3	337,7	1187,7	2110,5	2768,4	3359,2	3687,0	3724,9	3848,5	2828,0	1856,6	1449,0	582,0	86,4
04/12/2013	22,4	559,1	1431,5	2256,1	2969,1	2904,1	3669,9	3814,0	2615,6	2798,4	2665,0	2093,0	1098,6	240,2
04/01/2012	2,6	119,7	1260,9	2183,0	2983,5	3565,0	3972,4	3189,4	3718,3	2878,0	3030,0	2242,4	1320,8	388,3
24/04/2016	NULL	10,0	286,5	744,6	1233,6	1878,3	2608,2	2977,9	2839,1	2096,9	1918,2	947,4	297,8	NULL
26/12/2016	10,6	377,9	529,0	1887,4	2991,9	3548,4	3905,7	3844,8	3378,3	3370,7	2859,4	2082,6	1118,4	256,5
26/12/2014	12,5	397,7	1318,3	2199,1	2949,8	3521,9	3876,7	3907,9	3565,0	2998,0	2987,6	2088,6	1103,9	279,6
14/09/2014	NULL	38,0	586,6	1475,6	2257,1	2851,7	3234,0	3341,0	3124,9	2720,5	1883,4	1028,0	176,0	8,4
24/12/2011	6,8	222,9	1303,8	2175,0	2917,1	3439,0	3117,7	2430,9	3813,7	2608,0	1261,9	1009,0	438,4	60,8
07/03/2007	NULL	36,7	677,4	1587,1	2414,8	3012,0	3426,1	3503,4	2730,5	2217,0	1325,0	878,2	664,1	167,4
05/10/2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03/02/2012	NULL	52,6	832,7	1870,2	2693,5	3346,6	2937,8	3348,1	2884,4	2991,1	2162,5	2091,3	1301,5	415,3
04/03/2007	NULL	47,1	703,4	1553,2	2437,1	2979,7	3532,1	3696,3	2851,1	2071,0	2061,7	1707,7	1000,7	94,8
04/09/2008	NULL	9,8	222,9	587,6	993,1	1645,7	2961,0	3105,0	2952,5	2572,9	1833,7	869,6	331,8	7,5
14/09/2013	NULL	41,4	639,6	1595,1	2384,0	2969,0	3284,7	3493,7	3265,2	2807,1	1641,7	1227,6	329,6	8,9
28/10/2014	3,9	336,4	1226,2	2152,6	2896,9	3430,6	3505,4	2573,1	3981,4	2717,4	2521,4	1523,6	560,2	42,7
MÉDIA	6,7	157,9	759,0	1522,8	2202,1	2640,2	2938,3	3007,1	2698,8	2303,3	1843,3	1171,3	595,3	154,3

Fonte: Autora (2017).

2.3.2 Carta dos Ventos

Os dados gerados no arquivo climático da velocidade dos ventos (m/s) e da direção dos ventos (graus), para os dias típicos de verão e de inverno, foram tratados no software WRPLOT View®. Para isso, os dados da ventilação foram organizados em planilhas, com o formato (tabela 33 e 34): dia; mês; ano; hora; velocidade dos ventos, e; direção dos ventos.

Tabela 33 – Recorte tabela utilizada para os Dias Frios

DIA	MÊS	ANO	UTC	VEL	DIR
6	9	2008	0000	6,6	218
6	9	2008	0001	4,2	217
6	9	2008	0002	3,8	209
6	9	2008	0003	4,8	210
6	9	2008	0004	4,7	216
6	9	2008	0005	3,5	209
6	9	2008	0006	3,3	224
6	9	2008	0007	3,6	204
6	9	2008	0008	3,1	204
6	9	2008	0009	2,6	247
6	9	2008	0010	3,8	260
6	9	2008	0011	3,2	252
6	9	2008	0012	3,8	253
6	9	2008	0013	3,5	262

Fonte: Autora (2017).

Tabela 34 – Recorte tabela utilizada para os Dias Quentes

DIAS	MÊS	ANO	UTC	VEL	DIR
4	3	2007	0000	0,0	163
4	3	2007	0001	1,0	124
4	3	2007	0002	0,9	130
4	3	2007	0003	0,9	117
4	3	2007	0004	1,2	95
4	3	2007	0005	0,9	108
4	3	2007	0006	3,0	94
4	3	2007	0007	2,8	95
4	3	2007	0008	2,6	86
4	3	2007	0009	2,7	91
4	3	2007	0010	3,3	90
4	3	2007	0011	3,5	89
4	3	2007	0012	3,9	81
4	3	2007	0013	3,8	70

Fonte: Autora (2017).

Todos os dados da planilha foram importados para o software (fig. 70). Também foram configurados os dados referentes à localização da cidade de Maringá (conforme a fig. 71 demonstra).

Figura 70 – Importação dos dados de ventilação

#	Data Field Name	Excel Column Name	Missing Indicator in Excel File	Unit in Excel File	Number Type
1	Year	D		N/A	YY, YYYY
2	Month	C		N/A	1 to 12
3	Day	B		N/A	1 to 31
4	Hour	E		01 to 24	00 to 23, 01 to 24

First Row to Import: 1 Set Last Row to Import: 578 Set Import

Excel File: SAMSON File

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	DIA	MÊS	ANO	Hora	vento				Alt.	542m				
2				UTC	VEL	DIR	PREC		Lat.	23°24'S				
3	6	9	2008	0	6,60	218	0					Lon.	51°55'W	
4	6	9	2008	1	4,20	217	0							
5	6	9	2008	2	3,80	209	0							
6	6	9	2008	3	4,80	210	0							
7	6	9	2008	4	4,70	216	0							
8	6	9	2008	5	3,50	209	0							
9	6	9	2008	6	3,30	224	0							

Help Close

Fonte: Autora, retirado do software WRPLOT View® (2017).

Figura 71 – Configuração dos dados geográficos

Station ID: 1 City: MARINGÁ State: PR

Latitude: 23,4° N Longitude: 51,92° W Time Zone: UTC-3 (Brasília)

Station Elevation (MSL) [m]: 542 (Optional) Search Stations...

First Row to Import: 1 Set Last Row to Import: 1 Set Import

Excel File: SAMSON File

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Help Close

Fonte: Autora, retirado do software WRPLOT View® (2017).

A partir dos dados de ventilação e da localização geográfica, o software criou a carta dos ventos: 1. dias típicos de inverno – ventos predominantes no sentido sudoeste (fig. 72); 2. dias típicos de verão – ventos predominantes no sentido leste (fig. 73).

Figura 72 – Ventos predominantes para os dias típicos de inverno

Fonte: Autora (2017).

Figura 73 – Ventos predominantes para os dias típicos de verão

Fonte: Autora (2017).

2.3.3 Tratamento de dados

Para finalização da caracterização climática da cidade de Maringá, foram obtidas dados da umidade específica, na altitude de 2500 m, e calculadas as transformações da radiação solar, obtida no arquivo climático (2.3.1). Todos esses tratamentos foram executados, para que os dados obtidos pudessem ser inseridos no arquivo climático da simulação, exigido pelo software ENVI-met®.

Todas as médias finais dos dias típicos de inverno e verão (tabela 35 e 36) foram transformadas de kJ/m² (unidade fornecida pela estação automática) para W/m² (unidade de entrada no arquivo climático da simulação).

Tabela 35 – Radiação global calculada dos dias típicos de inverno a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	RADIAÇÃO GLOBAL (KJ/M²)													
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
06/09/2008	NULL	2,8	88,5	370,9	279,5	158,7	705,9	859,5	1490,7	2005,4	1645,6	929,1	436,2	16,8
07/06/2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18/07/2012	NULL	NULL	102,7	910,9	1608,5	2095,7	2285,4	2930,2	2399,1	2024,5	1683,8	968,3	224,7	NULL
23/06/2013	NULL	NULL	36,4	182,2	532,1	938,1	1051,9	1312,2	986,1	1358,8	1148,8	851,1	90,2	NULL
07/06/2011	NULL	NULL	10,1	109,2	265,6	279,0	201,6	246,2	1125,7	1112,5	997,1	593,7	121,1	NULL
14/12/2010	4,7	96,5	249,5	391,2	610,8	1002,2	804,5	596,2	987,2	884,6	825,4	232,3	328,9	170,6
15/12/2010	19,2	327,1	704,9	736,6	504,6	1014,8	2369,3	1643,2	766,0	708,7	341,5	176,6	166,6	50,5
13/06/2010	NULL	NULL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17/05/2011	NULL	NULL	270,4	1031,3	1757,5	2307,1	2583,8	2616,7	2333,0	2222,9	1716,9	661,7	113,3	NULL
21/08/2011	NULL	1,5	261,7	640,3	926,2	1896,1	1956,0	3013,1	2335,0	1913,1	1782,5	454,9	107,7	1,2
12/07/2012	NULL	NULL	37,9	219,2	551,8	901,8	1069,0	674,8	764,8	881,9	1173,4	953,0	202,6	NULL
24/09/2013	NULL	9,9	86,6	184,5	308,0	497,1	998,4	1513,1	2818,6	2996,3	2365,4	1551,5	610,2	28,2
26/06/2011	NULL	0,2	32,9	65,4	93,9	312,0	656,9	506,8	378,8	418,0	409,8	122,2	33,9	NULL
28/05/2010	NULL	NULL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
08/04/2010	NULL	NULL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29/06/2011	NULL	NULL	4,1	51,0	219,6	1017,5	1157,8	201,8	105,8	203,7	160,7	118,9	13,7	NULL
03/07/2011	NULL	NULL	47,5	150,5	436,1	679,6	929,6	1106,4	867,1	763,1	521,6	163,1	69,9	NULL
19/06/2014	NULL	NULL	113,8	482,6	507,2	587,7	823,7	948,4	926,1	1438,5	820,5	175,0	37,2	NULL
19/05/2012	NULL	0,3	186,8	654,6	1295,1	1447,3	1583,5	1663,4	2129,6	1518,1	1498,9	847,4	117,3	NULL
27/06/2011	NULL	NULL	133,1	896,1	1632,7	2190,1	2547,4	2687,7	2642,1	2208,8	1639,1	891,8	152,7	NULL
06/06/2012	NULL	NULL	52,8	151,0	586,2	384,3	738,8	802,6	447,3	178,5	167,6	118,1	28,1	NULL
02/05/2011	NULL	1,7	343,3	1270,8	2068,2	2203,1	2693,0	2123,8	1930,7	2423,4	1430,6	556,0	246,8	NULL
08/07/2011	NULL	NULL	132,2	829,8	1581,5	2162,1	2523,4	2466,8	2371,9	2186,4	1600,9	896,0	124,6	NULL
MÉDIA	8,0	48,9	125,9	405,6	685,5	959,8	1203,5	1213,6	1208,9	1193,3	953,5	489,6	140,2	29,7
EM W/M²	2,22	13,6	35	112,7	190,4	266,6	334,3	337,1	335,8	331,5	264,9	136	39	8,25

Fonte: Autora (2017).

A variável da umidade específica, na altitude de 2500 metros, em relação ao nível do mar, foi obtida pelo levantamento de radiossondagem, fornecido no site da Universidade de Wyoming (UNIVERSIDADE DE WYOMING, 2016), para a estação 83768 SBLO. A estação fica na cidade de Londrina (em torno de 100km de distância da cidade de Maringá) e foi a mais próxima disponibilizada.

Tabela 36 – Radiação global calculada dos dias típicos de verão a 10%

DIA/MÊS/ANO HORA UTC	RADIAÇÃO GLOBAL (KJ/M²)													
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
20/02/2016	NULL	59,3	806,3	1719,4	2311,0	2156,3	3436,6	3878,9	2699,7	2489,3	1750,0	701,2	396,8	29,5
26/12/2013	6,7	431,4	1303,3	2166,8	2925,8	2859,7	2665,4	3120,3	853,1	1720,0	1288,5	494,1	781,1	619,0
23/02/2015	NULL	31,9	630,4	1570,1	2657,0	3157,0	3676,6	3885,2	3739,7	3582,0	2479,6	598,9	438,9	116,6
19/02/2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21/01/2014	NULL	231,1	1079,2	1999,8	2803,4	3252,9	3775,1	4085,6	3030,7	2842,5	2486,0	834,7	312,1	337,7
23/02/2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24/01/2016	NULL	222,0	1073,5	1982,2	2787,6	3439,7	3785,5	4110,6	3437,9	2535,1	2792,4	2247,4	1369,5	428,4
11/09/2014	NULL	27,9	511,2	1355,8	2117,8	2762,6	3158,8	3273,9	3110,5	2541,3	1835,6	1246,4	467,0	8,4
31/03/2007	NULL	20,2	176,9	787,2	1791,9	2566,1	1554,4	2148,8	1180,4	1370,1	1584,8	472,5	210,3	19,3
27/10/2012	7,3	337,7	1187,7	2110,5	2768,4	3359,2	3687,0	3724,9	3848,5	2828,0	1856,6	1449,0	582,0	86,4
20/02/2010	7,3	337,7	1187,7	2110,5	2768,4	3359,2	3687,0	3724,9	3848,5	2828,0	1856,6	1449,0	582,0	86,4
04/12/2013	22,4	559,1	1431,5	2256,1	2969,1	2904,1	3669,9	3814,0	2615,6	2798,4	2665,0	2093,0	1098,6	240,2
04/01/2012	2,6	119,7	1260,9	2183,0	2983,5	3565,0	3972,4	3189,4	3718,3	2878,0	3030,0	2242,4	1320,8	388,3
24/04/2016	NULL	10,0	286,5	744,6	1233,6	1878,3	2608,2	2977,9	2839,1	2096,9	1918,2	947,4	297,8	NULL
26/12/2016	10,6	377,9	529,0	1887,4	2991,9	3548,4	3905,7	3844,8	3378,3	3370,7	2859,4	2082,6	1118,4	256,5
26/12/2014	12,5	397,7	1318,3	2199,1	2949,8	3521,9	3876,7	3907,9	3565,0	2998,0	2987,6	2088,6	1103,9	279,6
14/09/2014	NULL	38,0	586,6	1475,6	2257,1	2851,7	3234,0	3341,0	3124,9	2720,5	1883,4	1028,0	176,0	8,4
24/12/2011	6,8	222,9	1303,8	2175,0	2917,1	3439,0	3117,7	2430,9	3813,7	2608,0	1261,9	1009,0	438,4	60,8
07/03/2007	NULL	36,7	677,4	1587,1	2414,8	3012,0	3426,1	3503,4	2730,5	2217,0	1325,0	878,2	664,1	167,4
05/10/2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03/02/2012	NULL	52,6	832,7	1870,2	2693,5	3346,6	2937,8	3348,1	2884,4	2991,1	2162,5	2091,3	1301,5	415,3
04/03/2007	NULL	47,1	703,4	1553,2	2437,1	2979,7	3532,1	3696,3	2851,1	2071,0	2061,7	1707,7	1000,7	94,8
04/09/2008	NULL	9,8	222,9	587,6	993,1	1645,7	2961,0	3105,0	2952,5	2572,9	1833,7	869,6	331,8	7,5
14/09/2013	NULL	41,4	639,6	1595,1	2384,0	2969,0	3284,7	3493,7	3265,2	2807,1	1641,7	1227,6	329,6	8,9
28/10/2014	3,9	336,4	1226,2	2152,6	2896,9	3430,6	3505,4	2573,1	3981,4	2717,4	2521,4	1523,6	560,2	42,7
MÉDIA	6,7	157,9	759,0	1522,8	2202,1	2640,2	2938,3	3007,1	2698,8	2303,3	1843,3	1171,3	595,3	154,3
EM W/M²	1,85	43,9	210,8	423	611,7	733,4	816,2	835,3	749,7	639,8	512	325,4	165,3	42,8

Fonte: Autora (2017).

A Universidade não disponibiliza a umidade especificamente para a altura de 2500 metros, o que impõe a necessidade de estimá-los para esta altitude. Nesse sentido, foi calculada a umidade por meio da técnica de regressão linear.

Para tanto, foram selecionadas as vinte primeiras alturas disponíveis, concomitantemente com as respectivas umidades relativas (tabela 37), do conjunto de dias típicos de inverno¹¹ (23 dias) e de verão¹² (25 dias), e, calculadas as equações lineares, para cada dia, visando encontrar a umidade da altura desejada (figura 74).

Devido à existência de falhas na radiossondagem, na captação dos dados, alguns dias não possuíam dados de umidade, sendo eles: Inverno - 06/09/2008,

¹¹ 06/09/2008, 07/06/2009, 18/07/2012, 23/06/2013, 07/06/2011, 14/12/2010, 15/12/2010, 13/06/2010, 17/05/2011, 21/08/2011, 12/07/2012, 24/09/2013, 26/06/2011, 28/05/2010, 08/04/2010, 29/06/2011, 03/07/2011, 19/06/2014, 19/05/2012, 27/06/2011, 06/06/2012, 02/05/2011 e 08/07/2011.

¹² 20/02/2016, 26/12/2013, 23/02/2015, 19/02/2009, 21/01/2014, 23/02/2009, 24/01/2016, 11/09/2014, 31/03/2007, 27/10/2012, 20/02/2010, 04/12/2013, 04/01/2012, 24/04/2016, 26/12/2016, 26/12/2014, 14/09/2014, 24/12/2011, 07/03/2007, 05/10/2009, 03/02/2012, 04/03/2007, 04/09/2008, 14/09/2013 e 28/10/2014.

07/06/2011, 17/05/2011, 19/05/2012, 02/05/2011; e Verão - 31/03/2007, 27/10/2012, 07/03/2007, 04/03/2007 e 04/09/2008.

Tabela 37 – Seleção das alturas e umidades do dia 04 de Janeiro de 2012

n°	altura (m)	Umidade (g/kg)
1	793	12,76
2	982	12,3
3	1194	12,45
4	1302	8,56
5	1523	7,98
6	3063	5,76
7	3156	5,26
8	3191	5,1
9	3430	4,1
10	3699	0,53
11	3711	0,48
12	4209	0,71
13	4262	0,47
14	4368	0,19
15	4502	0,21
16	4777	0,26
17	4935	0,3
18	4988	0,3
19	5741	0,25
20	5850	0,25

Fonte: Autora (2017).

Figura 74 - Regressão linear da Umidade Específica por altitudes do dia 04 de Janeiro de 2012

Fonte: Autora (2017).

Após o cálculo das umidades relativas de cada dia, referente ao conjunto de dias típicos, foram calculadas as médias para o inverno (tabela 39) e para o verão (38). A média final foi utilizada para a formatação do arquivo climático do software ENVI-met®.

Tabela 38 – Umidade específica em 2500 m dos dias típicos de verão a 10%

DIA	U a 2500m (g/kg)
20/02/16	10,22
26/12/13	9,90
23/02/15	6,34
19/02/09	7,91
21/01/14	8,12
23/02/09	8,75
24/01/16	6,56
11/09/14	5,10
31/03/07	null
27/10/12	null
20/02/10	9,47
04/12/13	6,52
04/01/12	6,69
24/04/16	6,62
26/12/16	8,04
26/12/14	8,07
14/09/14	5,38
24/12/11	8,96
07/03/07	null
05/10/09	6,29
03/02/12	9,70
04/03/07	null
04/09/08	null
14/09/13	3,88
28/10/14	5,55
MÉDIA	7,40

Fonte: Autora (2017).

Tabela 39 – Umidade específica em 2500 m dos dias típicos de inverno a 10%

DIA	U a 2500m (g/kg)
06/09/08	null
07/06/09	3,95
18/07/12	2,89
23/06/13	7,72
07/06/11	null
14/12/10	10,54
15/12/10	6,25
13/06/10	2,60
17/05/11	null
21/08/11	4,50
12/07/12	6,97
24/09/13	7,00
26/06/11	7,56
28/05/10	3,12
08/04/10	2,45
29/06/11	4,73
03/07/11	7,52
19/06/14	5,23
19/05/12	null
27/06/11	0,90
06/06/12	7,82
02/05/11	null
08/07/11	1,28
MÉDIA	5,17

Fonte: Autora (2017).

A partir do século XX, com a revolução digital, muitos desenhos de projetos da engenharia e arquitetura e urbanismo começaram a ser produzidos por ferramentas digitais e o domínio de software de projeção tornou-se um dos saberes mais apreciado pelas gerações de arquitetos e urbanistas (MONTENEGRO, 2001).

Uma das ferramentas mais utilizadas pelos projetistas, para a produção de desenhos e documentos técnicos, é a ferramenta CADD (Projeto e Desenho Auxiliado por Computador), que permite a construção de estruturas complexas. O principal programa para utilização de desenhos na arquitetura e engenharia é o AutoCad®, um software produzido pela empresa americana Autodesk.

Além de programas CAD, destinados ao desenho técnico, outros softwares foram desenvolvidos para etapas ou áreas específicas, a exemplo do trabalho de projeto arquitetônico, como o ArchiCAD®, o ArchiStation®, o Autodesk Architectural®, o Revit®, entre outros, com os quais é possível visualizar o modelo arquitetônico em suas várias etapas de projeto.

No final dos anos 60, com a crescente discussão sobre a sustentabilidade e racionalização dos recursos naturais, constatou-se a necessidade de verificações do consumo energético dos edifícios, dando início ao surgimento de programas computacionais especializados em análises de conforto e eficiência energética, baseados em algoritmos para cálculo de transferência de calor em edificações e desempenho dos sistemas de ar refrigerado (AYRES, STAMPER, 1992).

3.1 PROGRAMAS PARA ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO

No campo da pesquisa, a avaliação ambiental é estabelecida, basicamente, por três grupos metodológicos, aplicados de forma complementar ou isolada, sendo

eles (MOONEN et al., 2012): 1. Medições em campo; 2. Túneis de vento; 3. Simulações numéricas, fundamentadas pela Dinâmica Computacional dos Fluidos (DCF). Softwares de simulações especializados em análises ambientais urbanas foram desenvolvidos como modelos numéricos para avaliar a microescala, da edificação e cânions urbanos, e a mesoescala, com o microclima urbano da cidade de forma mais ampla (ARNFIELD, GRIMMOND, 1998; MILLS, 1997).

O uso de ferramentas computacionais para simular a avaliação térmica dos edifícios e de áreas urbanas vem ganhando cada vez mais espaços nas pesquisas acadêmicas. No campo da prática profissional, em especial na verificação e concepção de projetos, os programas relacionados a eficiência energética das edificações já começaram a ser implantados. Isso permitiu o aprimoramento e a propagação de modelos de ferramentas computacionais, para armazenamento e simulações de informações climáticas e ambientais. Entre os diversos programas e softwares de análise de conforto, pode-se citar, segundo as escalas de atuação: 1. Edifício – ARQUITROP, DESIGNBUILD, IVES-VE e MEM; 2. Escala urbana – GEOMET CPB, KLIMM, SHADOW, METSUN, TOENSCOPE III; 3. Edifício e meio urbano – ARCHISUN, ENVI-MET, URBAN, SOMBRERO e MUKLIMO (tabela 40).

Tabela 40 – Programas de análise de conforto térmico

ESCALA	PROGRAMA	INFORMAÇÕES GERAIS
EDIFÍCIO	ARQUITROP Ano: 1989 Prof. Dr. Maurício Roriz e parceiros	Freeware simplificado, composto por um sistema integrado de ferramentas computacionais e bancos de dados. Simula o clima exterior, estima a variação horária da temperatura externa e da umidade relativa do ar, para estabelecer as condições climáticas típicas de cada mês. É capaz de configurar dados climáticos, matérias e componentes; Analisa o clima e emite recomendações de projeto (método Mahoney adapt.); Elabora gráficos de estimativa da variação horária de temperatura e umidade; carta solar; radiação; verificação de condições de conforto térmico em projetos; temperaturas intermediárias em camadas de componentes; estimativa de cargas para condicionamento artificial de ar; estimativa de variação horária do fluxo térmico através de componentes construtivos opacos. Como desvantagem, cita-se que o programa foi desenvolvido para a plataforma operacional DOS, e, neste sentido, há uma limitação operacional e poucos usuários.

URBANA	DESIGNBUILD ER. 2006 Departamento de Energia do Governo Americano	O software licenciado que modela edifícios, de excelente custobenefício e precisão; Permite a modelagem de edifícios complexos e a elaboração de análises de consumo de energia e do desempenho do projeto. Permite verificar o desempenho do projeto desde as fases iniciais de desenvolvimento (anteprojeto). Calcula as cargas de aquecimento e resfriamento, utilizando o método de "Balanço de Calor" aprovado pela ASHRAE e implementado pelo EnergyPlus. Avalia parâmetros como: consumo anual de energia, horas de aquecimento e emissão de CO ₂ , além do consumo de energia por combustível e uso final; Avalia diferentes parâmetros como a temperatura de ar interno, média radiante, de operação e níveis de umidade; Calcula os níveis de conforto, inclusive curvas de distribuição das horas não atendidas (ASHRAE 55, Fanger PMV, Pierce PMV ET, Pierce PMV SET, Kansas Uni TSV). Utiliza a informação climática local (TRY); Calcula a transmissão de calor no edifício, considerando paredes, coberturas, taxas de infiltração e ventilação.
	IES – VE Ano: 2011 Google Group	Programa licenciado que permite a modelagem de desempenho abordando sobretudo o tema das emissões de carbono, com um dos principais desafios para os projetistas e gestores de edifícios. O programa auxilia o projetista a no planejamento projeto e operação de edifícios confortáveis, que consomem muito menos energia e que incorpore tecnologias de baixo uso de carbono e adote energias mais renováveis. Vislumbra uma nova tipologia de construção. O software permite que os arquitetos testem diferentes soluções de projeto, identificando as melhores soluções passivas, compare tecnologias de baixo uso de carbono, e tire conclusões sobre o uso de energia, emissões de CO ₂ , considerando, sobretudo, o conforto dos ocupantes, os níveis de luz, fluxo de ar, além de associar os resultados com os sistemas de certificação como o BREEAM, LEED, as classificações de EPC. O programa é validado pelo besttest da ASHRAE (Standart) e funciona para um plugin para o Google SketchUp.
	MEMI: Munich Energy Balance Model for Individuals. Ano: Professor Meter Höppe	Consiste num programa gratuito baseado no índice PMV de Fanger para o cálculo do conforto térmico, considerado o balanço do corpo humano em condições estacionárias. Este tipo permite calcular valores reais da temperatura da pele e a evaporação por sudorese. Os resultados das simulações são: temperatura do corpo, temperatura média da pele, razão de sudorese, umidade da pele e fluxo de calor. A temperatura equivalente fisiológica (PET) derivada deste programa é definida como a temperatura do ar, valorando como se encontraria a envoltória em condições controladas como no interior da edificação.
	GEOMET CPB Canyon Plume Box – Urban Canyon Model. Ano: 1995 GEOMET Umweltberatung und Regionalplanung	Programa licenciado como possibilidade o cálculo de concentrações de contaminação em uma seção de rua causado por veículos. Este tipo tem diferentes níveis de tratamento do vento na seção da rua. Primeiro considera o fluxo paralelo á calçada, em combinação com o tipo Gaussiano, permite considerar as reflexões nas paredes da seção e finalmente as concentrações de partículas contaminantes. É valido para a análise da escala da rua e avalia o tipo de contaminantes que toma em conta de dióxido de nitrogênio com a presença de ozônio.

	<p>FLUXOVENTO: Ano: 2005 Carlos Carvalho, Luiz Fernando Martha e Walter Teixeira</p>	<p>Programa gratuito que utiliza conceitos em conjunto com técnicas de Computação Gráfica Interativa. A construção do tipo de análise é bastante fácil para o usuário. A modelagem no programa é feita de forma interativa, onde se pode inserir anteparos externos tanto em plantas baixas como em cortes. Ou seja, a análise pode ser feita no plano horizontal ou em elevações. Como resultados, a representação gráfica de análise mostra a construção das linhas de correntes, gerando uma visualização adequada do fenômeno físico, estimulando a intuição e a percepção do caminhamento do vento através dos vãos livres (aberturas) dos compartimentos de uma edificação.</p>
	<p>KLIMM Ano: 1989 Dr. Joachim Eichhom</p>	<p>Programa gratuito que avalia a mesoescala do clima urbano. As análises desenvolvidas neste software são utilizadas para prever os efeitos térmicos dos sistemas de circulação de partículas. O programa permite analisar a dispersão de contaminantes no ar.</p>
	<p>RAYMAN Ano: 2004 Matzarakis</p>	<p>Programa que gera o cálculo de radiação a partir de dados climatológicos como velocidade do vento, temperatura do ar, umidade e nebulosidade. O tipo é útil para casos de edifícios isolados sem a presença de obstáculos no entorno imediato. O tipo tem sido validado e a margem de erro causada pelo efeito da reflexão múltipla da radiação de onda curta varia corretamente gerando diferenças entre as medições reais e os cálculos.</p>
	<p>SHADOW Ano: 2006 Michael Bruse</p>	<p>Programa que calcular a distribuição da longitude de onda curta em uma determinada área. É utilizada para pesquisas de zonas urbanas e rurais já que o programa conta com uma leitura topográfica. O programa permite calcular a radiação de onda curta incidente, calcula a sombra, a exposição segundo fator de visão do céu da superfície, saída de resultados em arquivo e graficamente.</p>
	<p>METSUN: (Sun Shadow Model) Ano: Década de 90. Klaus Bigalke</p>	<p>Programa gratuito que calcula as condições lumínicas e de sombra em entornos urbanos ou em terrenos complexos. Calcula a porcentagem de sombra sólida em áreas de acordo com a duração de horas de sol. A porcentagem de sombra pode estar determinado como um valor integral durante todo um ano, meses, dias, ou intervalo de horas. É útil em análises de volumetria de projetos futuros e em função da radiação solar direta, estimar o máximo de energia disponível em determinada área.</p>
	<p>TOWNSCOPE II Ano: 2000 Sleiman Azar, Verônica Cremasc e Jacques Teller</p>	<p>Programa para estimativa da radiação solar e conforto térmico. É um software que avalia a qualidade dos espaços exteriores através do conforto. As funções que estão desenvolvidas são as seguintes: importação e exportação de fácil intercâmbio entre formatos (.dxf), interface gráfica de fácil manipulação, triangulação de algoritmos para o solo e superfícies irregulares. Balanço de radiação solar e conforto térmico.</p>
EDIFÍCIO E MEIO URBANO	<p>ARCHISUN (Renewable Energy Sources Implementation). Ano: 1998 Professor Rafael Serra e Jaume Roset</p>	<p>O software fornece informações que podem auxiliar o projetista desde as primeiras etapas de desenvolvimento do projeto arquitetônico. A modelagem no programa é dividida em cinco temas principais: localização, configuração, forma, envoltória e ambiente interior, que são apresentados em cinco telas principais. Para consultar as informações do projeto durante o desenvolvimento do mesmo, a qualquer momento, pode-se visualizar a tela de resultados que explica o consumo energético exato e os parâmetros ambientais para as quatro estações do ano, focando os diferentes itens: consumos dos sistemas de aquecimento, iluminação e aquecimento de água, por exemplo.</p>

Autodesk® Ecotect ® Analysis. Ano: 2012 Andrew Mash	Programa licenciado de análise de design sustentável. É um conceito abrangente ao pormenor ferramenta de design de construção sustentável. Ecotect Analysis oferece uma ampla gama de simulação e análise de energia de construção funcionalidade que pode melhorar o desempenho dos edifícios existentes e os projetos de construção de novas. Capacidades de análise de energia on-line, água e emissões de carbono integração com ferramentas que permitem visualizar e simular o desempenho de um edifício dentro do contexto de seu ambiente. Calcula o consumo total de energia de todo o edifício e as emissões de carbono em uma base anual, mensal, diária e horária, usando um banco de dados global de informações meteorológicas. Calcula as cargas de aquecimento e arrefecimento para tipos e analisar efeitos da ocupação, ganhos internos, infiltração, e equipamentos. Estima o consumo de água, custo de avaliação e calcula os níveis de radiação solar incidente em janelas e superfícies, em qualquer período. Exibe sombras e reflexos, mediante a posição do sol e o seu percurso aparente em relação ao tipo em qualquer data, hora e local.
ENVI-met Ano: 2006 Michael Bruse	Programa gratuito com grande utilidade em pesquisas de clima urbano. Consiste num tipo de clima urbano tridimensional de microescala. O programa é capaz de simular interações entre a microescala e o microclima em cidades, predita o comportamento do vento, a distribuição da temperatura e umidade assim como das turbulências. Tem em conta o fluxo de radiação de ondas curta e longa, mas sem considerar a inércia térmica dos materiais, com o qual também não é possível gerar uma melhor aproximação da relação interior exterior. Por outro lado, apresenta como vantagens o fato de considerar o calor latente da vegetação e de elementos de água em seus cálculos. Apresenta resultados gráficos e tabelados de fácil interpretação.
URBAN Ano: Década de 90 Swain y Hoffman	Tipo de simulação gratuita baseada em CTTC (Cluster Thermal Time Constant), o qual significa que se prevê as temperaturas urbanas em função de geometrias básicas. Este tipo considera a contribuição de diferentes aspectos no cálculo de temperatura do ar, entre os que se destacam: clima da estação climatológica mais próxima do estudo de caso, calor por radiação solar nas superfícies e calor devido a emissão de radiação de onda longa. Como limitações tem-se que o programa não permite uma geometria diversa e também não considera todas as características térmicas dos materiais. Os efeitos da vegetação não são avaliados como também não é considerado o efeito do calor antropogênico.
SOMBRERO Ano: 2000 Schieders, Eicker e Heidt	Programa gratuito que desenvolve o cálculo de sombras em superfícies orientadas. Determina a influência da sombra sobre a temperatura interior de um edifício, permitindo avaliar o efeito dos outros edifícios, a sombra das árvores e inclusive pode-se aplica-lo para análises de coberturas e a instalação de coletores solares.
MUKLIMO – MUKLIMO3. Ano: 1983. U. Sievers	Programa gratuito bidimensional que calcula as condições atmosféricas em uma área com estrutura de blocos. O programa calcula a dispersão de calor por veículos, no entanto, o cálculo do intercambio convectivo é limitado igualmente ao tratamento das geometrias. A versão 3 tem como principais operações: a importação de geometrias em três dimensões, distinção de áreas isoladas ou não, tendo em conta a obstrução gerada pela vegetação. Nessa versão foi melhorada a possibilidade de gerar intercâmbios vizinhos às zonas de fronteira.

Fonte: adaptado de Silva (2013).

No Brasil, apesar da evolução dos estudos sobre clima urbano na década de 2000 (ASSIS, 2006), as simulação de conforto ambiental e eficiência energética concentram-se apenas no meio acadêmico, com pequena aplicação na prática profissional de projetos de edifícios e áreas urbanas ou mesmo planos diretores e formulação de leis urbanas (MENDES et al., 2001).

Uma das maiores dificuldades e barreiras técnicas encontradas para os trabalhos de simulações é a falta de banco de dados de entrada no software, tais como dados com informações climáticas locais – arquivos climáticos; informações sobre solo e rios, etc.; dados de materiais construtivos específicos – materiais de superfícies e acabamentos utilizados na região estudada, e; dados sobre a vegetação da região – banco de dados de árvores, arbustos e gramas (MATHEWS, RICHARDS, 1993; BARBIRATO, 1999; DUNOVSKA et al., 1999; GOMEZ et al., 2001).

3.1.1 ENVI-MET

ENVI-met® é um modelo de microclima tridimensional, projetado para simular as interações entre a superfície, a vegetação e a atmosfera, em ambiente urbano, calculando o balanço de energia por meio das variáveis (fig. 75): radiação; reflexão; sombreamento de edifícios; vegetação; fluxo do ar; temperatura; umidade; turbulência local e sua taxa de dissipação, e; trocas de água e calor dentro do solo. O programa pode ser utilizado nas áreas de climatologia urbana, projeto de edificações e planejamento urbano (BRUSE, 2009). O ENVI-met® permite a análise dos efeitos de mudanças de pequena escala, em desenho urbano, no microclima, sob diferentes condições de mesoescala. (BRUSE, 1998)

O software foi desenvolvido, baseado em pesquisas científicas, pelo geógrafo Michael Bruse, da Universidade de Bochum, na Alemanha. A pesquisa de Han, Mun e Huh (2007) foi um dos primeiros usos aplicados dos cálculos do programa. O trabalho investigou as mudanças do microclima e a redução na escala urbana da refrigeração resultantes do córrego Cheonggye, em Seoul. O procedimento de revitalização da área contou com simulações computacionais do ENVI-met® (SILVA, 2013).

Figura 75 – Modelo de Simulação

Fonte: Envi-met website (2015).

O software obteve grande aceitação nas pesquisas urbanas e, desde então, foi aplicado em diversos trabalhos pelo mundo, a exemplo do campus da Universidade de Singapura (WONG et al., 2006), da cidade grega Thessaloniki (CHATZIDIMITRIOU et al., 2006), da cidade de Lisboa (ALCOFORADO, ANDRADE, 2006), da cidade chinesa de Hong Kong (NG et al., 2012) e no Brasil, em São Paulo (SPANGENBERG et al., 2008; SHINZATO et al., 2007; DUARTE et al., 2015), Teresina (SILVA et al., 2009), Bauro (NAKATA et al., 2009), Cuiabá (MACIEL et al., 2015), Brasília (SILVA, 2013) e Curitiba (MINELLA, 2017). Apesar do software ser adequado para simular áreas urbanas e possuir limitações irrelevantes para a avaliação do desempenho térmico (SILVA, ROMERO, 2009), sua utilização, no Brasil, conforme já mencionado, ainda é restrita às pesquisas acadêmicas.

Trata-se de uma ferramenta eficiente em simulações de desempenho ambiental térmico, principalmente em áreas urbanas, permitindo simular, em grandes ou pequenas áreas, as alterações climáticas ocasionadas pelas volumétricas de calor que ocorrem no ar, nos edifícios, na vegetação e no solo, conferindo uma grande potencial de ferramenta para pesquisa.

Este software constitui um modelo de prognóstico, baseado nas leis fundamentais da mecânica de fluídos e termodinâmica. O módulo trabalha em cinco campos: 1. Modelo atmosférico – por meio do campo de vento, temperatura e

umidade do ar, turbulência, fluxos radiativos e dispersão de poluentes; 2. Modelo de solo – em que se avalia a temperatura da superfícies e do solo, o conteúdo da água do solo, o abastecimento de água das vegetações e corpos de água e rios; 3. Modelo de vegetação – com a geometria das plantas, temperatura de folhagem, os processos da vegetação com o meio ambiente e suas condições de crescimento; 4. Ambiente construído e sistema de construção - geometria completa das construções, materiais de construção detalhados, termodinâmica da construção, desempenho energético dos edifícios e sistemas de parede e telhados verdes; 5. Modelo interno – por meio de esquemas de discretização e métodos numéricos e da linguagem de programação.

O programa oferece diversos parâmetros ambientais, considerando: temperatura, umidade, radiação e ventilação. O tipo de cálculo inclui: radiação de onda curta e longa, fluxo de sombreamento, reflexão e irradiação do edifício e a vegetação (SILVA, 2013).

O programa gera simulações bioclimáticas, tanto 2D quanto 3D, a partir de modelagens feitas no próprio software. O programa trabalha dentro de uma grelha, que pode ser estipulada com resoluções (grids) entre 0,5 a 10 metros (fig. 76). O grid é um célula tridimensional com eixos X, Y e Z. A partir de então, é possível criar a geometria do local, inserindo o banco de dados de solo, materiais e vegetação.

Figura 76 – Layout básico do modelo ENVI-met

Fonte: Envi-met website (2015).

São necessários dois arquivos para a modelagem, um contendo a configuração dos dados climatológicos e o outro possuindo os dados da área de estudo (conforme fig. 77).

Figura 77 – Fluxograma ENVI-met

Fonte: Envi-met website (2015).

O ENVI-met® oferece muitas opções de dados de saída, entre elas temperatura e umidade do ar, temperaturas de superfície, a temperatura radiante média, a velocidade do vento, PMV e fator de visão do céu. A configuração básica do programa requer dados de: Temperatura do Ar (K) a 2500 m; Umidade Absoluta (g água/Kg de ar) a 2500 m (camada limite planetária); Umidade Relativa (%) a 2 m; Velocidade dos Ventos a 10 m (m/s); Direção dos Ventos a 10 m; Coeficiente de Rugosidade da Superfície (da estação meteorológica).

Para realização das análises, o software disponibiliza três aplicativos: 1. *Area Input File Editor* - permite a criação da geometria do modelo com a especificação de detalhes do ambiente; 2. *Configuration File Editor* - Determina os dados básicos de entrada para a simulação (data e horário, velocidade do vento a 10 metros de altura, direção do vento, rugosidade da superfície, temperatura inicial da atmosfera, umidade específica a 2500m de altura e umidade relativa a 2m de altura); 3. *ENVI-met interface* - O software de simulação que permite a escolha dos dados de saída. A visualização dos dados pode ser feita por meio do programa Leonardo e softwares de análises de dados (MACIEL, 2014).

Na versão v4 do software, o processo de simulação se divide em seis etapas principais: 1. Base de dados; 2. Modelagem; 3. Configuração climática; 4. Processamento; 5. Pós-processamento; e 6. Visualização.

3.1.1.1 Base de dados

Na etapa *base de dados*, o software permite a organização e elaboração de dados por meio dos aplicativos auxiliares *Manage Projects and Workspaces*, *Manage Database* e *Albero*. O primeiro aplicativo organiza os projetos de simulação em pastas de trabalho. Nas versões anteriores, essa ferramenta não existia, fazendo com que o próprio pesquisador precisasse criar e organizar todas as pastas de trabalho, gerando certos problemas e dúvidas nos processos posteriores, já que todos os arquivos das 6 etapas precisavam estar organizados, corretamente, nas pastas, para que não ocorresse equívocos durante as simulações. O ideal é que seja criada uma pasta para cada parâmetro de avaliação e, dentro dela, sejam criadas subpastas com as hipóteses de trabalho, que serão os cenários criados para a avaliação (a exemplo da fig. 78)

Figura 78 – Organização dos arquivos no aplicativo Manage Workspace

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

O segundo aplicativo, *Manage Database*, permite a modificação e elaboração de materiais que são inseridos na etapa modelagem (dos cenários), sendo eles: solos - propriedades de diferentes solos naturais e artificiais; muro simples - conjuntos de paredes individuais com um único material; plantas – plantas em 2D simplificadas, como a grama; paredes - conjuntos de construção de paredes e telhados compostos de 3 camadas de diferentes materiais; materiais - diferentes

materiais que podem ser usados nas paredes; perfis de solo - diferentes tipos de materiais de superfície; fontes - perfis de emissão para diferentes fontes de poluentes, e; localizações - para localizar a área de simulação. A ferramenta já oferece um banco de dados de materiais e sua configuração é realizada por subpasta de trabalho, ou seja, para cada cenário criado (como demonstra a fig. 79)

Figura 79 – Organização dos arquivos no aplicativo *Manage Database*

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

O terceiro aplicativo, *Albero*, permite a modificação e elaboração de vegetações em 3D. A ferramenta oferece um banco de dados 3D de vegetações arbóreas, disponibilizando diversas especificações, tais como altura, diâmetro, albedo de folhagem, profundidade de raiz, diâmetro de raiz, tipo de fixação de CO₂ e DAF (densidade de área foliar).

Para a inserção de novas espécies, é necessário possuir os dados DAF, que representam a relação da área total de um lado da folha pelo volume geométrico da copa (WEISS, 2004), obtido por meio do cálculo do Índice de Área Foliar (fig. 80), que é a relação da superfície total das folhas pela área de projeção da copa da árvore (MEIR, 2000). A configuração das vegetações arbóreas em 3D também é

realizada por subpasta de trabalho, ou seja, para cada cenário criado (como demonstra a fig. 81).

Figura 80 – Cálculo do Índice de Área Foliar

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

Fonte: Shinzato (2014).

Figura 81 – Configuração da vegetação arbórea em 3D no aplicativo *Albero*

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

3.1.1.2 Modelagem

Na etapa *Modelagem*, o software permite a construção em 2D e 3D, simultaneamente (inserindo edifícios, vegetações, solos e superfícies, entre outros), dos cenários, por meio do aplicativo *SPACES* (.in) e do aplicativo auxiliar *EagleEye*. Esta segunda ferramenta possui vínculo com o Google Earth®, capturando e selecionando imagens aéreas do local estudado. Na maioria dos sistemas computacionais, esse aplicativo não funciona mais, dado que o software perdeu a interface com o Google Earth®, depois que a Google o retirou do suporte de navegação. A ferramenta também não era muito utilizada pelos pesquisadores, já que grande parte dos trabalhos utilizava a metodologia de construção e importação do desenho da área estudada, em programas com dimensionamentos técnicos, como o CorelDRAW® e o AutoCAD®, facilitando sua modelagem.

Toda a modelagem do cenário é produzida no aplicativo *SPACES*. Neste, é possível definir as configurações iniciais da base do modelo, tais como o dimensionamento da mesa de trabalho, os parâmetros de grid (unidade mínima do desenho), dados referentes à localização da cidade e definição das especificações de solo (conforme a fig. 82 demonstra).

Figura 82 – Configuração inicial da modelagem

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

Assim, a ferramenta possibilita a construção dos cenários (fig. 83), com a inserção de solos e materiais de superfícies, vegetação, topografia, edifícios,

paredes, fontes e receptores, do banco de dados do programa ou do banco de materiais ou vegetações criadas pelo pesquisador.

Figura 83 – Modelagem do cenário no aplicativo SPACES

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

Apesar do programa fazer a construção em 3D de todos os elementos, não permite a importação de desenhos de base nessa dimensão. O aplicativo permite somente a importação de imagem em formato bitmap (2D). Assim, os desenhos, confeccionados em programas dimensionais técnicos, precisam ser transformados em imagens (bitmap). Após a importação, o desenho precisa ser construído novamente no aplicativo (servindo apenas como base para toda a modelagem).

3.1.1.3 Configuração Climática

Na etapa Configuração Climática, o programa permite a inserção de dados climáticos por meio do aplicativo *ConfigWizard (.cf)*, com a inserção e configuração de dez parâmetros (fig. 84), sendo eles: 1. *Arquivo de entrada* – vinculando o cenário criado na etapa de modelagem; 2. *Nomes e pastas* – definido o nome da pasta e do arquivo que será criado; 3. *Hora e data* – configurando o dia, hora inicial, quantidade de horas e intervalo horário para salvar os arquivos gerados; 4. *Configurações básicas meteorológicas* - velocidade do vento a 10 m da superfície (m/s) e direção do vento (em graus), umidade específica em 2500 m (g /kg),

comprimento de rugosidade, umidade relativa (em %) e temperatura inicial da atmosfera (em °C); 5. *Compilação simples meteorológica* - valores meteorológicos da temperatura (em °C) e umidade relativa (em %), no ciclo de 24 horas; 6. *Outras informações meteorológicas* – com o ajuste solar (fator de 0,5 a 1,5), cobertura de nuvens (em oitavas), modelo de turbulência e condições de contorno lateral; 7. *Cronometragem do modelo* - gerenciamento dinâmico do tempo e tempo de atualização; 8. *Solos e plantas* – condições iniciais do solo (temperatura e umidade) e configuração do modelo das plantas; 9. *Dispersão de poluentes* – configurações gerais e definições de poluentes; e 10. *Configurações especiais*.

Figura 84 – Configuração climática no aplicativo ConfigWizard

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

Apesar de o aplicativo oferecer dez parâmetros de especificações climáticas, apenas os quatro primeiros devem ser obrigatoriamente preenchidos (1. *Arquivo de entrada*, 2. *Nomes e pastas*, 3. *Hora e data* e 4. *Configurações básicas meteorológicas*) com informações mínimas para a simulação. Os demais parâmetros podem ser preenchidos conforme o grau de especificidade da pesquisa ou mesmo segundo a disponibilidade de dados para o local analisado. O software possui a

configuração default, dados padrões, para aqueles parâmetros que não são configurados.

3.1.1.4 Processamento

Na etapa *Processamento*, o programa faz a simulação do arquivo, produzido na etapa *Configuração climáticas* (.cf), por meio do aplicativo *ENVI-met* (Core), gerando arquivos de formato .edt e edx. (fig. 85). Para tanto, é necessário a definição de uma mesa de simulação, que acomode a dimensão total do cenário construído, podendo ser de tamanho pequeno (100x100x40 grid), médio (150x150x35 grid) ou grande (250x250x25 grid). A versão V4 disponibiliza gratuitamente apenas a mesa pequena.

Figura 85 – Simulação do aplicativo *ENVI-met* (Core)

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

3.1.1.5 Pós-processamento

Na etapa *Pós-processamento*, o programa calcula os índices de conforto térmico humano com base nos dados dos arquivos elaborados na etapa de *Processamento* (.edt e edx.), por meio do aplicativo *Biomet*. O aplicativo calcula os índices PMV/PPD (*predicted mean vote/percentage of dissatisfied* - modelo preditivo), PET (*physiological equivalent temperature* - temperatura fisiológica

equivalente), UTCI (*universal thermal climate Index* - índice termoclimático universal) e SET* (*standard effective temperature* - nova temperatura efetiva padrão). O índice PMV/PPD é o único disponível gratuitamente, os demais são disponibilizados com a licença Profissional.

Para o cálculo dos índices, o aplicativo utiliza as informações da tipologia do cenário (edifícios, materiais, terreno, vegetação, etc.), a temperatura do ar (°C), a temperatura média radiante (°C), a velocidade do vento horizontal (m/s) e a umidade específica (g/kg). Os índices variam em seu nível de complexidade e, portanto, tempo de cálculo (exemplificativamente, fig. 86).

Figura 86 – Simulação do aplicativo *ENVI-met (Core)*

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

Em comparação com a versão anterior do ENVI-met®, o cálculo dos índices de conforto térmico permite modificar, por exemplo, configurações pessoais sem executar a simulação novamente. O aplicativo permite a definição de propriedades corporais, de vestuário e de atividade metabólica do modelo de pessoa que é analisada. O PET reage em todas as configurações ajustáveis, o PMV/PPD é avaliado para um homem de 35 anos com parâmetros de vestimenta e metabolismo ajustáveis e os demais índices não são influenciados por esses parâmetros. O

programa apresenta uma padrão de pessoa, definido pela ISO 7730, com roupa para primavera/outono.

3.1.1.6 Visualização

Os resultados da etapa de *Processamento* e *Pós-processamento* geram arquivos (em formato .edt e edx.) que podem ser lidos e tratados no aplicativo *Leonardo* (fig. 87). Para os arquivos do *Processamento*, o aplicativo oferece 36 parâmetros ambientais, tais como fluxos (m/s), velocidade (m/s) e direção dos ventos (graus), perturbação por pressão (diff), temperatura do ar (°C), umidades específicas (g/kg) e relativas do ar (%), água das folhas (g/m²), radiação difusa (W/m²), CO₂ (mg/m³), fluxo de vapor (g/kg*m/s), fator de visão do céu (somente construções), temperatura de parede (K), entre outras. Para os arquivos do *Pós-processamento*, o aplicativo oferece dados de análise da temperatura do ar (°C), temperatura média radiante (°C), velocidade do vento horizontal (m/s), umidade específica (g/kg), objetos, temperatura da pele estática (°C) e do índice calculado (a exemplo PET ou PMV/PPD).

Figura 87 – Simulação do aplicativo *Leonardo*

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

A partir da definição do parâmetro ambiental de análise, o aplicativo gera um diagrama com cores, que pode ser configurado e exportado em formato de imagem

(.bmp). O programa permite diversas configurações, tais como a elaboração de padrão de legenda, cores, unidades das variáveis avaliadas, imagens de fundo, layers, contorno, escala gráfica, etc.

3.2 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE MARINGÁ

Nesta etapa, foram realizados os processos de definição dos parâmetros de avaliação; modelagem 3D dos cenários; seleção dos dados necessários para configuração climática e simulação.

Conforme já mencionado na metodologia, são inúmeras as possibilidades de parâmetros de avaliação, como a taxa de ocupação, coeficiente máximo de aproveitamento, dimensões mínimas de lotes, larguras e tipologias viárias, porcentagem de áreas destinadas a uso público e outras.

Para esta pesquisa foram adotados os parâmetros para uso, ocupação e parcelamento do solo que possibilitam a análise da verticalização - altura máxima das edificações; da orientação solar - orientação das quadras; do volume dos edifícios - afastamento mínimo das divisas (recuos); da absorção do solo e áreas livres - taxa de permeabilidade; e de mecanismos verdes de frescor – gramíneas, vegetação arbórea das calçadas e áreas verdes (espaços para parques ou bosques).

A ordem de simulação dos critérios foi embasada no nível de importância e influência para a pesquisa. Visto que o objetivo desta é orientar parcelamentos verticais do solo, o primeiro parâmetro avaliado foi a altura do edifício, na tentativa de amenizar as interferências dos demais princípios. Em segundo lugar, avaliou-se a influência da orientação solar das quadras, nesses edifícios de grandes gabaritos.

Após examinar e definir uma altura e uma orientação, foi avaliado o volume do edifício. Assim, foram divididos os afastamentos das divisas do terreno em dois parâmetros: 1. Alinhamento – sendo os recuos frontais e fundos; 2. Recuos – sendo os recuos laterais. Com a altura, orientação e volumes de edifícios determinados, foi verificada a importância da absorção do solo, por meio da taxa de permeabilidade dos terrenos.

Depois de toda essa definição de parâmetros de uso e ocupação do solo, foram avaliados os mecanismos de frescor, que possam auxiliar na melhora da sensação térmica. Os mecanismos foram avaliados conforme sua interferência volumétrica, do menor para o maior, sendo: 1. Uso de gramíneas; 2. Uso de vegetação arbórea nas calçadas; 3. Uso de parques ou áreas verdes ao redor dos bairros.

Dessa maneira, a pesquisa abordou oito parâmetros para avaliação (fig. 88), com o objetivo de verificar a influência na sensação térmica do meio urbano, a partir de: 1. *Altura* – alturas máximas dos edifícios; 2. *Orientação* – orientação do bairro em relação a posição solar; 3. *Alinhamento* – alinhamentos frontais e fundos dos edifícios; 4. *Recuos* – recuos laterais dos edifícios; 5. *Taxa de Permeabilidade* – porcentagem mínima de área permeável nos terrenos; 6. *Gramíneas* – grama nas áreas permeáveis; 7. *Vegetação Arbórea* – distanciamentos das árvores nas calçadas; 8. *Áreas Verdes* – porcentagem de áreas verdes em relação ao total da área do bairro.

Figura 88 – Parâmetros de Avaliação da pesquisa

Fonte: Autora (2017).

3.3.1 Diretrizes Iniciais

O modelo de bairro tipo, para a simulação, foi baseado nos padrões de bairros verticais da cidade de Maringá. Algumas dimensões foram adaptadas, respeitando alguns princípios e diretrizes de bairros bioclimáticos, compactos e mistos (OLGYAY, 1998, GIVONI, 1976 e 1998; ROMERO 1998 e 2001; HIGUERAS, 2006; RUEDA 2006 e 2011; MASCARÓ E MASCARÓ 2002 e 2009; RUANO, 1999; ROGERS E GUMUCHDJIAN, 2001; CUNHA, 2004; LYNCH, 1995; BROWN E DEKAY, 2004; HOWARD, 1996; UNWIN, 1984; FROTA, 2001; HERTZ, 1998; FAAR, 2013; PERRY, 1929; CNU, 2001; USGBC, 2009; SMART GROWTH NETWORK/ICMA, 2002 e 2003), visando a qualidade, segurança, sustentabilidade e integração dos espaços urbanos.

Nesse sentido, o bairro foi projetado com uma organização centralizada e nucleada, a partir de uma área de equipamentos urbanos e áreas livres, circundada por eixos de uso misto ou comercial, junto às vias principais que cruzam a área (figura 89). O cruzamento viário divide a área em quatro zonas residenciais, que são transitadas por vias locais. O bairro é cercado por um cinturão comercial, em conjunto com os eixos viários estruturantes da cidade.

Fonte: Autora (2017).

A zona de equipamentos urbanos e áreas livres é o núcleo do bairro, visando estimular as atividades e convivência comunitária, e, protegendo-a do grande fluxo viário da cidade. Esse núcleo é cortado por dois eixos (longitudinal e transversal) de uso comercial ou misto, propiciando pequenas atividades comerciais, que suprirão as necessidades ordinárias dos moradores. Ao redor dos equipamentos urbanos estão as zonas residenciais, que são circundadas por áreas de comércio e serviços, garantindo a segurança e sustentabilidade dos espaços. O uso misto dos espaços permite a utilização da área urbana, em diferentes horários durante o dia, evitando locais ociosos que colaboram para o surgimento de diversos problemas sociais (ex. segurança).

Todo o dimensionamento do bairro foi baseado no princípio de adequação para pedestres (PERRY, 1929; CNU, 2001; USGBC, 2009; DUANY, SPECK, LYDON, 2009, FAAR, 2013). Assim, foi dimensionado de maneira que do núcleo do bairro até suas extremidades não se ultrapassem 800 metros (percorrido em 10 minutos de caminhada), formando 4 raios de abrangência, para suprir os quatro setores residenciais. Dessa maneira, o bairro é dividido em quatro Unidades de Bairro (fig. 90), e, cada uma delas é zoneada de maneira autoeficiente, contento usos residenciais, comerciais, de serviços, equipamentos urbanos, áreas livres e áreas de interesse público. Assim, um bairro modelo é formado por 4 Unidades de Bairro.

Apesar de o bairro possuir espaços para equipamentos comunitários, é de extrema importância determinar as áreas de influência de grandes equipamentos (escolas, hospitais, centros de esportes, grandes equipamentos culturais, dentre outros), na vizinhança e na cidade. Sendo assim, esses espaços podem ser localizados entre os bairros (fig. 91) e determinados por metodologias que trabalhem em termos de dimensionamento, raios de abrangência e distanciamentos (GUIMARÃES, 2004; GOUVÊA, 2008; FERRARI, 1977; SANTOS, 1988; KELLY E BECKE, 2000; ALEXANDER et al., 1977; BECKE et al., 2006).

Outro fator importante é a avaliação ambiental da região, verificando-se as Áreas de Preservação Permanente (APPs¹³) e áreas passíveis de restauração,

¹³ APPs são espaços territoriais especialmente protegidos de acordo com o disposto no inciso III, § 1º, do art. 225 da Constituição Federal, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

preservação e zoneamento específicos (cursos d'água, nascentes, remanescentes de vegetação nativa, topo de montanhas, dentre outros), bem como, a distribuição adequada de áreas verdes (parques, praças, bosques, etc.) pela vizinhança e por toda a cidade. A distribuição adequada dos equipamentos comunitários e áreas verdes contribuem para a qualidade socioespacial e melhor desenvolvimento do meio urbano, garantindo o embelezamento, bem-estar, integração, convívio social, identidade e qualidade de conforto, facilitando a gestão pública da cidade.

Figura 90 – Zoneamento do bairro modelo

Fonte: Autora (2017).

Para iniciar o processo de simulação, é preciso definir o tamanho da grelha (dimensão total do desenho), do grid (unidade de medida) e da mesa de simulação (100x100x40, 150x150x35 ou 250x250x25). A dimensão do bairro, sem contar as vias circundantes, permanece em torno de 1.000x1.000x80 metros. Caso fosse utilizada a maior mesa (250x250x25), o desenho precisaria ter um grid superior a 4

unidades, para poder ser simulado. Assim, a menor medida do desenho seria de 4 metros.

Visto que a utilização de medidas menores para o desenho, como 3 ou 2 metros, mostra-se mais interessante para avaliar recuos, alinhamentos e, até mesmo, para fazer os desenhos das vias e calçadas, já que a maioria das cidades, por meio de sua legislação, possui espaçamentos mínimos menores, definiu-se que, para a simulação, não será avaliado a totalidade do bairro e sim 1 Unidade de Bairro.

Figura 91 – Unidade do Bairro

Fonte: Autora (2017).

Para encaixar a Unidade de Bairro, com as vias circundantes, na mesa de simulação (250X250X25), foi definido o grid 3 (unidade da grade) para modelagem. Assim, toda a Unidade de Bairro foi redesenhada, em uma malha de unidade 3 metros (fig. 93), adequando todas as medidas de vias, calçadas, canteiros e edifícios. Depois de toda as correções dimensionais, a Unidade de Bairro obteve o tamanho final de 627x627 metros.

A altura adotada para o espaço foi de 20 grids, deixando 5 grids de borda (sem uso), para segurança das simulações. Trabalhando com a unidade da grade de 3 grids, a altura máxima para os edifícios é 60 metros. Como a pesquisa pretende avaliar a verticalização da Unidade de Bairro, optou-se por aumentar a unidade grid para 4, para que as alturas pudessem ser aumentadas. Assim, trabalhou-se com as unidades de gris $3(x) \times 3(y) / 4(z)$ grids e, conseqüentemente, $209(X) \times 196(Y) / 20(Z)$ grids para o desenho (conforme demonstra a fig. 92).

Fonte: Autora (2017).

As definições das dimensões das quadras, terrenos, vias e tipologia dos edifícios foram adaptadas, respeitando alguns princípios¹⁴ e diretrizes de bairros

¹⁴ Baseada nos autores: OLGAY, 1998; GIVONI, 1976 e 1998; ROMERO 1998 e 2001; HIGUERAS, 2006; RUEDA 2006 e 2008; MASCARÓ E MASCARÓ 2002 e 2009; RUANO, 1999; ROGERS E GUMUCHDJIAN, 2001; CUNHA, 2004; LYNCH, 1995; BROWN E DEKAY, 2004; HOWARD, 1996;

bioclimáticos, compactos e mistos (como já mencionado), conforme descrito na sequência.

Fonte: Autora (2017).

3.3.1.1 Quadra

As quadras de Maringá, zonas de zoneamento vertical, possuem medidas em torno de 80x145 metros. Segundo o Art. 6º, da Lei Complementar 889 (MARINGÁ, 2011), a quadra, para quaisquer zoneamentos, não pode ter medidas (largura e/ou comprimento) superiores a 250 metros e sua área não pode exceder 30.000 m².

Quadras que permitam o fluxo seguro de pedestre, ciclistas e motoristas devem possuir a dimensão, largura e/ou comprimento, máxima de 140 metros, com intervalo de ruas com no máximo 180 metros, totalizando o perímetro máximo de 450 metros (USGBC, 2009; FAAR, 2013).

Segundo o § 3.º da Lei Complementar 889 (MARINGÁ, 2011), os novos loteamentos abertos ou fechados, devem possuir passeios de 5 metros em avenidas, 4 metros em ruas e 4 metros em eixos de comércio e serviços.

Assim, as medidas adotadas da quadra padrão para simulação foram de 84x120 metros, com área de 10.080 m² e perímetro de 408 metros. Somando-se as calçadas com 6 metros de largura (medida adaptada do calçamento da cidade para a unidade de grid 3), totaliza-se a dimensão de 96x132 metros (fig. 94).

Fonte: Autora (2017).

3.3.1.2 Terrenos

Em Maringá, os tamanhos mínimos (MARINGÁ, 2016), para terrenos de comércio central (ZCC) e comércio e serviços (ZCS), são de 520 m² (testada de 13 metros), para o meio da quadra, e 600 m² (testada de 15 metros) para as esquinas; para zonas residenciais (ZR), são de 300 m² (testada de 12 metros), para o meio da quadra, e 360 m² (testada de 15 metros) para as esquinas; para as zonas industriais, (ZL) são de 1000 m² (testada de 20 metros), para o meio da quadra, e 1500 m² (testada de 30 metros) para as esquinas; para as zona de interesse social (ZEIS), são de 200 m² (testada de 10 metros), para o meio da quadra, e 260 m² (testada de 13 metros) para as esquinas; e as zonas especiais conforme sua especificidade.

Para a Unidade de Bairro, foram adotadas as medidas mínimas do zoneamento ZCC, caracterizada por verticalização. Assim, a Unidade possui 20

quadras com 160 terrenos (fig. 95), sendo os lotes menores com 792 m² (testada de 24 metros) e os maiores com 1260 m² (testada de 30 metros). A área ainda possui 3 quadras destinadas ao uso público, contendo 10080 m² (a totalidade da quadra).

Figura 95 – Dimensão da Unidade de Bairro para a Modelagem

Fonte: Autora (2017).

3.3.1.1 Vias

Maringá possui as diretrizes viárias, para novos loteamentos abertos ou fechados, com as seguintes larguras e configurações mínimas (MARINGÁ, 2011): 1. Avenidas: 35 metros de largura, sendo duas pistas de rolamento com 9 metros cada, canteiro central de 7 metros e passeios nas laterais com 5 metros de largura cada; 2. Ruas: 16 metros de largura, sendo 8 metros de pista de rolamento e passeios em ambas as laterais com 4 metros de largura cada; 3. Eixos de comércio e serviços e vias industriais: mínimo de 20 metros de largura, tendo pista de rolamento com, no

mínimo, 12 metros de largura e passeios em ambas as laterais com 4 metros de largura cada.

As exigências para calçadas são estabelecidas pela Norma NRM U-20001 (das calçadas – desenho, acessibilidade e mobilidade), que organiza o calçamento em faixas longitudinais (1. faixa de serviço; 2. faixa livre ou passeio; e 3. faixa de acesso), para quatro modelos (fig. 96).

Figura 96 – Modelos de padrões de calçadas da cidade de Maringá

Fonte: Maringá (2016).

Para a Unidade de Bairro, foram adotados três perfis viários, adaptando-os ao grid de modelagem do software: 1. As Vias Locais; 2. As Vias Conectoras (ou coletoras); 3. As Vias Coletoras (ou arteriais).

As Vias Locais possuem a largura de vinte e um metros, sendo doze metros de calçada (seis de cada lado) e nove metros de pista (figura 97). A calçada pode ser relacionada a locais de *Uso Residencial* ou de *Uso Misto*. Em relação ao *Uso Residencial*, possui uma faixa verde e de serviços, destinada à implantação de espécies arbóreas e vegetações, mobiliários urbanos e o acesso de manutenção da infraestrutura urbana; também possui uma faixa livre, destinada exclusivamente à circulação de pedestres; e a faixa de acesso, que é indicada para o ajardinamento, rampas, toldos e outras estruturas que não impeçam o acesso das edificações. No que tange ao *Uso Misto*, possui uma faixa verde e de serviços, uma faixa livre e uma faixa de interferência dos imóveis, destinada aos mobiliários temporários, como mesas, toldos e outros elementos que prolonguem os usos comerciais para a calçada.

A pista possui uma faixa para deslocamento de veículos e duas faixas para estacionamento. A Via Local possui apenas uma pista para circulação de veículos com objetivo de desincentivar a sua circulação, já que o uso da via é destinado, preferencialmente, aos moradores ou trabalhadores locais.

Figura 97 – Perfil de Vias Locais

Fonte: Autora (2017).

As Vias Conectoras são localizadas nas zonas de comércio e equipamentos comunitários, assim, possuem mais faixas de deslocamento de veículos, para atender o fluxo de passagem ao redor das Unidades de Bairros. Essas vias também estruturam a organização do sistema viário, no centro do bairro. O perfil de via também possui faixas de ciclovia, para oferecer um espaço de segurança para o ciclista, motivando o uso da bicicleta, assim como a diminuição do uso de automóveis.

As Vias Conectoras ou Coletoras possuem a largura de trinta e seis metros, sendo doze metros de calçada (seis de cada lado) e vinte e quatro de pista (figura 98).

A calçada possui uma faixa verde e de serviços, uma faixa livre e uma faixa de interferência dos imóveis. Na pista há uma faixa verde (com espécies arbóreas e vegetações), de três metros de largura, que separa os sentidos de tráfego. O

primeiro sentido possui uma faixa de estacionamento e duas de deslocamento de veículos; o segundo sentido possui uma faixa de estacionamento, duas de deslocamento de veículos e uma ciclovia bidirecional (separada por meio fio).

Figura 98 – Perfil de Vias Conectoras ou Coletoras

Fonte: Autora (2017).

As Vias Coletoras ou Arteriais possuem a largura de sessenta e quatro metros, sendo doze metros de calçada (seis de cada lado) e quarenta e dois metros de pista (figura 99). A calçada possui uma faixa verde e de serviços e uma faixa livre.

Na pista há uma faixa verde e de serviços, que separa os sentidos de tráfego, e duas faixas verdes (uma de cada lado) que separa a ciclovia do deslocamento de veículos. A faixa verde e de serviços é destinada ao mobiliário urbano do ponto de ônibus. A faixa exclusiva de ônibus, juntamente com a parada no canteiro central, permite que os ônibus trafeguem na faixa da esquerda, parando ao lado da plataforma de embarque e desembarque de passageiros, proporcionando maior segurança.

Os sentidos possuem, em cada um deles, uma faixa de estacionamento, duas faixas de deslocamento de veículos, uma faixa exclusiva para transporte

público e uma ciclovia unidirecional (separada por canteiros – protegendo ciclistas e pedestres).

Essas vias podem exercer a função de Coletoras - de média extensão e integradas ao sistema viário principal, coletando o tráfego local dos bairros; Arteriais - trabalhando como corredores, com grande volume de tráfego, estabelecendo ligações entre as demais vias estruturais; ou, ainda, Estruturantes - organizando funcionalmente o sistema viário urbano e acumulando os maiores fluxos de tráfego da cidade.

Na Unidade de Bairro, a via possui a função arterial, trabalhando com um grande fluxo viário. Por isso, possui o objetivo de ampliar a intermodalidade dos deslocamentos urbanos, estimulando a integração do transporte público, individual e não motorizados. A distribuição da via é projetada mitigando os efeitos indesejáveis, principalmente ao pedestre, desse grande volume de tráfego, construindo locais adequados para todos os atores (pedestres, veículos e bicicletas).

Figura 99 – Perfil de Vias Coletoras ou Arteriais

Fonte: Autora (2017).

3.3.1.1 Tipologias de edifícios

A pesquisa trabalhou com quatro tipologias de edifícios, sendo uma para cada zona: 1. Zona de comércio/serviço – edifícios comerciais com fruição pública;

2. Zona residencial – edifícios torres residenciais; 3. Zona mista/residencial – edifícios mistos com torre residencial e embasamento e galeria comercial; 4. Zona mista/comercial – edifícios mistos com fachada ativa.

Os edifícios comerciais com fruição pública são aqueles que possuem grande parte dos espaços com uso público (usufruído por todos), localizados (fig. 100) no pavimento térreo, por meio de áreas livres no terreno. Esses edifícios garantem os fluxos de pedestres - integrando-os nas áreas ocupadas dos lotes; do uso público e da paisagem urbana – articulando a forma de assimilação dos terrenos particulares com desenho urbano; promovendo atividades sociais, culturais e econômicas, garantindo a vitalidade e segurança dos espaços públicos.

Figura 100 – Parâmetro urbanístico de fruição pública

Fonte: Plano diretor São Paulo (2014).

Assim, essa tipologia apresenta edifícios torres, de forma diversificada e livre, nos lotes e grandes espaços contíguos ao logradouro público, destinados à ampliação de áreas verdes e à formação de faixas, jardins ou praças para convívio (conforme ilustra a figura 101).

Figura 101 – Tipologia dos edifícios comerciais

Fonte: Autora (2017).

Os edifícios torres residenciais apresentam volume máximo, definido pelos parâmetros de altura, alinhamento e recuos, possuem apenas uso residencial e o lote permanece integralmente particular (fig. 102).

Figura 102 – Tipologia dos edifícios residenciais

Fonte: Autora (2017).

Os edifícios mistos, com torre residencial e embasamento com galeria comercial, envolvem, simultaneamente, o uso residencial e o comercial (fig. 103), fomentando o uso misto do lote e a racionalidade da utilização dos serviços e infraestruturas urbanas, especialmente a mobilidade. Essa mescla também potencializa a vida urbana nos espaços públicos, equilibrando a oferta de habitação e emprego.

Figura 103 – Parâmetro urbanístico de uso misto

Fonte: Plano diretor São Paulo (2014).

Assim, essa tipologia apresenta edifícios torres, com volume máximo (definido pelos parâmetros de altura, alinhamento e recuos) e uso residencial, e embasamento com galeria e uso comercial (fig. 104). O embasamento é distribuído em toda a testada do lote, com altura total de 8 metros, em dois pavimentos, sendo térreo e sobreloja. O térreo possui recuo frontal de três metros, dando continuidade ao passeio, e galeria com altura do forro, formada pelo embasamento, de 4 metros. A sobreloja permanece contígua ao alinhamento predial.

As medidas do embasamento foram adaptadas da Lei nº 416/2001 (MARINGÁ, 2001) - que regulamenta o parcelamento, o uso e a ocupação do solo na área denominada zona especial 1 - para o grid de construção 4 (altura) e 3 (largura e comprimento). A lei estipula dimensões mínimas e máximas de um bairro que possui a mesma tipologia de edifícios.

Os edifícios mistos com fachada ativa são aqueles que possuem fachada contígua ao alinhamento predial, e, permeabilidade de visão e/ou aberturas, no nível

do passeio público (fig. 105). O piso térreo é aberto à população através de vãos ou vitrines (que não obstrua a visão - transparente) para o logradouro, com uso comercial, promovendo usos mais dinâmicos dos passeios públicos, fortalecendo a vida urbana nos espaços.

Figura 104 – Tipologia dos edifícios mistos

Fonte: Autora (2017).

Pretende-se assim evitar a difusão de planos fechados entre as construções e o passeio público, mitigando alguns problemas sociais, principalmente a segurança, já que espaços vazios podem gerar usos indesejáveis.

Figura 105 – Parâmetro urbanístico de uso misto

Fonte: Plano diretor São Paulo (2014).

Assim, essa tipologia apresenta edifício, no alinhamento predial, com ausência de recuos lateral e com altura máxima, definida pelo parâmetro altura (fig. 106). O uso do térreo é comercial e os demais andares são livres para implantação de uso comercial ou residencial.

Figura 106 – Tipologia dos edifícios mistos

Fonte: Autora (2017).

3.3.2 Construção e Modelagem

Nesta fase, todas as diretrizes iniciais de quadras, terrenos, vias e tipologias dos edifícios foram configuradas conforme a determinação, necessidade e possibilidade de cada parâmetro de análise, para a Unidade de Bairro. Cada configuração determina um cenário específico da área estudada (altura – 4; orientação – 3; Alinhamento – 5; Recuos – 4; Permeabilidade – 5; Gramíneas – 2; Áreas verdes – 4; parques – 4), totalizando 31 cenários (fig. 107).

Assim, todo o bairro (quadras, lotes, vias e edifícios), foi desenhado em 2D (fig. 108), para cada cenário dos parâmetros, no software AutoCAD® (.dwg), respeitando as unidades de medidas e mesa de simulação do programa ENVI-met®. Após a construção, o desenho foi exportado em formato Metafile (.wmf), para ser trabalhado no software CorelDraw®.

Figura 107 – Cenários dos Parâmetros de Avaliação

Fonte: Autora (2017).

Figura 108 – Cenários dos Parâmetros de Avaliação

Fonte: Autora, retirado do software AutoCAD (2017).

No software CorelDRAW® (.cdr), o bairro foi reconstruído em 2D (fig. 109), com padrão de cores, de cada cenário, para servir de base de modelagem no software ENVI-met®. Após a construção, o desenho foi exportado em formato Bitmap do WINDOWS® (.bmp), em unidades de pixels, com o tamanho final do bairro, 209(X)x196(Y), definido nas Diretrizes Iniciais.

Antes de iniciar a modelagem dos cenários, foram definidas as configurações iniciais da base do modelo. Assim, são configurados a mesa, os

parâmetros de grid (definidos no Capítulo Diretrizes Iniciais) e os dados referente à localização da cidade (conforme a fig. 110 demonstra).

Figura 109 – Cenários dos Parâmetros de Avaliação

Fonte: Autora, retirado do software corelDRAW (2017).

Figura 110 – Configuração inicial da modelagem

Change or create model Domain

Number of grids and nesting properties:

Model type: Concept Design

Main model area:

x-Grids: 209 y-Grids: 196 z-Grids: 20

Nesting grids around main area:

Nr of nesting grids: 0

Set soil profiles for nesting grids:

Soil A: [00] Default Unsealed Soil (" do no

Soil B: [00] Default Unsealed Soil (" do nc

Grid size and structure in main area:

Size of grid cell in meter:

dx= 3.00 dy= 3.00 dz= 4.00 (base height)

Method of vertical grid generation:

☒ equidistant (all dz are equal except lowest grid box)

☐ telescoping (dz increases with height)

Telescoping factor (%): 0.00

Start telescoping after height (m): 0.00

Default Wall/ Roof Properties:

Wall Material: [00] Concrete slab (hollow block,

Roof Material: [00] Concrete slab (hollow block,

Model area description: Base_simulação

Geographic Properties:

Model rotation out of grid north: 45.00

Location on earth

Name of location: Maringá

Position on earth: Latitude (deg. +N, -S): 23.50

Longitude (deg. -W, +E): -51.92

Reference time zone:

Name: CET/ UTC-3

Reference longitude: -45.00

Georeference

Co-ordiante of lower left grid x-value: 0.00

y-value: 0.00

Reference system: <plane>

Reference level above sea level for DEM=0: 0.00

Buttons: Create new area, Apply changes, Cancel

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

Após a inserção das configurações iniciais, o Bairro foi reconstruído (cada cenário separadamente) no aplicativo SPACES (.in) do software ENVI-met® (fig. 111). A construção foi em 2D e 3D, simultaneamente, inserindo edifícios, vegetações, solos e superfícies, entre outros.

Figura 111 – Configuração inicial da modelagem

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

3.3.2.1 Altura

O objetivo do parâmetro *Altura* é avaliar as disposições das alturas dos edifícios, na Unidade de Bairro. Dessa maneira, foram trabalhados quatro cenários de alturas (fig 112 e 113), ordenando quatro gabaritos de verticalização distintos – baixo (12 metros), médio (20 metros), alto (48 metros) e muito alto (80 metros); sendo: 1. Edifícios com alturas baixas; 2. Edifícios com alturas muito altas; 3. Edifícios ordenados do muito alto ao baixo, a partir dos equipamentos comunitários (centro), e; 4. Edifícios compostos do baixo para o muito alto, a partir do centro. Os equipamentos urbanos permanecem no gabarito baixo em todas as hipóteses.

Para a construção dos cenários, foram estipulados os alinhamentos e recuos das torres, da seguinte maneira: 1. Edifícios comerciais – dispostos de forma distinta, simulando a fruição pública; 2. Edifícios residenciais – 6 metros de recuo

lateral e frontal e 9 metros de fundo (alguns lotes foram unificados, representando, de forma aleatória, grandes empreendimentos); 3. Torre residencial dos edifícios mistos – 3 metros de recuo lateral, 6 metros frontal e 12 metros fundos (alguns lotes também foram unificados); 4. Edifícios mistos com fachada ativa – 9 metros de recuo fundo. As quadras destinadas aos equipamentos públicos (três) foram estabelecidas das seguintes maneiras: área livre, edificação em formato “U” e edificações em fitas (2 edifícios longitudinais paralelos).

Figura 112 – Volumetria da simulação Altura

Fonte: Autora (2017).

Nesses cenários, foram utilizados os materiais de superfícies (fig. 114): solo argiloso - para as áreas livres sem edificação; pavimento de concreto cinza – para as calçadas; asfalto – para as vias, e; asfalto com revestimento vermelho – para as ciclovias. Nesses contextos, não foram utilizados nenhum tipo de vegetação (arbórea ou gramínea), com intuito de evitar as interferências na sensação térmica urbana, que esses mecanismos pudessem produzir. Para o posicionamento solar foi adotada a orientação norte.

Figura 113 – Cenários da simulação Altura

EDIFÍCIOS COMERCIAIS COM FRUIÇÃO PÚBLICA
EDIFÍCIOS EQUIPAMENTO URBANO

EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS
EDIFÍCIOS MISTOS COM FACHADA ATIVA

EDIFÍCIOS MISTOS COM TORRE RESIDENCIAL
E EMBASAMENTO E GALERIA COMERCIAL

Fonte: Autora (2017).

Figura 114 – Edifícios e materiais para a simulação

Fonte: Autora (2017).

3.3.2.2 Orientação

O objetivo do parâmetro *Orientação* é avaliar o posicionamento solar e a ventilação predominante na Unidade de Bairro, com os gabaritos determinados no parâmetro *Altura*. Assim, foram definidos três cenários (fig. 115), sendo: 1. Orientação norte – com ventos predominantes no sentido leste, para os Dias Quentes, e ventos no sentido sudoeste, para os Dias Frios; 2. Orientação oeste; 3. Orientação Noroeste. Os materiais de superfícies permaneceram inalterados.

Figura 115 – Cenários da simulação Orientação Quente/Frio

Fonte: Autora (2017).

3.3.2.3 Alinhamento

O objetivo do parâmetro *Alinhamento* é avaliar os diferentes recuos frontais e fundos na Unidade de Bairro. Dessa maneira, foram trabalhados cinco cenários (fig 116 e 117), sendo: 1. Frente – edifícios próximos ao alinhamento predial, com

menores medidas na frente do lote; 2. Fundos – edifícios afastados do alinhamento, com menores medidas no fundo do lote; 3. Centralizado – edifícios centralizados no lote, com medidas de recuos frontais e fundos iguais ou aproximadas; 4. Alternado - alternando entre os alinhamentos frente e fundos na mesma quadra (lotes, da parte superior da quadra, com edifícios próximos ao alinhamento, e lotes, da parte inferior da quadra, com edifícios afastados do alinhamento); 5. Centralizado-frente – edifícios residenciais com alinhamento centralizado e torre residencial, dos edifícios mistos, com alinhamento frente.

Os alinhamentos foram empregados apenas nas torres dos edifícios residenciais e nas torres residenciais, dos edifícios mistos, que são as tipologias que permitem essa aplicação. Os materiais de superfície e alturas permaneceram os mesmos e a posição solar foi a determinada pela avaliação do parâmetro *Orientação*.

Figura 116 – Volumetria da simulação Alinhamento

Fonte: Autora (2017).

Figura 117 – Cenários da simulação Orientação Quente/Frio

Fonte: Autora (2017).

3.3.2.4 Recuos

O objetivo do parâmetro *Recuos* é avaliar os diferentes recuos laterais na Unidade de Bairro. Dessa maneira, foram trabalhados quatro cenários (fig. 118 e 119), em que se ordenaram 3 intervalos¹⁵ distintos – pequeno (3 metros), médio (6 metros) e grande (9 metros); sendo os cenários: 1. Pequeno; 2. Médio; 3. Grande; 4. Médio-pequeno (edifícios residenciais com recuos de 6 metros e torre residencial, dos edifícios mistos, com recuos de 3 metros).

Os recuos também foram empregados apenas nas torres dos edifícios residenciais e nas torres residenciais, dos edifícios mistos, que são as tipologias que permitem essa aplicação. Os materiais de superfície, alturas e a orientação permaneceram as mesmas e os recuos frontais e de fundos foram os determinados pela avaliação do parâmetro *Alinhamento*.

Figura 118 – Volumetria da simulação Recuos

CENÁRIO 1

CENÁRIO 2

CENÁRIO 3

CENÁRIO 4

Fonte: Autora (2017).

¹⁵ Apesar de a lei municipal do município trabalhar com recuos menores, como 1,5 metros, o valor mínimo possível de aplicação, no software, é de 3 metros (menor valor do desenho = valor do grid 3).

Figura 119 – Cenários da simulação Recuos Quente/Frio

Fonte: Autora (2017).

3.3.2.5 Taxa de Permeabilidade

O objetivo do parâmetro *Permeabilidade* é avaliar a soma das áreas permeáveis mínimas, do lote, na Unidade de Bairro. Dessa maneira, foram elaborados cinco cenários (fig. 120 e 121), sendo: 1. Permeabilidade de 10%; 2. Permeabilidade de 20%; 3. Permeabilidade de 30%; 4. Permeabilidade de 30% nos edifícios residenciais e 10% nos edifícios mistos e edifícios mistos com fachada ativa; 5. Permeabilidade de 60% nos edifícios residenciais e 30% nos edifícios mistos e edifícios mistos com fachada ativa.

A taxa de permeabilidade não é empregada nos edifícios comerciais com fruição pública e nas áreas destinadas aos equipamentos públicos, já que as tipologias estabelecem áreas livres superiores. Foi acrescentado o material pavimento de concreto claro nas áreas do lote sem permeabilidade. As alturas, orientação e alinhamentos permaneceram as mesmas e os recuos laterais foram os determinados pela avaliação do parâmetro *Recuos*.

Fonte: Autora (2017).

Figura 121 – Cenários da simulação de Área Permeável

CENÁRIO 1 - 10%

CENÁRIO 2 - 20%

CENÁRIO 3 - 30%

CENÁRIO 4 - 10% E 30%

CENÁRIO 5 - 10% E 60%

- EDIFÍCIOS COM 80 METROS DE ALTURA
- EDIFÍCIOS COM 48 METROS DE ALTURA
- EMBASAMENTO COM 8 METROS DE ALTURA
- GALERIAS COM 4 METROS DE ALTURA
- EDIFÍCIOS COM 20 METROS DE ALTURA
- EDIFÍCIOS COM 12 METROS DE ALTURA
- SOLO ARGILOSO (SOLO NATURAL)
- PAVIMENTO DE CONCRETO CINZA (CALÇADA)
- ASFALTO (VIA ASFALTADA)
- ASFALTO COM REVESTIMENTO VERMELHO (CICLOVIA)
- PAVIMENTO DE CONCRETO CLARO (PISO)

Fonte: Autora (2017).

3.3.2.6 Gramíneas

O objetivo do parâmetro *Gramíneas* é avaliar a influência da taxa de permeabilidade vegetada na Unidade de Bairro. Dessa maneira, foram trabalhados dois cenários (fig. 122 e 123), sendo: 1. Área permeável sem vegetação (solo natural) e 2. Área permeável com gramínea. Para o cenário 2, as gramas foram implantadas em todas as superfícies com solo natural (canteiros, áreas livres e áreas permeáveis).

A gramínea utilizada foi a grama esmeralda (mais utilizada no município), nome científico *Zoysia japônica*, com as seguintes características¹⁶: albedo 0,2¹⁷; altura 0,15 metros; profundidade de raiz de 0,60 metros; perfil vertical da vegetação 0,30 LAD; perfil vertical das raízes 0,10; e fator de crescimento 1 LAD¹⁸.

Os materiais de superfície, alturas, orientação, alinhamento e recuos permaneceram os mesmos e as áreas permeáveis dos lotes foram determinadas pela avaliação do parâmetro *Taxa de Permeabilidade*.

Fonte: Autora (2017).

¹⁶ As características da grama são disponibilizadas pelo software ENVI-met®. Para a pesquisa foram alterados os valores da altura da grama (0,15 metros).

¹⁷ Para radiação de onda curta.

¹⁸ Fator de crescimento dinâmico do LAD.

Figura 123 – Volumetria da simulação Gramíneas

Fonte: Autora (2017).

3.3.2.7 Vegetação Arbórea

O objetivo do parâmetro *Vegetação Arbórea* é avaliar a influência das árvores colocadas nas calçadas na Unidade de Bairro. Assim, foram definidos quatro cenários (fig. 124 e 125), compondo o distanciamento das árvores, sendo: 1. Muito próxima – 9 metros; 2. Próxima – 15 metros; 3. Distantes¹⁹ – 17 metros; 4. Ausência de árvores.

Figura 124 – Volumetria da simulação Vegetação Arbórea

Fonte: Autora (2017).

¹⁹ Cenário aproximado da cidade de Maringá. O Art. 16 da Lei Complementar 889 (MARINGÁ, 2011) define que a arborização dos passeios e canteiros centrais deve possuir a densidade mínima de uma árvore por lote. Avaliando a quantidade de lotes, da Unidade de Bairro, o distanciamento ficaria em torno de 17 metros.

Figura 125 – Cenários da simulação de Vegetação Arbórea

CENÁRIO 1

CENÁRIO 2

CENÁRIO 3

CENÁRIO 4

Fonte: Autora (2017).

A vegetação arbórea utilizada é da espécie Jacaranda, nome científico *Jacaranda mimosifolia*, de folhas decíduas, com as seguintes características²⁰: altura de 16 metros; diâmetro de 9 metros; albedo de folhagem 0,60; profundidade de raiz de 2 metros; diâmetro de raiz de 10 metros; tipo de fixação de CO₂ - C3; e DAF demonstrado na figura 126.

Figura 126 – DAF da árvore Jacarandá

Fonte: Autora²¹ (2017).

Para escolha da espécie foi considerada a frequência das árvores pela cidade. A Jacaranda está entre as 10 principais espécies (SAMPAIO, DE ANGELIS, 2008). A mais comum no município é a sibipiruna, porém, para a inserção no software é necessário ter os dados DAF por camada (conforme ilustra a figura 127). Como ainda não existe um banco de dados²² de DAFs das árvores da cidade de Maringá, optou-se por utilizar a espécie disponível no programa.

Os materiais de superfície, alturas, orientação, alinhamento, recuos e taxa de permeabilidade permaneceram os mesmos e o uso de gramínea foi determinado pela avaliação do parâmetro *Gramíneas*.

²⁰ As características da grama são disponibilizadas pelo software ENVI-met®.

²¹ A demonstração do perfil DAF é dada pelo software ENVI-met®.

²² Para criar o banco de dados, é necessário aplicar um procedimento metodológico específico para a determinação DAF, podendo ser eles: método destrutivo direto e método não destrutivo indireto. O primeiro método se baseia no cálculo da área foliar e o segundo trabalha com cálculos de atenuação da radiação através de diversos registros (SHINZATO, 2014).

Figura 127 – DAF da árvore Oiti

Fonte: Silva (2016).

3.3.2.8 Áreas Verdes

O objetivo do parâmetro *Áreas Verdes* é avaliar a interferência da implantação de parques na Unidade de Bairro. Assim, foram definidos quatro cenários (fig. 128 e 129), sendo: 1. Ausência de parque; 2. Parque com 10% do tamanho da Unidade de Bairro; 3. Parque com 20% do dimensionamento da Unidade de Bairro; 4. Parque com 35% da área da Unidade de Bairro;

Figura 128 – Volumetria da simulação Áreas Verdes

Fonte: Autora (2017).

A espécie utilizada para a formação dos parques foi a Jacaranda. Os materiais de superfície, alturas, orientação, alinhamento, recuos, taxa de

permeabilidade e Gramíneas permaneceram os mesmos e as árvores no calçamento foram determinadas pela avaliação do parâmetro *Vegetação Arbórea*.

Figura 129 – Cenários da simulação de Áreas Verdes

CENÁRIO 1 – SEM ÁREAS VERDES

CENÁRIO 2 – 10% DE ÁREAS VERDES

CENÁRIO 3 – 20% DE ÁREAS VERDES

CENÁRIO 4 – 35% DE ÁREAS VERDES

Fonte: Autora (2017).

3.3.3 Simulação

Depois da construção dos cenários, foi configurado o arquivo climático da simulação. Para isso, foram inseridos os dados climáticos no aplicativo ConfigWizard (fig. 130). A configuração do arquivo de entrada segue as especificações definidas no arquivo climático (item 2.3.1) para DIAS QUENTES e para DIAS FRIOS e do tratamento de dados (desenvolvido no item 2.3.2). Dessa maneira, existem, ao menos, dois arquivos climáticos para cada cenário: 1. Dias Quentes; 2. Dias Frios.

Figura 130 – Dados climáticos de entrada no aplicativo ConfigWizard

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

Tendo em vista o tempo excessivo necessário à simulação na mesa grande (definida nas diretrizes iniciais) do software, foi estabelecido o intervalo de 2 horas para simulação (quantidade viável para avaliação de todos os parâmetros da pesquisa). Diante da necessidade de análise dos cenários em períodos distintos do dia, para se observar a amplitude térmica durante todo este lapso de tempo e a formação de áreas de aquecimento, foram determinados três períodos de avaliação: 1. Manhã – 8h00min; 2. Tarde – 12h00min, e; 3. Noite – 18h00min. Assim, em cada simulação, foi descartada a primeira hora, considerando um período mínimo de adequação do microclima, e foi utilizada a segunda hora para estudo.

Dessa maneira, cada cenário possuiu seis arquivos de simulação (fig. 131): 1. Dias Quentes para as 8h00min; 2. Dias Quentes para as 12h00min; 3. Dias

Quentes para as 18h00min; 4. Dias Frios para as 8h00min; 5. Dias Frios para as 12h00min; 6. Dias Frios para as 18h00min.

Figura 131 – Fluxograma das Simulações por parâmetro

Fonte: Autora (2017).

Em cada arquivo do software, foram configuradas as variáveis com os resultados obtidos nas etapas anteriores (conforme já descritos nos subitens acima), coletando-se os seguintes dados: 1. Arquivo Climático (item 2.3.1) - dia do início da simulação, valores meteorológicos da temperatura (em °C) e umidade relativa (em %), no ciclo de 24 horas; 2. Carta dos Ventos (item 2.3.2) – velocidade do vento a 10 m da superfície (m/s) e direção do vento (em graus); 3. Tratamento de Dados (item 2.3.3) - umidade específica em 2500 m (g /kg), ajuste solar (fator de 0,5 a 1,5) e cobertura de nuvens (em oitavas). Nesta etapa de construção do arquivo, foram definidos os seguintes dados: horário do início da simulação, total de horas de simulação, o período de salvamento automático de dados pelo software e comprimento de rugosidade.

Ressalta-se que, em relação ao comprimento de rugosidade, utilizou-se o tamanho máximo disponibilizado pelo software (0,1) e, acerca do fator de ajuste solar, adotou-se o valor máximo de ajuste disponível (1,5). O ajuste da radiação solar foi realizado como tentativa de aproximação dos dados obtidos na etapa tratamento de dados (já que o software não permite que esses dados sejam inseridos manualmente). Dessa maneira, foram criados os arquivos climático, conforme tabela 41 e tabela 42.

Tabela 41 – Dados de entrada do modelo de Dias Quentes

VARIÁVEL	DADOS UTILIZADOS		
Dia do início da simulação	04/01/2012		
Horário do início da simulação	07:00 ou 11:00 ou 17:00		
Total de horas de simulação	2		
Salvar o modelo a cada ? min	60		
Vel. Vento a 10 m da superfície (m/s)	2,1		
Direção do vento (graus)	90		
Comprimento de rugosidade	0,1		
Umidade específica em 2500 m (g /kg)	7,40		
Valores meteorológicos da Temperatura (em °C) e Umidade Relativa (em %) no ciclo de 24 horas	Hora	T	q
	0	26,6	56
	1	25,9	58
	2	25,6	60
	3	25,2	61
	4	24,5	64
	5	24,1	64
	6	23,7	66
	7	23,2	68
	8	22,8	71
	9	22,7	71
	10	23,4	69
	11	25,0	63
	12	26,6	58
	13	28,2	53
	14	29,7	48
	15	30,9	46
	16	31,7	42
	17	32,1	40
	18	32,0	41
	19	32,3	38
	20	31,7	41
	21	30,6	44
	22	29,1	49
	23	27,8	54
Ajuste solar (fator de 0,5 a 1,5)	1,5		
Cobertura de nuvens (em oitavas)	Baixo	3,8	
	Médio	0	
	Alto	0	

Fonte: Autora (2017).

Tabela 42 – Dados de entrada do modelo de Dias Frios

Dia do início da simulação	24/09/2013		
Horário do início da simulação	07:00/11:00/17:00		
Total de horas de simulação	2		
Salvar o modelo a cada ? min	60		
Vel. Vento a 10 m da superfície (m/s)	2,2		
Direção do vento (graus)	225		
Comprimento de rugosidade	0,1		
Umidade específica em 2500 m (g /kg)	5,17		
6Valores meteorológicos da Temperatura (em °C) e Umidade Relativa (em %) no ciclo de 24 horas	Hora	T	q
	0	16,2	75
	1	15,8	76
	2	15,4	76
	3	15,1	77
	4	14,7	78
	5	14,3	81
	6	13,9	83
	7	13,6	83
	8	13,4	84
	9	13,1	85
	10	12,4	89
	11	13,1	86
	12	14,1	82
	13	15,1	78
	14	16,0	75
	15	17,1	70
	16	17,6	68
	17	18,0	66
	18	18,3	64
	19	18,1	63
	20	17,6	65
	21	16,4	69
	22	15,6	72
	23	15,0	74
Ajuste solar (fator de 0,5 a 1,5)	1,5		
Cobertura de nuvens (em oitavas)	Baixo	6	
	Médio	0	
	Alto	0	

Fonte: Autora (2017).

Após a configuração do arquivo climático, o modelo foi processado na mesa de simulação grande (250x250x25 grid). Para a avaliação dos 8 parâmetros, totalizando 31 cenários, foram realizadas 186 simulações. Considerando que cada processamento, de 2 horas na mesa grande, demorou em torno de 48 horas²³, foram necessárias quase 9 mil horas para a realização de todas as simulações.

Os resultados das simulações geraram arquivos que puderam ser tratados e manipulados nos aplicativos Biomet e Leonardo, do software ENVI-met®, conforme será abordado no Capítulo Avaliação.

²³ Com um computador contendo Processador Intel®, Core i7, 7500U, 7ª Geração, a simulação mencionada demora em torno de 48 horas. Cenários com muita vegetação, a exemplo do Parâmetro Áreas Verdes (parques), demoram, por sua vez, em torno de 72 horas para processamento.

AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Mediante o estudo das condições climáticas de um determinado local, faz-se possível trabalhar com as condições de conforto urbano valendo-se de estratégias e artifícios, baseados nas variáveis oferecidas pelo clima (elementos e fatores climáticos e especificidade do local). Revela-se exequível, dessa maneira, a criação de projetos e planejamentos urbanos, que, trabalhados com diretrizes bioclimáticas, proporcionem espaços mais confortáveis.

Ao se constatar que a condição de conforto para os espaços construídos somente é encontrada por intermédio de um planejamento adequado, percebe-se a necessidade da realização de monitoramento e de diagnósticos, que informe a situação atual e as possibilidades a serem adotadas, bem como, a concepção de diretrizes e indicadores que possam aferir as estratégias para se obter o conforto urbano.

4.1 MODELOS DE AVALIAÇÃO

Em 1923, os pesquisadores Houghton e Yaglou, juntamente com a *American Society of Heating and Ventilation Engineers-ASHVE*, criaram os diagramas de temperatura efetiva, a partir das qualidades de conforto térmico, com intuito de aperfeiçoar as condições do ar.

Na década de 60, com os trabalhos de Aladar e Victor Olgyay, surgiram os estudos acerca da Arquitetura Bioclimática, nos quais se buscava uma relação entre o ambiente construído, o clima e suas trocas de energia, que resultasse em um adequado conforto ambiental.

Após a crise de energia de 1973, que gerou o aumento do preço do petróleo, houve uma maior preocupação sobre a eficiência energética, bem como uma grande

crítica à arquitetura e sua forma de projeto. A partir de então, instalaram-se grandes discussões sobre a forma de projetar e a responsabilidade do projetista.

Como consequência, nos anos 80, a Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu a Comissão *Brundtland* e, em 1987, publicou o Relatório *Brundtland*, surgindo o conceito do desenvolvimento sustentável. Neste contexto, duas importantes conferências foram realizadas: a Conferência o *Nosso Futuro Comum*, realizada em Copenhague, em 1987, e a *Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento e Meio Ambiente (Rio-92)*, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, produzindo a *Declaração do Rio sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente* e a *Agenda 21*.

Nesse cenário, ocorreu surgimento e a difusão de ferramentas relacionadas com o meio ambiente e a sustentabilidade, nos países desenvolvidos.

4.1.1 Diretrizes Bioclimáticas Urbanas

A partir do parte final do século XX, autores como Higuera (2006), Romero (1998; 2001; 2011), Oke (2006), Rueda (2006; 2011), Ruano (1999), trataram do tema bioclimatismo e das condicionantes que envolvem o urbanismo bioclimático. Outros autores também abordaram recomendações e diretrizes para a vegetação urbana, sistema viário, ventilação, pavimentação e outras diretrizes, tais como Rogers e Gumuchdjam (2001), Mascaró e Mascaró (2002; 2009), Barbirato, Souza e Torres (2007), Mascaró e Yoshinaga (2004), Cunha (2004), Gouvêa (2002), Brown e Dekay (2004), Frota (2001) e Hertz (1998).

Muitas das diretrizes e ideias desenvolvidas no século XXI partem da revisão ou continuidade das cartas bioclimáticas de Olgyay (1998), estratégias de adequação da edificação ao clima de Givoni (1976; 1998) e método ecológico para escolha do sítio de McHarg (2000).

As cartas bioclimáticas de Olgyay iniciaram em 1963, quando o arquiteto húngaro Victor Olgyay publicou o livro *Design with climate*, em que definiu parâmetros de conforto térmico para loteamentos, mediante a análise do clima da região e das sensações humanas, com a proposta de soluções tecnológicas e arquitetônicas para amenizar o desconforto climático (OLGYAY, 1998). Em 1968, Olgyay publicou outro livro chamado *Clima y arquitectura em Colombia*. Nessa

pesquisa, o arquiteto organizou um gráfico bioclimático, no qual propôs o primeiro índice de conforto térmico, denominado diagrama bioclimático de Olgyay.

As estratégias de adequação da edificação ao clima de Givoni tiveram início em 1969, quando o arquiteto israelense Baruch Givoni desenvolveu uma metodologia para determinar estratégias de adequação da edificação ao clima, publicando o livro *Man, climate and architecture*, no qual desenvolveu uma nova carta Bioclimática. Enquanto a Carta de Olgyay ressaltava as condições climáticas externas, o Diagrama Bioclimático de Givoni ponderava acerca dos efeitos da edificação sobre o ambiente interno (GIVONI, 1976). Em 1992, Givoni desenvolveu uma pesquisa sobre o conforto termo-higrométrico para países em desenvolvimento. Esse estudo foi adotado na norma brasileira de zoneamento bioclimático. Givoni também estudou a analogia entre as superfícies externas do edifício e suas decorrências causadas pelas variáveis climáticas.

Em 1969, McHarg desenvolveu o método de adequação da paisagem, com a publicação do livro *Design with nature*, considerado um marco para o movimento ecológico. O autor estudava linhas de agrupamento da ecologia e o planejamento, para garantir a conciliação do homem com a natureza. McHarg desenvolveu o método de adequação da paisagem, em que identificou diversos critérios ambientais (terra, água, terreno com agricultura, habitat de fauna silvestre, beleza cênica, prédios históricos, entre outros), trabalhando com a sobreposição de mapas que mostravam as áreas adaptadas para os vários tipos de uso (MCHARG, 2000). Com o aparecimento do SIG, *geographic information system*, um programa de informações geográficas capaz de avaliar e registrar dados, foi possível implantar o método em software, automatizando grande parte do processo.

Os autores Olgyay (1998), Givoni (1976; 1998), McHarg (2000), Romero (1998; 2001; 2011), Higuera (2006) e Rueda (2006; 2011) propõem diretrizes gerais para as diferentes regiões climáticas, com a indicação de como os elementos devem ser controlados em cada região, analisando-se a característica do clima e do ambiente, com o objetivo de proporcionar o conforto do ser humano, o ciclo sustentável do metabolismo urbano, a compactação, a biodiversidade e a identidade das cidades.

Essas diretrizes, de forma geral, podem ser divididas e avaliadas em quatro grandes aspectos: a *qualidade ambiental*, por meio da interação dos elementos

climáticos (insolação, ventilação e umidade), meio ambiente natural (topografia, vegetação e paisagem urbana) e o meio ambiente construído; a *qualidade espacial*, com a interação dos elementos culturais, locais e visuais, aplicados nas três dimensões da morfologia urbana (em implantação e perspectiva); a *qualidade de mobilidade*, aplicando a locomoção universal, utilizando meios de locomoção não motorizados e a sistematização do sistema viário, e; a *qualidade de compactidade*, utilizando um modelo de cidade compacta, em que se aproxima as funções da urbe, proporciona-se a diversidade de uso, diminui-se o uso do solo, aumenta-se a eficiência energética e diminuem-se os gastos com infraestrutura urbana.

Para interferir no clima de determinado espaço, promovendo condições de contorto térmico, faz-se necessário sejam considerados os seguintes fatores: escolha do local para a implantação da cidade ou bairro; dimensionamento da cidade ou loteamento; definição da densidade urbana, do equilíbrio entre espaços abertos e edificações; distância entre as edificações; seleção do tipo e dimensionamento da área de cobertura do solo; orientação da malha urbana e da largura das caixas das vias; definição da altura média das edificações, e; o desenho das edificações (GIVONI, 1998).

Para a região climática brasileira (clima tropical), são encontradas diretrizes para quatro climas existentes: Subtropical, Tropical seco, Tropical úmido e Tropical de altitude. Os critérios utilizados pelos autores acima mencionados podem ser divididos em cinco componentes, que serão abaixo explicados²⁴ (fig. 132): 1. Conhecimento do clima; 2. Escolha do sítio; 3. Morfologia do tecido urbano; 4. Zonas verdes; 5. Mobilidade urbana.

No componente *escolha do sítio*, avalia-se a orientação e o local mais adequado para a escolha de implantação da cidade, dividindo-se em seis critérios: 1. Localização; 2. Ventilação; 3. Insolação; 4. Água e umidade; 5. Drenagem; 6. Conforto térmico. Nos tópicos *Ventilação* e *Insolação*, avalia-se a forma de implantação da urbe em relação aos ventos, fluxos do ar e radiação solar, respectivamente. No tema *Água e umidade*, avalia-se a importância e a forma de aproximação de cursos d'água para aumentar ou diminuir a umidade do local. No tópico *Drenagem*, avalia-se o declive adequado para o escoamento das águas

²⁴ As tabelas abaixo foram elaboradas pela autora, a partir dos dados das diretrizes fornecidos pelos autores Olgyay (1998), Givoni (1976; 1998), McHarg (2000), Romero (1998; 2001; 2011), Higuera (2006) e Rueda (2006;2008).

pluviais. No tema *Conforto térmico*, avaliam-se formas conjuntas de implantação para aumentar o conforto dos habitantes da cidade.

Figura 132 – Fluxograma das diretrizes urbanas bioclimáticas para climas tropicais

Fonte: Autora (2017).

Tabela 43 – Critérios para a escolha do sítio em climas tropicais

TEMA	ESTRATÉGIA
SUBTROPICAL	LOCALIZAÇÃO Zona mais oriental do S é mais adequado.
	VENTILAÇÃO Na parte mais quente da encosta é a melhor opção, devendo existir proteção suficiente dos ventos. Prever o aproveitamento das brisas nos períodos quentes. O efeito dos ventos frios não possui importância permitindo a implantação nas partes mais baixas da encosta
	INSOLAÇÃO Em declive trabalhar em sua parte média, com acesso ao sol e vento.
	ÁGUA UMIDADE E Não existe uma necessidade de implantação próxima corpos d'águas.
	DRENAGEM Evitar declividades acentuadas que escoam rapidamente às águas pluviais.
	CONFORTO TÉRMICO Deve satisfazer as necessidades nos períodos quentes e frios, assim as necessidades de variação de radiação solar e sombra devem ser estudadas cuidadosamente.
	LOCALIZAÇÃO Orientação exposta para SE e E.
TROP	Localizações altas e que possibilitem a evaporação.

TROPICAL ÚMIDO		Localizações nas partes baixas se beneficiam do ar fresco, mas é necessário medidas para impedir a localização de desse fluxo durante o inverno.
		Latitudes menores - Orientação Norte no Hemisfério Sul.
	VENTILAÇÃO	Regiões sem inverno – aproveitar as depressões para beneficiar-se dos fluxos de ar frio, evitar depressões do tipo fundo de vale; Regiões com inverno – proteger do vento no frio; Latitudes menores - Cuidados com os ventos (que são extremamente quentes).
		As partes baixas são mais convenientes, pois é possível aproveitar e controlar os fluxos de ar frio.
	INSOLAÇÃO	Regiões sem inverno – Exposição que capte a radiação pela manhã e furte a da terra; Regiões com inverno – proteger do o sol no calor e captar o sol no período frio; Latitudes menores - Cuidados com a insolação.
		A sombra é necessária na maior parte do ano.
	ÁGUA UMIDADE E	Existência de superfície de água nas proximidades – localização e orientação no sentido que os ventos atravessem a água para umidificar o interior do tecido urbano e encerrá-lo através do efeito pátio.
		Preferência por ondulações suaves, naturais ou construídas para permitir a armazenagem da umidade.
	DRENAGEM	Evitar declividades acentuadas que escoam rapidamente às águas pluviais.
	CONFORTO TÉRMICO	Regiões com inverno – Proteção de encontros, barreiras naturais ou construídas são necessárias para o conforto térmico.
		A necessidade de proteção nos períodos quentes é muito superior aos requisitos nos períodos frios
TROPICAL ÚMIDO	LOCALIZAÇÃO	A pé do vale para receber a ventilação fria da noite e com uma orientação L, para que a exposição solar da tarde seja menor.
	VENTILAÇÃO	Localização um pouco alta enfrentando a direção dos ventos, principalmente no cume.
		Utilizar os ventos dominantes como elemento preponderante, considerando a velocidade do vento (altas).
		Localização fora dos ventos predominantes deve estar exposta as correntes de ar, perto dos topos de colinas ou em elevações que aproveitem os ventos das montanhas.
	INSOLAÇÃO	Os eixos N e S são melhores que L e O, pois recebem menor radiação.
	ÁGUA UMIDADE E	Favorecer a drenagem para diminuir o índice de vapor d'água contido no ar.
	DRENAGEM	Preservar as declividades naturais do sítio ou criar declividades para auxiliar o escoamento das águas pluviais, tomando cuidado com a erosão.

TROPICAL DE ALTITUDE	CONFORTO TÉRMICO	O movimento do ar constitui o elemento principal para alcançar o conforto.
	LOCALIZAÇÃO	Flexibilidade de localização (liberdade formal e arranjos livres) Se o sítio estiver em uma colina, localizar o assentamento mais próximo do cume.
	VENTILAÇÃO	Utilização de brisas no período quente sem impedir e mecanismos de proteção no inverno.
	INSOLAÇÃO	Minimizar, na implantação de parcelamento urbano, exposição solar para conjuntos arquitetônico orientados nas direções N, O, NO, procurando a exposição para o S.
	ÁGUA E UMIDADE	Em regiões com estação seca prolongada situar os núcleos urbanos de forma a possibilitar a penetração dos ventos dominantes após sua passagem por cursos d'água.
	DRENAGEM	Preservar as linhas naturais de drenagem do terreno, evitando a ocupação das ravinas e a proximidade com as nascentes.
	CONFORTO TÉRMICO	Considerar necessidades de ganho de calor nas estações frias e proteção da radiação solar no verão.

No componente *morfologia do tecido urbano*, verifica-se o parcelamento adequado, por meio de parâmetros de construções, ruas e espaços públicos, orientados com relação ao sol e aos ventos, capazes de mitigar os efeitos da ilha de calor, promover a valorização do espaço público, a utilização de tipologia mista e a diminuição da necessidade de deslocamentos.

Tabela 44 – Critérios para a morfologia do tecido urbano em climas tropicais

	TEMA	ESTRATÉGIA
SUBTROPICAL	FORMA	Ordenação residencial livre e aberta. Espaços exteriores adjacentes a zonas interiores.
	RUAS	Ruas direcionadas para o SO, evitando os ventos do inverno e canalizando as brisas do verão. Passeios de pedestres livres. Ruas largas para uma melhor ventilação. De rotação em relação aos ventos do verão.
	LOTES	Quarteirões alongados.
	ESPAÇOS PÚBLICOS	Grandes áreas de gramado com grupos de árvores para proporcionar sombra.
	TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO	Distribuição flexível. Trabalhar com a relação entre a casa e a natureza. Edifícios unifamiliares com formas relativamente livres. Aproveitamento da radiação, do efeito dos ventos e de sua proteção.

TROPICAL SECO		Trabalhar com a relação existente entre o exterior e o interior da edificação.
		A orientação dos edifícios deve estar relacionada com a exposição dos ventos. Sentido N-S recebe menor impacto.
		Edifícios com planta em formato de cruz, com extensão seguindo o eixo E-O, com as proporções 1:1,6.
		Liberdade de distribuição com uma conexão espacial entre as zonas externas e internas. Edifícios com aberturas para S e SE e fechado para O. Dormitórios e varandas para L.
	COMPACIDADE	Deve haver uma variedade de tipos de moradias e usos mistos das edificações.
		Nos limites do bairro, deve haver lojas e escritórios de tipos suficientemente variados, para prover as necessidades semanais de uma casa.
		Bairros compactos e verticais, projetados com princípios bioclimáticos (considerando a radiação, ventilação, umidade e vegetação).
		Comércio e escritórios a uma distância que pode ser percorrida em cinco minutos a pé de qualquer lugar do empreendimento
		Trabalhar com princípios de unidade de vizinhança
	FORMA	Regiões sem inverno – ocupação densa e sombreada. Forma compacta com menor superfície de exposição solar nos períodos frios.
		Regiões com inverno – ocupação densa e oferecer superfícies de exposição solar nos períodos frios.
		Tecido urbano denso e sombreado.
	RUAS	Estreitas e curtas, com mudanças de direção constantes para diminuir o vento indesejável.
		Orientação que permita um lado da rua sombreado, favorecendo os deslocamentos de pedestre.
		Em ruas com orientação desfavorável utilizar elementos arquitetônicos de proteção, como beirais amplos e galerias.
	LOTES	Lotes estreitos e longos e edificações contíguas.
	ESPAÇOS PÚBLICOS	Pequenas proporções com presença de água e sombreamento por edificações e dispositivos complementares.
		Muros das habitações proporcionando sombra nos espaços externos. Unidades agrupadas em torno de um pátio ou zona.
		Conexão entre os espaços públicos e as áreas residenciais. Proteção solar total ou parcial, evitando as superfícies pavimentadas.
	TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO	Tipologia casa pátio: habitações adjacentes em linha e organizadas em conjuntos compactos no eixo L-O, criando efeito de volume. Edifícios em construção maciça
		Perder calor. Edifício organizado ao redor de uma zona verde e fechado por fora, favorecendo os efeitos por evaporação e a perda noturna por

TROPICAL ÚMIDO		radiação. Possibilidade de construção na litosfera (edificações subterrâneas). Não há necessidade de pé-direito alto.
		Ordenação residencial introvertida. Deve-se trabalhar com as possibilidades de evaporação. Zonas produtoras de calor devem estar separadas do restante da casa. Espaços vazios ou sem utilização devem situar-se no lado O para amenizar o impacto solar.
		Formas compactas com desenvolvimento para o eixo E-O com efeito de volume. Devem receber o mínimo de insolação. Orientação em equilíbrio a 25°SE, mas todas as orientações do eixo S para 35°SE são boas. Edifícios bilaterais com ventilação cruzada trabalhar com o eixo 12°SO.
	COMPACIDADE	Deve haver uma variedade de tipos de moradias e usos mistos das edificações.
		Nos limites do bairro, deve haver lojas e escritórios de tipos suficientemente variados, para prover as necessidades semanais de uma casa.
		Bairros compactos e verticais, projetados com princípios bioclimáticos (considerando a radiação, ventilação, umidade e vegetação).
		Comércio e escritórios a uma distância que pode ser percorrida em cinco minutos a pé de qualquer lugar do empreendimento
		Trabalhar com princípios de unidade de vizinhança
	FORMA	Tecido urbano disperso, solto, flexível, aberto e extenso, permitindo a ventilação das formas construídas.
		Espaço contínuo de integração, sem grandes diferenças entre o ambiente interno e externo.
		Em áreas pouco densas as construções devem estar separadas entre si. Em áreas densas trabalhar com a mistura de alturas dos edifícios (alto e baixo), favorecendo a ventilação.
		Deixar espaços entre os edifícios e entre porções do tecido urbano, permitindo que a ventilação seja conduzida.
		Edificações separadas, para aproveitar os movimentos do ar, com atenção às coberturas.
	RUAS	Orientação das ruas procurando a sombra e utilização de elementos de proteção: vegetação, portais, marquises, alargamento de trechos e dimensões diferenciadas das calçadas.
		Orientação favorecendo espaços ensolarados e espaços sombreados, acompanhados de vegetação ao lado poente.
		Caminhos para pedestres cursos e sombreados com superfícies gramadas (reduzindo a radiação e absorção sobre as superfícies

TROPICAL DE ALTITUDE		construídas).
	LOTES	Em regiões de baixa densidade, as dimensões dos lotes devem ser mais largas e compridas. Vedações escassas (de preferência naturais), ventilação advinda da rua e alinhamento flexível.
	ESPAÇOS PÚBLICOS	Não devem ser de grandes dimensões já que a sombra é um elemento fundamental.
		Prevalecimento de espaços abertos, arborizados, promovendo a perda de calor e auxiliando a ventilação.
		Distâncias mínimas para pedestres e preferencialmente sombreadas.
	TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO	Tipologia da habitação individual, isolada e situada em locais elevados. Edifícios altos, de forma livre e alongada.
		Edificações sombreadas estimulando o movimento do ar. Uso de proteção solar em todas as superfícies expostas ao sol, principalmente nas coberturas e fachadas leste e oeste.
		Se a casa estiver sombreada a distribuição pode ser livre. Proporcionar uma passagem de ar para o interior, evitar zonas pavimentadas. Áreas de habitações com produção de umidade ou calor devem ser ventiladas e separadas do resto da edificação.
		Efeitos da radiação nos lados L e O determinam a forma ligeiramente alongada. Proporção 1:1,7 e até 1:3,0 para o eixo L-O.
		Equilíbrio na orientação sol/vento no 5°SE, com desvio relativo de 10°. Orientações em que o maior lado estiver diferente disso devem estar sombreadas.
	COMPACIDADE	Deve haver uma variedade de tipos de moradias e usos mistos das edificações.
		Nos limites do bairro, deve haver lojas e escritórios de tipos suficientemente variados, para prover as necessidades semanais de uma casa.
		Bairros compactos e verticais, projetados com princípios bioclimáticos (considerando a radiação, ventilação, umidade e vegetação).
		Comércio e escritórios a uma distância que pode ser percorrida em cinco minutos a pé de qualquer lugar do empreendimento
		Trabalhar com princípios de unidade de vizinhança
	FORMA	Traçado compacto com atenção a ventilação, protegendo a radiação diurna e atenuando as perdas noturnas.
		Trabalhar com a ventilação no interior dos arranjos espaciais e evitar a canalização excessiva dos ventos.
	RUAS	Orientadas permitindo a obtenção de uma face sombreada.

	<p>Não deve ser muito estreita e nem muito larga. O tecido compacto não deve atingir a proporção da região quente-seca.</p> <p>Permitir a canalização dos ventos predominantes para obter brisas no verão.</p> <p>Planejamento das edificações que margeiam as ruas. Em ruas orientadas a favor dos ventos, trabalhar com edificações de alturas mistas afastadas e flexíveis no alinhamento predial. Em ruas perpendiculares a direção do vento, verificar a distância entre as edificações e a porosidade dos obstáculos a barlavento.</p>
LOTES	<p>Permite-se uma grande flexibilidade, atendendo aos controles necessários da região (adequada ventilação e controle da radiação).</p>
ESPAÇOS PÚBLICOS	<p>Não devem ser excessivamente grandes. Lembrar que superfícies secas de alto albedo aliado a altos índices de luminosidades produzem desconforto visual.</p> <p>Devem ser razoavelmente abertos, densamente arborizados e com superfícies gramadas (substituindo as pavimentadas).</p>
TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO	<p>Estruturas urbanas habitacionais de forma retangular, com formas recortadas e irregulares, possibilitando a inserção de vegetação.</p> <p>Elementos vazados para cercar as edificações e ter áreas adjacentes à edificação de canteiros com vegetação.</p> <p>Sombrear ruas e lotes com a própria edificação.</p>
COMPACIDADE	<p>Deve haver uma variedade de tipos de moradias e usos mistos das edificações.</p> <p>Nos limites do bairro, deve haver lojas e escritórios de tipos suficientemente variados, para prover as necessidades semanais de uma casa.</p> <p>Bairros compactos e verticais, projetados com princípios bioclimáticos (considerando a radiação, ventilação, umidade e vegetação).</p> <p>Comércio e escritórios a uma distância que pode ser percorrida em cinco minutos a pé de qualquer lugar do empreendimento</p> <p>Trabalhar com princípios de unidade de vizinhança</p>

No componente *zonas verdes*, verifica-se a conexão das áreas naturais com os espaços abertos, conservando valores e desempenhos do ecossistema natural, purificação do ar e da água, bem como uma variedade de benefícios para os moradores e para a vida silvestre.

Tabela 45 – Critérios para zonas verdes em climas tropicais

	TEMA	ESTRATÉGIA
SUBTROPICAL	PAISAGEM	Edifícios integrando com a natureza.
		Planícies com gramados, próximos das edificações, absorvem a radiação.
		Barreiras vegetais para a orientação NO, direção dos ventos do inverno.
	USO DA ÁGUA	Proteger a água com barreiras de vegetação.
	ÁRVORES	A posição das árvores não devem bloquear as brisas do verão, do S e SO. Árvores perenes protegem contra o vento e as de folha caduca proporcionam sombras maiores. Plantar árvores nos extremos L e O que proporcionem sombra.
	RUAS	Sombra densa nos caminhos de pedestres e sombra leve nos caminhos de pessoas e veículos
	ECOLOGIA URBANA	Desenho urbano adaptado às condições naturais do local, respeitando as peculiaridades geográficas, preservando os valores naturais e a capacidade do território.
		Trabalhar com espécies nativas favorecendo a sustentabilidade da vegetação urbana.
		Implantação de drenagens ecológicas (canteiro pluvial, jardim de chuva, biovaletas e lagoas pluviais)
		Implantação de corredores ecológicos urbanos
TROPICAL SECO	PAISAGEM	Concentração de plantas e superfícies verdes proporcionando zonas de conforto.
		Uso de vegetação com a função de superfície de absorção da radiação, propriedades de evaporação e sombreamento.
		Buscar a utilização abundante de vegetação de espécies de ciclo perene, alta rusticidade, resistência à exposição direta ao sol e baixa.
	USO DA ÁGUA	Presença de água no espaço urbano através de fontes protegidas com vegetação.
		A umidade deve ser obtida nos edifícios, através de pátios com presença de água e vegetação.
	ÁRVORES	As árvores podem ser utilizadas para interceptar os raios solares que incidem diretamente sobre as paredes da edificação, produzindo sombra sobre as fachadas e diminuindo, assim, os ganhos térmicos e o consequente aquecimento no interior das mesmas.
	RUAS	Jardim proporcionando sombra nos espaços externos.
	ECOLOGIA URBANA	Desenho urbano adaptado às condições naturais do local, respeitando as peculiaridades geográficas, preservando os valores naturais e a capacidade do território.
		Trabalhar com espécies nativas favorecendo a sustentabilidade da

TROPICAL ÚMIDO		vegetação urbana.
		Implantação de drenagens ecológicas (canteiro pluvial, jardim de chuva, biovaletas e lagoas pluviais)
		Implantação de corredores ecológicos urbanos
	PAISAGEM	Vegetação baixa distantes das casas para não interromper o movimento do ar. A vegetação não deve impedir a passagem dos ventos, o que dará limitações quanto à altura mínima das copas, de modo a produzirem sombra, mas não servir como barreiras à circulação do ar.
	USO DA ÁGUA	Trabalhar com a integração da água em regiões de planícies.
		Trabalhar com a movimentação do ar sobre locais com água, localizados na sombra.
		Drenos de água afastados das casas. Infraestrutura necessária para o escoamento da água em grandes tempestades.
	ÁRVORES	Ramo das árvores com função de sombreamento e localizadas em pontos altos, de forma a não interferir nas brisas.
		Em áreas pouco densas as construções devem estar rodeadas por árvores para sombreamento e absorção de radiação solar.
	RUAS	Sombra densa nos caminhos de pedestres e sombra leve nos caminhos de pessoas e veículos, evitando o acúmulo de poluentes abaixo das copas das árvores.
TROPICAL DE ALTITUDE	ECOLOGIA URBANA	Desenho urbano adaptado às condições naturais do local, respeitando as peculiaridades geográficas, preservando os valores naturais e a capacidade do território.
		Trabalhar com espécies nativas favorecendo a sustentabilidade da vegetação urbana.
		Implantação de drenagens ecológicas (canteiro pluvial, jardim de chuva, biovaletas e lagoas pluviais)
		Implantação de corredores ecológicos urbanos
	PAISAGEM	Organizar espaços que permitam manter a vegetação sempre viçosa/úmida.
		Utilizar a vegetação nos muros e nas paredes externas da edificação. Utilizar vegetação arbórea de folhagem perene associada à vegetação arbustiva e herbácea para sombrear as edificações.
		Uso de vegetação para bloquear os ventos no inverno.
		Criação de parques e jardins como anteparos para a proteção do vento indesejável e com a presença de vegetação.
	USO DA ÁGUA	Criação do efeito pátio para aumentar a umidade do ar. Assim, o lago é um efetivo elemento de controle térmico.

	ÁRVORES	As árvores também devem ser utilizadas para reduzir a reflexão da radiação solar, deixando penetrar o sol no inverno.
		Plantar árvores de copa horizontal ou globular e folhagem perene com objetivo de direcionar o vento nos períodos quentes, para os edifícios.
	RUAS	Devem ser arborizadas
	ECOLOGIA URBANA	Desenho urbano adaptado às condições naturais do local, respeitando as peculiaridades geográficas, preservando os valores naturais e a capacidade do território.
		Trabalhar com espécies nativas favorecendo a sustentabilidade da vegetação urbana.
		Implantação de drenagens ecológicas (canteiro pluvial, jardim de chuva, biovaletas e lagoas pluviais)
		Implantação de corredores ecológicos urbanos
		Desenho urbano adaptado às condições naturais do local, respeitando as peculiaridades geográficas, preservando os valores naturais e a capacidade do território.

No componente *mobilidade urbana*, avalia-se o conjunto de políticas de transporte e circulação, que garanta um acesso amplo e democrático ao espaço urbano, com a priorização dos modos de transporte coletivo, não motorizados, ecologicamente sustentáveis, como o ciclismo e pedestrianismo. Um sistema viário estruturante, que responda a critérios de insolação e aos ventos locais, assim como estímulo à acessibilidade dos espaços, com a redução de percursos e a criação de comunidades compactas.

Tabela 46 – Critérios para a mobilidade urbana em climas tropicais

TEMA	ESTRATÉGIA
TRANSPORTE PÚBLICO	Estabelecer redes próprias para cada meio de transporte, fomentando as redes de transporte em massa no subsolo e na superfície.
	Divisão adequada do sistema viário
	Proximidade dos pontos de transporte público de superfície a menos de 300 metros
	Criar núcleos compactos e unidos por transporte de massa
	Divisão modal: distribuição percentual da média diária dos deslocamentos: a pé, por transporte coletivo e individual, motorizado e não motorizado.

CICLOVIAS	Proximidade das ciclovias a menos de 300 m
	Implantação de uma rede de ciclovias integrada aos demais meios de transporte público
	Estacionamento para bicicletas
	Sistema de vias para veículos <25%
	Controle do uso do automóvel
TRANSPORTE A PÉ	Bairros com distância máxima de até 10 minutos de caminhada
	Padrão de rua disposta a encorajar as caminhadas e convivências
	Ruas dentro do bairro formam uma rede conectada que dispersa o tráfego ao prover uma variedade de rotas de pedestres e veículos a qualquer destino
	As ruas devem ser relativamente estreitas e sombreadas por filas de árvores. Isto reduz a velocidade tráfego, ao mesmo tempo em que cria um ambiente adequado para pedestres e bicicletas.
ESTACIONAMENTOS	Reduzir para a taxa mínima os estacionamentos na superfície (no espaço público)
	Estacionamentos e garagens raramente devem defrontar a rua. O estacionamento deve ser relegado à parte traseira de edifícios, normalmente acessados por ruelas.
ACESSIBILIDADE	Acessibilidade do sistema viário destinado aos pedestres
	Acessibilidade ao transporte público

4.1.2 Indicadores de Conforto

No final da década de 80, surgiram propostas de indicadores ambientais e de sustentabilidade. Os Indicadores podem ser definidos como estatísticas que, medidas a longo prazo e mensuradas em um espaço determinado, fornecem subsídios sobre as disposições e procedimentos dos elementos abordados (ROMERO et al. 2004).

Segundo Mueller et al. (1997), um bom indicador deve conter as seguintes propriedades: Simplificação – deve descrever de forma concisa o estado do elemento analisado, sintetizando e refletindo de forma mais próxima à realidade; Quantificação – em que permite a consistência estatística e dialética com as conjecturas levantadas; Comunicação – deve comunicar com eficiência a condição do elemento analisado; Validade - deve ser produzido no período adequado, pois fornece subsídios à formulação de políticas públicas e privadas, e; Pertinência –

deve atender às necessidades locais e conduzir os subsídios, embasados cientificamente, por meio de métodos adequados.

Segundo MacLaren (1996), esses indicadores possuem algumas características específicas, sendo elas: Integração: deve permitir a ligação entre as dimensões social, econômica e ambiental; Visão a longo prazo: deve representar a preocupação com as gerações futuras, e; Desenvolvimento: deve servir de subsídio multidisciplinar aos participantes.

Os indicadores ambientais viventes possuem, em grande parte, modelos de influência mútua de atividade antrópica (causada diretamente pela ação humana) e de meio ambiente, e podem ser qualificados em três tipos principais: estado, pressão e resposta. Os indicadores de estado descrevem a circunstância atual, física ou biológica dos sistemas naturais. Por sua vez, os indicadores de pressão avaliam as pressões desempenhadas nas atividades antrópicas sobre os sistemas naturais, enquanto os indicadores de resposta avaliam a qualidade das políticas e acordos formulados para responder/minimizar os impactos antrópicos (OECD, 1993).

No meio urbano, são aplicadas propostas de indicadores ambientais e de sustentabilidade, com o objetivo de fornecer subsídios à formulação de políticas públicas. Esta aplicação permite a criação de instrumentos de mensuração capazes de fornecer informações que facilitem a avaliação do grau de sustentabilidade das cidades, o monitoramento das convergências de seu desenvolvimento e a definição de propostas de melhoria.

Os indicadores de sustentabilidade urbana, mediante o auxílio de ações públicas e privadas, visam o desenvolvimento sustentável. E, além disso, podem ser um instrumento auxiliador para tomadas de decisões e estratégias relacionadas a qualidade de vida e sustentabilidade. O surgimento desses novos indicadores proporcionou novas extensões de avaliação, como a dimensão cultural, ambiental e espacial, aumentando a capacidade de avaliar o desenvolvimento das cidades.

A Agenda 21 dedicou o capítulo 40 ao papel da informação no processo de implantação do desenvolvimento sustentável e na elaboração de indicadores de sustentabilidades ambiental. Em 1996, William Rees e Mathis Wackernagel publicam o livro *Pegada Ecológica*, no qual propõem uma estimativa que questiona se a forma de viver do ser humano não ultrapassa a capacidade que o planeta oferece, renova seus recursos naturais e absorve os resíduos gerados por muitos anos. É um

indicador que considera a área física em hectares per capita empregada pelo homem.

Em 2003, Rosseto estudou uma forma de aprimorar os processos de gestão, avaliação e aplicação do ambiente urbano. Para isso, propôs o Sistema Integrado de Gestão do Ambiente Urbano (SIGAU). Em 2002, com atualizações posteriores, o IBGE apresentou indicadores de sustentabilidade, criando o Índice de Desenvolvimento Sustentável. A proposta foi dividida em quatro áreas de atuação: ambiental, social, institucional e econômica.

Nessa direção, entre as experiências nacionais e internacionais com indicadores de sustentabilidade urbana, pode-se exemplificar: Seattle Sustentável (1998); Indicadores Comuns Europeus (2000); Indicadores da Agenda 21 (2000); Indicadores de Sustentabilidade Urbana da Cidade de Santa Mônica (2003); Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (2010); Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte (2006); Indicadores de Sustentabilidade no Desenvolvimento Imobiliário Urbano (2011), e; Indicadores de Sustentabilidade Urbana (2011).

Tabela 47 – Dados de entrada do modelo de Dias Frios

Indicadores	Temas	Questões
Indicadores de Sustentabilidade no Desenvolvimento Imobiliário Urbano	Construção e infraestrutura sustentáveis	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>
	Governança	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>
	Mobilidade	<i>Mobilidade Sustentável</i>
	Moradia	<i>Habitação Ecológica</i>
	Oportunidades	<i>Desenvolvimento Econômico Sustentável</i>
	Planejamento e ordenamento territorial	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Questões ambientais	<i>Qualidade Ambiental Urbana</i>
	Segurança	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Serviços e equipamentos	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte (IQVU/BH)	Abastecimento	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>
	Cultura	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Educação	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Esportes	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Habitação	<i>Habitação Ecológica</i>

Indicadores de Sustentabilidade Urbana	Infraestrutura Urbana	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>
	Meio Ambiente	<i>Ecologia Urbana</i>
	Serviços Urbanos	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>
	Segurança Urbana	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Bens naturais comuns	<i>Ecologia Urbana</i>
	Governança	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>
	Equidade, justiça social e cultura de paz	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>
	Planejamento e desenho urbano	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Gestão local para a sustentabilidade	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>
	Cultura para a sustentabilidade	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Educação para a sustentabilidade e qualidade de vida	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Economia Local, Dinâmica, Criativa e Sustentável	<i>Desenvolvimento Econômico Sustentável</i>
	Consumo Responsável e Opções de Estilo de Vida	<i>Eficiência Energética</i>
	Melhor Mobilidade, Menos Tráfego	<i>Mobilidade Sustentável</i>
Seattle Sustentável	Ação Local para a Saúde	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Do Local para o Global	<i>Energias Renováveis</i>
	Meio Ambiente	<i>Qualidade Ambiental Urbana</i>
	Economia	<i>Desenvolvimento Econômico Sustentável</i>
	População e Recursos	<i>Ecologia Urbana</i>
Indicadores Comuns Europeus	Juventude e Educação	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Saúde e Comunidade	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Satisfação do cidadão com a comunidade local	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Contribuição local para as alterações climáticas globais	<i>Qualidade Ambiental Urbana</i>
	Mobilidade local e transporte de passageiros	<i>Mobilidade Sustentável</i>
	Existência de zonas verdes públicas e de serviços locais	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Qualidade do ar na localidade	<i>Ecologia Urbana</i>
	Deslocação das crianças entre a casa e a escola	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Gestão sustentável da autoridade local e das empresas locais	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>
	Poluição sonora	<i>Qualidade Ambiental Urbana</i>

	Utilização sustentável dos solos	<i>Ecologia Urbana</i>
	Produtos que promovem a sustentabilidade	<i>Energias Renováveis</i>
Indicadores da Agenda 21	Sociais	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Ambientais	<i>Qualidade Ambiental Urbana</i>
	Econômicos	<i>Desenvolvimento Econômico Sustentável</i>
	Institucionais	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>
Indicadores de Sustentabilidade Urbana de Santa Mônica, Califórnia	Conservação dos recursos	<i>Ecologia Urbana</i>
	Saúde pública e ambiental	<i>Qualidade Ambiental Urbana</i>
	Transporte	<i>Mobilidade Sustentável</i>
	Desenvolvimento econômico	<i>Desenvolvimento Econômico Sustentável</i>
	Espaços livres e uso do solo	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Moradia	<i>Habitação Ecológica</i>
	Educação comunitária e participação civil	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Dignidade humana	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
Indicadores de qualidade de vida da cidade de Jacksonville, Florida	Alcançando Excelência Educacional	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Tornando-se uma Economia Pujante	<i>Desenvolvimento Econômico Sustentável</i>
	Preservando o Ambiente Natural	<i>Ecologia Urbana</i>
	Promovendo o Bem-estar e a Harmonia Social	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Desfrutando das Artes, Cultura e Recreação	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Mantendo uma Comunidade Saudável	<i>Qualidade Ambiental Urbana</i>
	Mantendo um Governo Participativo	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>
	Movimentando-se Eficientemente	<i>Eficiência Energética</i>
	Mantendo a Comunidade Segura	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
Green City Index	Emissões de dióxido de carbono	<i>Ecologia Urbana</i>
	Energia	<i>Energias Renováveis</i>
	Edifícios	<i>Habitação Ecológica</i>
	Resíduos e uso do solo	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Qualidade do ar	<i>Ecologia Urbana</i>
	Governança ambiental	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>
City Development Index (CDI)	Infraestruturas	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>
	Resíduos	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>

Indicadores de Sustentabilidade Canadense	Saúde	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Educação	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Produto da cidade	<i>Desenvolvimento Econômico Sustentável</i>
	Proteção ecológica	<i>Ecologia Urbana</i>
	Adensamento urbano	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Revitalização Urbana	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Implantação de centros de bairro	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Desenvolvimento da economia local	<i>Desenvolvimento Econômico Sustentável</i>
	Implementação de transporte sustentável	<i>Mobilidade Sustentável</i>
	Moradias economicamente viáveis	<i>Habitação Ecológica</i>
	Comunidades com sentido de vizinhança	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Tratamento de esgoto alternativo e drenagem natural	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>
	Gestão integrada da água	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>
Indicadores de Florianópolis/SC	Energias alternativas	<i>Energias Renováveis</i>
	Política baseada nos 3R's	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>
	Meio Ambiente	<i>Ecologia Urbana</i>
	Água	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>
	Dejetos Líquidos	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>
	Lixo	<i>Infraestrutura Urbana Sustentável</i>
	Parques, praças e praias	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Energia de uso residencial	<i>Eficiência Energética</i>
	Transporte e Locomoção	<i>Mobilidade Sustentável</i>
	Habitação	<i>Habitação Ecológica</i>
	Saúde	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Alimentação	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Educação Municipal	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Segurança	<i>Equipamentos urbanos públicos Sustentáveis</i>
	Cidadania e cultura política	<i>Planejamento e Projeto Urbano Sustentável</i>
	Distribuição de renda	<i>Desenvolvimento Econômico Sustentável</i>
	Crianças e Adolescentes	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>
	Idosos	<i>Gestão integrada para a sustentabilidade</i>

Fonte: Atkisson (2002); IBGE (2010); Nahas (2005); FDC, SECOVI-SP (2011); Silva (2007).

Em regra, os indicadores ambientais urbanos possuem doze questões principais, tratadas de diversas maneiras nos sistemas de avaliações urbanos, sendo elas: 1. Desenvolvimento Econômico Sustentável; 2. Ecologia Urbana; 3. Eficiência Energética; 4. Energias Renováveis; 5. Equipamentos Urbanos Públicos Sustentáveis; 6. Gestão Integrada para a Sustentabilidade; 7. Habitação Ecológica; 8. Infraestrutura Urbana Sustentável; 9. Mobiliário Urbano Ecológico; 10. Mobilidade Sustentável; 11. Planejamento e Projeto Urbano Sustentável; 12. Qualidade Ambiental Urbana.

Os indicadores que abordam o item de Desenvolvimento Econômico Sustentável avaliam o desenvolvimento de forma igualitária e inclusiva, respeitando o equilíbrio e as limitações dos recursos naturais. Com isso, o quadro econômico e os padrões de produção de consumo sugerem a qualidade em vez da quantidade, reduzindo o uso de matérias-primas e produtos, estimulando a reutilização e reciclagem. Essa política deve proporcionar a manutenção e o aumento dos postos de trabalho. No elemento Ecologia Urbana, é verificada a conexão das áreas naturais com os espaços abertos, conservando valores e desempenhos do ecossistema natural, purificação do ar e água, bem como uma variedade de benefícios para os moradores e para a vida silvestre.

No eixo Eficiência Energética, observa-se a utilização de energia como a inovação da tecnologia construtiva, o uso e manipulação dos materiais de construção, explorando as tecnologias avançadas, que proporcionem eficiência energética. Pretende-se, assim, evitar gastos, tempo, diminuir a poluição, o tráfego e o stress. No componente Energias Renováveis, observa-se o uso da energia provenientes de ciclos naturais de conversão da radiação solar, como a energia solar, eólica, a biomassa e a hidroenergia.

No item Equipamentos Urbanos Públicos Sustentáveis, são avaliados os equipamentos comunitários públicos de educação, cultura, saúde, esporte, lazer, segurança e similares. Essas questões aplicadas em áreas comunitárias de uso público proporcionam uma maior qualidade de vida para os moradores do bairro e para as pessoas de bairros vizinhos, suprimindo as necessidades básicas por intermédio dos equipamentos localizados próximos às suas residências, além de permitir momentos de lazer, nos espaços de praças, parques, áreas verdes, etc.

Na avaliação da Gestão Integrada para a Sustentabilidade, verifica-se a capacidade e o esforço despendido por governos e pela sociedade, para se adotar

uma política de comunicação organizacional totalmente integrada, que garanta um monitoramento constante, a busca de inovações urbanas e o atingimento das metas estabelecidas. Desta maneira, é possível tomar decisões que prezem pelo equilíbrio das dimensões econômicas, social e ambiental, que evitem o surgimento de problemas ambientais urbanos.

No componente Habitação Ecológica, avalia-se a busca de uma composição ajustada entre o ambiente construído, o clima e suas trocas de energia, com objetivo de garantir uma melhor qualidade de vida, mediante soluções ambientais e socioeconômicas culturais, que impactem na edificação e na construção. Assim, são aplicadas medidas construtivas e procedimentais, que buscam o aumento de sua eficiência no uso de recursos, reduzindo os impactos socioambientais, por meio de um processo que abrange ciclo de vida completo das edificações.

Na Infraestrutura Urbana Sustentável, considera-se a exploração dos sistemas necessários para o funcionamento da infraestrutura da urbe, como drenagem, abastecimento, tratamento de esgoto, saneamento, energia, iluminação e comunicação, verificados segundo preceitos de ordem sustentável. No índice de Mobiliário Urbano Ecológico, avaliam-se os equipamentos de serviço direto para a população, como bancos, lixeiras, pontos de ônibus, totens informativos, quiosques e outros itens urbanos. O mobiliário urbano emprega funções importantes nos espaços públicos das cidades, garantindo segurança, limpeza, suporte à infraestrutura, beleza e funcionalidade.

Na Mobilidade Sustentável, avalia-se o conjunto de políticas de transporte e circulação, segundo critérios que garantam um acesso amplo e democrático ao espaço urbano, a priorização dos modos de transporte coletivo, não motorizados, como o ciclismo e pedestrianismo, e que sejam ecologicamente sustentáveis.

No componente Planejamento e Projeto Urbano Sustentável, pondera-se a relação da morfologia urbana com a integridade social dos cidadãos, por meio de ações que cultivem a cultura, pesquisa e valores que agreguem à sociedade. Para isso, pode ser observada a mistura de usos do solo e classes sociais, variedade arquitetônica e valorização do espaço público. Também podem ser oferecidos estímulos à acessibilidade dos espaços com redução de percursos, criando comunidades compactas. Por fim, no item Qualidade Ambiental, analisa-se a preocupação com a vegetação urbana, ventilação, iluminação, poluição do ar e ruídos, visando garantir um urbanismo aliado aos princípios de conforto ambiental.

No século XXI, os indicadores foram criados para avaliar as novas propostas de urbanismo, compacto e funcional em equilíbrio com as variáveis de ambiente (conforto térmico, ruído, poluição do ar, segurança, acessibilidade, etc.). Nesse contexto, em 2010, o Ministério das Obras Públicas e Agência de Ecologia Urbana, sob a direção de Salvador Rueda, estabeleceu um sistema de indicadores em sintonia com o trabalho Agenda 21, para os municípios pertencentes às Redes de Desenvolvimento Local Sustentável. Na planificação urbana, esse urbanismo ecológico contou com um documento normativo, com indicadores que fixam os parâmetros e condicionantes para a transformação do território urbano. Estes indicadores foram distribuídos em quatro eixos: a compacidade na estrutura, a complexidade na organização, a eficiência do metabolismo e a coesão social (fig. 133).

Figura 133 – Diagrama dos quatro eixos do modelo da cidade sustentável

Fonte: Rueda (2006).

O conjunto de indicador responde a um modelo mais sustentável de cidade e está dividido em sete grupos ou áreas (tabela 48): 1. Morfologia Urbana; 2. Espaço Público e Conforto; 3. Mobilidade e Serviços; 4. Complexidade Urbana; 5.

Biodiversidade; 6. Metabolismo urbano; 7. Coesão social. Cada área de avaliação possui um conjunto de indicadores específicos. O cálculo dos indicadores permite a orientação de novos bairros ou cidades e analisa o grau de acomodação dos tecidos urbanos consolidados, em relação ao modelo de cidade compacta, complexa e mais sustentável.

Tabela 48 - Indicadores de Urbanismo Ecológico

EIXO	ÁREA	INDICADOR
COMPACTAÇÃO E FUNCIONALIDADE	MORFOLOGIA URBANA	Densidade das habitações
		Compacidade absoluta
		Compacidade corrigida
	ESPAÇO PÚBLICO E CONFORTO	Divisão do sistema viário
		Acessibilidade do sistema viário destinado aos pedestres
		Espaço livre no interior da quadra
		Conforto térmico
		Conforto acústico
	MOBILIDADE E SERVIÇOS	Proximidade dos pontos de transporte público de superfície
		Proximidade das ciclovias
		Proximidade e implantação de estacionamentos para bicicletas
		Proximidade e implantação de estacionamentos para veículos privados
		Distribuição urbana de bens
		Serviços técnicos
COMPLEXIDADE	COMPLEXIDADE URBANA	Complexidade urbana
		Divisão entre atividade e residência
		Atividade de proximidade
		Atividades densas de conhecimento
		Dimensionando os locais em planta baixa
		Continuidade espacial e funcional do corredor viário

	BIODIVERSIDADE	Proximidade aos espaços verdes
		Permeabilidade do solo
		Implantação de vegetação no espaço público
		Proximidade aos corredores verdes urbanos
		Coberturas verdes
EFICIÊNCIA	METABOLISMO URBANO	Autossuficiência energética das habitações
		Autossuficiência hídrica da demanda urbana
		Coleta seletiva dos resíduos sólidos urbanos
		Recuperação da matéria orgânica doméstica
		Proximidade dos pontos limpos
COESÃO SOCIAL	COESÃO SOCIAL	Proximidade aos equipamentos e serviços básicos
		Implantação de habitações protegidas

Fonte: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (2008), agrupado e organizado pela autora.

A Agência de Ecologia Urbana, sob direção de Rueda, desenvolveu diversos indicadores, principalmente para Barcelona e outras cidades da Espanha. A entidade também desenvolveu uma certificação de urbanismo ecológico, norteando ações de planejamento e trabalhando com sistema de indicadores para tecidos urbanos existentes.

4.1.3 Selos Ambientais

Na década de 90, especialmente após a Eco-92, os sistemas de certificações surgiram, motivados pela necessidade de qualificar os produtos e serviços com critérios de sustentabilidade (MEDEIROS, 2013). Desde então, diversos países desenvolveram metodologias de avaliação e certificação, como o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) – Inglaterra; o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) - Estados Unidos; o *Haute Qualité Environnementale* (HQE) – França; o *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (CASBEE) – Japão; o

National Australian Buildings Environmental Rating System (NABERS) – Austrália, e; o *Green Building Challenge (GBC)* - consórcio de vários países (PINHEIRO, 2006).

Nesse contexto, em 1992, surgiu a certificação inglesa *Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)*, desenvolvida pelo *Building Research Establishment (BRE)*, como o primeiro método de avaliação de edifícios sustentáveis (BALDWIN et al., 1998).

A certificação disponibiliza seis categorias de avaliação: 1. *BREEAM Communities* - para desenvolvimentos de bairros ou escalas maiores; 2. *BREEAM Infrastructure* – para novos projetos de infraestrutura; 3. *BREEAM New Construction* - para novas construções residenciais e não residenciais; 4. *BREEAM In-Use* – para construções existentes não residenciais; 5. *BREEAM Refurbishment and Fit-out* – para edifícios residenciais e não residenciais e remodelações; 6. *Home Quality Mark* – para novas construções residenciais (BRE, 2016). Os edifícios mais complexos (de uso misto) são avaliados pelo *BREEAM Bespoke* e os localizados fora do Reino Unido são avaliados pelo *BREEAM Internacional* (BRE, 2002).

A BREEAM mede o valor sustentável em dez categorias, com diferentes níveis de importância, sendo elas: 1. Energia; 2. Saúde e bem-estar; 3. Inovação; 4. Uso da terra; 5. Materiais; 6. Gestão; 7. Poluição; 8. Transporte; 9. Desperdício; 10. Água. As categorias abordam 55 fatores de análises, tais como a concepção de baixo impacto e redução de emissões de carbono, acessibilidade, análise do ciclo de vida e planejamento dos materiais, modos alternativos de transporte, durabilidade e resistência, adaptação às alterações climáticas, valor ecológico e proteção da biodiversidade (BRE, 2016).

A avaliação é feita dentro de cada categoria, somando pontos (créditos), que no seu total determinam a sua classificação final. A certificação é dada em uma escala de notas, sendo: Excepcional (≥ 85), Excelente (≥ 70), Muito bom (≥ 55), Bom (≥ 45), Aprovado (≥ 30) e Não classificado (<30).

A avaliação da sustentabilidade na categoria das áreas urbanas (*BREEAM Communities*) ocorre em três etapas (fig. 134), sendo elas: 1. princípio do desenvolvimento - planos estratégicos para a área mais ampla, contendo os documentos da política de planejamento da autoridade local, indicando as prioridades demográficas, avaliação ambiental, impacto econômico, infraestruturas existentes e outros serviços que são necessários; 2. layout do desenvolvimento –

determinação de projetos e planejamentos de previsão de habitação, sistemas viários, transportes públicos, áreas verdes, adaptações climáticas, entre outros; 3. design dos detalhes - detalhamento do desenvolvimento, especificação de paisagismo, soluções de drenagem sustentável, instalações de transporte e o design mais detalhado do ambiente construído (BRE, 2012).

Figura 134 – etapas de avaliação do BREEAM Communities

Fonte: BRE (2012).

Em 1995, o *U.S. Green Building Council* (USGBC) lançou a versão final do sistema norte americano *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) e, em 2000, seu sistema de certificação, em que se avaliava a sustentabilidade do projeto, construção e manutenção de edifícios. O USGBC também participou do *World Green Building Council* (WGBC), que é uma união de conselhos nacionais com objetivo de impulsionar a transformação da indústria da construção verde. O LEED e o BREEAM são as certificações mais reconhecidas e utilizadas pelos países.

Em 2007, a GBC Brasil encarregou-se de adaptar a certificação LEED para a realidade brasileira, que apesar das críticas em relação à sua aplicabilidade ao país, possuiu uma grande aceitação do mercado.

Em 2009 o USGBC lançou o *LEED for Neighborhood Development Pilot Version*, o primeiro sistema de certificação de bairros verdes, em parceria com o CNU e o *Smart Growth* (U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 2009). A certificação afere projetos com escala de bairro em qualquer fase de planejamento ou execução, com até 75% já construído. A avaliação é desenvolvida por 63 pré-requisitos e créditos, em 5 temas, sendo: 1. Localização Inteligente e Conexões; 2. Desenho de Bairro; 3. Infraestrutura Verde e Edificações; 4. Inovação e Processo de Projeto; 5. Créditos Regionais.

Apesar de a certificação de bairros ainda não possuir adaptações para as diferentes regiões geográficas do mundo, nem sequer a disponibilidade em outros idiomas, esta contém requisitos importantes para a formulação de legislações municipais, referentes ao uso e ocupação de solo, mobilidade urbana e implantação de equipamentos urbanos, abordados, principalmente, no tema Desenho de Bairro (fig. 49).

Tabela 49 – Créditos e pré-requisitos do tema Desenho de Bairro do LEED para Desenvolvimento do Bairro

Créditos	Intensão	Requisitos
Vias para Pedestre	Promover a eficiência do transporte e caminhada em ambientes de rua seguros, atraentes e confortáveis, apoiando a saúde pública e incentivando a atividade física diária.	<p>Projetar e construir o projeto para todos os critérios:</p> <p>a. 90% das fachadas de edifícios novos voltadas para um espaço público - rua, praça, parque, passeio ou praça; mas não para um estacionamento - e estar conectada a calçadas, para caminhadas. O parque ou praça deve ter pelo menos 15m de largura em cada entrada</p> <p>b. Pelo menos 15% das fachadas das ruas existentes e com proporção, da relação H/W, de 1: 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vias não motorização devem ter proporção mínima, da relação H/W, de 1: 1. • Projetos com fachadas no alinhamento predial devem atender a relação H/W apenas na fachada da rua. • A fachada da rua é medida em metros lineares. • A altura do edifício é medida até os beirais ou no topo do telhado (para uma estrutura de telhado plano), e a largura da rua é medida de fachada a fachada. Para fachadas de edifícios com alturas múltiplas, use a altura média ponderada de todos os segmentos de fachada, com base na altura de cada segmento ponderada, pela participação do segmento na largura total do edifício. • As vielas e calçadas estão excluídas. <p>c. 90% das ruas ou fachadas (ambos os lados) devem fornecer calçadas contínuas, ou provisões equivalentes, com condições climáticas adequadas. As novas calçadas, sejam adjacentes às ruas ou não, devem ter pelo menos 2,5 m de largura nas quadras de uso comercial ou misto e, pelo menos, 1,25m de largura em todas as outras quadras.</p> <p>d. Não mais de 20% das fachadas dos lotes devem ser destinada para aberturas de garagem e de compartimento de serviço.</p>

Desenvolvimento compacto	Para conservar a terra; Promover a habitabilidade, caminhabilidade, e eficiência de transporte, incluindo a redução de “milhas viajadas”. (VMT – Vehicle Miles of Travel); Para alavancar e apoiar investimentos em trânsito; Reduzir os riscos para a saúde pública, incentivando a atividade física diária associada à caminhada e ciclismo.	Projetos com corredores de trânsito	Para projetos com serviço de trânsito existente ou planejado (SLLp1 da Localização inteligente), que atendem ou excedam o limite de 2 pontos no SLLc 3 (locais com redução da dependência do automóvel), construir com as seguintes densidades (com base nas distâncias de caminhada para o serviço de trânsito especificado em SLLc 3) a. Componentes residenciais localizados dentro das distâncias de caminhada: 12 ou mais moradias por acre de terreno construído, para uso residencial. b. Componentes residenciais fora das distâncias de caminhada: 7 unidades de habitação ou mais por acre de terreno construído, para uso residencial. c. Componentes não residenciais localizados dentro das distâncias de caminhada: Coeficiente construtivo de 0,80, ou mais, para usos não residenciais. d. Componentes não residenciais fora das distâncias de caminhada: Coeficiente construtivo de 0,50, ou mais, para usos não residenciais.
		Outros projetos	Construir qualquer componente residencial com 7 unidades residenciais/acre, para uso residencial. E construir qualquer componente não residencial, do projeto, com o coeficiente construtivo de 0,50, ou mais, para uso não residencial. Os cálculos de densidade incluem todos os edifícios planejados e existentes dentro do limite do projeto, excluindo as partes de estruturas exclusivas de estacionamento.
Diversidade de Usos em Centros de Bairros	Promover projetos que têm altos níveis de conectividade interna e estão bem conectados à comunidade; Incentivar o desenvolvimento dentro das comunidades existentes, que promovem a eficiência do transporte, através do transporte multimodal; Melhorar a saúde pública incentivando a atividade física diária.	Projetos com ruas internas	Projetar e construir com conectividade interna de pelo menos 140 interseções por milha quadrada. Todas as ruas e calçadas, que são contadas para o requisito de conectividade, devem estar disponíveis para uso público geral e não fechado. As áreas fechadas não são consideradas disponíveis para uso público, com exceção de áreas educacionais, de saúde e bases militares, onde as portas são usadas para fins de segurança. Projetar e construir o projeto com pelo menos um direito de passagem através da rua e/ou direito de passagem, não motorizado, que se cruzam ou terminam no limite do projeto, pelo menos a cada 240 metros, ou em intervalos e interseções de rua adjacentes existentes, o que for menor. Os direitos de passagem não motorizados podem contar com não mais de 20% do total. Isto não se aplica a porções do limite onde as conexões não podem ser feitas por causa de obstáculos físicos.
		Projetos sem ruas internas	Localizar o projeto com conectividade, das ruas existentes, contendo 90 interseções por milha quadrada, dentro de 1/4 milha dos limites do projeto. Todas as ruas e calçadas, que são contadas para o requisito de conectividade, devem estar disponíveis para uso público geral e não fechado. As áreas fechadas não são consideradas disponíveis para uso público, com exceção de áreas educacionais, de saúde e bases militares, onde as portas são usadas para fins de segurança.

Crédito 1: Vias para Pedestres	<p>Promover a eficiência do transporte, incluindo a redução de “milhas viajadas” (VTM); Promover a caminhada fornecendo ambientes de rua seguros, atraentes e confortáveis que apoiam a saúde pública, reduzindo as lesões dos pedestres e incentivando a atividade física diária.</p>	a Fachadas Entradas	<p>e a. Pelo menos 80% do comprimento total das fachadas dos edifícios, voltadas para a rua, não ultrapassando 7,5 metros de recuo.</p> <p>b. Pelo menos 50% do comprimento total das fachadas dos edifícios, voltadas para a rua, não ultrapassando 5,5 metros de recuo.</p> <p>c. Pelo menos 50% do comprimento total das fachadas dos edifícios, de uso misto e não residenciais, voltadas para a rua, não ultrapassando 0,3 metros de recuo (das calçadas).</p> <p>d. As entradas funcionais, para os edifícios não residenciais ou de uso misto, a uma distância média de 22,9 metros ou menos.</p> <p>e. As entradas funcionais, para os edifícios não residenciais ou de uso misto, a uma distância média de 9,1 metros ou menos (“d/e” são cumulativos).</p>
		Uso do Térreo e estacionamento	<p>f. Todos os usos de comércio e serviço possuir vidro transparente (vitruines) em, pelo menos, 60% de suas fachadas, com altura entre 0,9 e 2,4 metros.</p> <p>g. As fachadas, no alinhamento predial, não ultrapassar 40% de seu comprimento, ou 15,2 metros (o que for menor), cegos (sem portas ou janelas).</p> <p>h. Todas as janelas de comércio ou serviço no térreo devem ser mantidas visíveis à noite.</p> <p>i. Fornecer estacionamento, no mínimo, em 70% da rua, ambos os lados, de todas as ruas novas e existentes. A porcentagem de estacionamento na rua é calculada dividindo o comprimento da rua, designada para estacionar, pelo comprimento total de cada rua, incluindo cortes de calçada, calçadas e raios de interseção. O espaço dentro da pista de estacionamento que é ocupada por martelos urbanos - ampliação calçadas nas esquinas (medindo 7,3 metros) -, paradas de trânsito e estacionamento de motocicleta ou bicicleta pode ser contado como designado para estacionamento neste cálculo.</p> <p>j. Calçadas ou outros elementos, para caminhadas, disponíveis nos dois lados, de todas as ruas. As novas calçadas, sejam adjacentes às ruas ou não, devem ter pelo menos 3 metros de largura nas quadras de comércio ou de uso misto, e pelo menos 1,5 metros de largura nas demais quadras. Os outros elementos para caminhada, como as vias preferenciais de pedestres (woonerfs) e todos os passeios de superfície, com pelo menos 1,5 metros de largura.</p> <p>k. Se o projeto tiver unidades de habitação térrea, o piso principal de, pelo menos, 50% dessas unidades deve ser elevado, com no mínimo 0,60 metros da calçada. Os espaços subterrâneos e/ou edículas (ou complemento da edificação) estão isentos deste requisito.</p> <p>l. Em projetos não residenciais ou de uso misto, no mínimo 50% dos prédios de escritórios com lojas comerciais no térreo, ao longo de 60% do comprimento da fachada da rua; 100% dos edifícios de uso misto com lojas comerciais no</p>

	<p>térreo, espaços live/work e/ou unidades de habitação térrea, ao longo de pelo menos 60% da fachada de rua; E todas as empresas e/ou outros serviços comunitários, no piso térreo, acessíveis diretamente das calçadas para um espaço público, como uma rua, praça ou praça, mas não para um estacionamento.</p> <p>m. Pelo menos 40% da fachada de rua com relação H/W de 1: 3.</p> <p>Vias não motorizadas podem ser contados para a exigência de 40%, mas 100% desses espaços devem ter uma proporção mínima H/W de 1: 1.</p> <p>Projetos com fachadas no alinhamento predial devem atender a relação H/W apenas na fachada da rua.</p> <p>A fachada da rua é medida em metros lineares.</p> <p>A altura do edifício é medida até os beirais ou no topo do telhado (para uma estrutura de telhado plano), e a largura da rua é medida de fachada a fachada. Para fachadas de edifícios com alturas múltiplas, use a altura média ponderada de todos os segmentos de fachada, com base na altura de cada segmento ponderada, pela participação do segmento na largura total do edifício.</p> <p>As vielas e calçadas estão excluídas.</p> <p>Velocidade segura para travessia de pedestres e bicicletas</p> <p>n. 75% das novas ruas residenciais projetadas com velocidade máxima de 30km/h.</p> <p>o. 70% das novas ruas não-residenciais e/ou de uso misto projetadas com velocidade máxima de 30km/h. Grandes avenidas, com faixas de tráfego separadas das faixas de acesso, pode aplicar este requisito apenas às vias de acesso externas, desde que sejam instaladas travessias de pedestres a intervalos não superiores a 245 metros.</p> <p>Interferência nas calçadas</p> <p>p. Travessias no nível das calçadas com até 10% do comprimento das calçadas</p>
<p>Crédito</p> <p>Desenvolvimento compacto</p> <p>2:</p>	<p>Incentivar o desenvolvimento nas áreas existentes para conservar a terra e proteger as terras agrícolas e o habitat ; Promover a habitabilidade, caminhabilidade, e eficiência de transporte, incluindo a redução de “milhas viajadas” (VMT). Melhorar a saúde pública incentivando a atividade física diária associada com modos alternativos de transporte e desenvolvimento compacto.</p> <p>Projetar e construir o projeto de forma que os componentes residenciais e não residenciais atinjam as densidades por acre de terrenos edificáveis (excluindo os elementos de estacionamento).</p> <p>A pontuação de um projeto de uso misto é calculada com uma média ponderada, de acordo com as etapas a seguir.</p> <p>Determine a metragem quadrada total de todos os usos residenciais e não residenciais.</p> <p>Calcular a porcentagem residencial e percentual não residencial da metragem quadrada total.</p> <p>Determine a densidade de cada componente conforme medido em unidades de habitação por acre e razão de piso/área, respectivamente.</p> <p>Encontre os pontos apropriados para as densidades dos componentes residenciais e não residenciais.</p> <p>Se os pontos forem diferentes, multiplique o valor pontual do componente residencial por sua porcentagem da metragem quadrada total e multiplique o valor pontual do componente não residencial por sua porcentagem.</p> <p>Adicione as duas pontuações.</p>

Crédito Diversidade de Usos em Centros de Bairros	3: Agrupar diversos usos do solo nos bairros e centros regionais, incentivando a caminhada e ciclismo e o uso correto do trânsito, com a redução de “milhas viajadas” (VMT – Vehicle Miles of Travel) e dependência de automóveis, apoiando a vida sem carro (car-free living).	Para todos os projetos	<p>Bairros planejados de modo que 50% de suas unidades habitacionais estejam dentro de uma distância de 400 metros do número de usos diversos (farmácia, escola, parque, teatro, banco - tabela 1 do apêndice), incluindo pelo menos um uso de cada uma das quatro categorias. Para projetos sem unidades habitacionais, 50% das unidades de habitacionais do entorno, em um raio de 400 metros, devem estar dentro de uma distância de 400 metros do número de usos diversos. Os estabelecimentos podem estar dentro ou fora do projeto e podem ser usos diversos existentes ou planejados.</p> <p>No centro dos bairros aplicam-se as seguintes restrições:</p> <ol style="list-style-type: none"> Um único estabelecimento não pode ser contado em duas categorias (por exemplo, um lugar de culto pode ser contado apenas uma vez, mesmo se ele também contém uma creche). Os estabelecimentos de edifício misto podem contar mais de uma vez, se forem empresas operadas de forma distinta, com entradas exteriores separadas, mas até 50% do número mínimo de usos podem ser situados num único edifício. Podem ser contados apenas dois estabelecimentos de um único tipo (por exemplo, se cinco restaurantes estão dentro da distância requerida, apenas dois podem ser contados). <p>Nos centros de bairros, as entradas principais, dos estabelecimentos, devem estar dentro de uma distância de 91,5 metros a partir de um único ponto comum que representa o centro (1 ou 2 pontos) ou dentro de uma distância de 121,9 metros (3 ou 4 pontos).</p> <p>Os projetos com múltiplos centros devem determinar pontos ganhos com base no número de usos nos centros ponderados pela porcentagem de unidades de moradia total dentro de uma distância de 402,34 metros do ponto comum de cada centro.</p>
		Para projetos com mais de 16,2 hectares

				<p>Para projetos de serviços regionais com mais de 1,4 hectares</p> <p>Projetos com usos comercial que totalizem mais de 1,4 hectares ou mais, se tiverem pelo menos um estabelecimento comercial totalizando 0,7 hectares ou mais, também devem ganhar o mínimo de 1 ponto em SLL Crédito 3, Dependência de Automóvel Reduzida, Opção 1, (Serviço de trânsito planejado pode ser contado), e para cada 50.000 metros quadrados adicionais de varejo acima de 150.000 metros quadrados, deve ganhar 1 ponto adicional em SLL Crédito 3.</p> <p>Se o serviço de trânsito estiver planejado mas ainda não estiver operacional, o projeto deve demonstrar (todos com início de pelo menos 50% do projeto):</p> <p>a. A agência de trânsito pertinente tem um contrato de subsídio de financiamento completo assinado com a Administração Federal de Trânsito, que inclui uma data de início do serviço de trânsito.</p> <p>b. Para agências de ônibus, bondes, trens ou balsas, a agência de trânsito deve certificar que possui um orçamento aprovado que inclui recursos suficientes para fornecer o serviço planejado, nos níveis listados acima.</p> <p>c. Para o serviço ferroviário, que não seja de elétrico, a agência de trânsito deve certificar que a engenharia preliminar de uma linha de caminho-de-ferro começou. Além disso, o serviço deve atender a uma destas duas exigências:</p> <p>Legislação autorizando a agência de trânsito para investir fundos para estabelecer serviço de trânsito ferroviário</p> <p>Ou o município fazendo financiamento ou reembolso de receitas fiscais futuras para o desenvolvimento de estações, plataformas ou outra infraestrutura de trânsito ferroviário, que irá prestar serviços de manutenção ao projeto .</p>
Crédito Comunidade renda Diversificada	4:	Promover comunidades socialmente equitativas e envolventes, permitindo que os moradores de uma diversidade de níveis econômicos, tipologias e faixas etárias vivam em uma mesma comunidade.	Opção 1: Diversidade de tipologias habitacionais	Incluir uma diversidade de tamanhos e tipologias habitacionais, garantindo que a variedade total de habitações existentes atinja um índice de diversidade de Simpson Diversity Index maior do que 0,5. Projetos menores que 50,6 hectares podem calcular o Simpson para a área dentro de 402,34 metros do centro geográfico do projeto. O Simpson Diversity Index calcula a probabilidade de que quaisquer duas unidades de moradia selecionadas, aleatoriamente, sejam de um tipo diferente.
			Opção 2: Habitação com preços acessíveis	Incluir uma proporção de novas unidades habitacionais de locação e/ou de venda à preços acessíveis, para famílias abaixo da renda média. As unidades de aluguel devem ser mantidas à preços acessíveis por um período mínimo de 15 anos. As unidades habitacionais existentes estão isentas de cálculos de exigências.
			Opção 3: Comunidade com renda mista	Um projeto pode ganhar 1 ponto adicional ao ganhar pelo menos 2 pontos na Opção 1 e pelo menos 2 pontos na Opção 2

Crédito Reduzida para estacionamento	5: Área Projetar estacionamento a aumentar a orientação pedonal e minimizando os efeitos ambientais adversos, das instalações de estacionamento. Reduzir os riscos para a saúde pública, incentivando a atividade física diária associada à caminhada e ciclismo.	<p>Para novos edifícios não residenciais e residenciais multifamiliares, não construir novos estacionamentos privativos do térreo ou localizar nas laterais ou nos fundos dos edifícios, deixando as fachadas de construção voltadas para as ruas livres de estacionamento de superfície.</p> <p>Não usar mais de 20%, do total de área, para as instalações de estacionamento privativos no térreo, não ultrapassando 8094 metros quadrados.</p> <p>Fornecer estacionamento e capacidade de armazenamento para bicicletas da seguinte forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edifícios multifamiliares: Fornecer pelo menos um bicicletário fechado, por ocupante, para 30% da ocupação planejada, mas não menos de um por unidade. Fornecer bicicletários com pelo menos um espaço de bicicleta por dez unidades habitacionais, mas não menos que quatro espaços por local do projeto. • Comércio: Fornecer pelo menos um bicicletário fechado por trabalhador, para 10% da ocupação planejada. Fornecer bicicletário para visitantes ou clientes, com pelo menos um espaço de bicicleta por 464,52 metros de área, mas não menos de um espaço de bicicleta por estabelecimento ou quatro ancoradouros de bicicleta por local do projeto, o que for maior. Fornecer pelo menos um chuveiro em estabelecimentos com 100 ou mais trabalhadores e pelo menos um chuveiro adicional, com vestiário, para cada 150 trabalhadores. • Outros usos. Fornecer pelo menos um bicicletário fechado por ocupante, para 10% da ocupação planejada. Fornecer bicicletário para visitantes ou clientes, com pelo menos um espaço de bicicleta por 929,03 metros de área, mas não menos de quatro bicicletário por prédio. Fornecer pelo menos um chuveiro em estabelecimentos com 100 ou mais trabalhadores e pelo menos um chuveiro adicional, com vestiário, para cada 150 trabalhadores. <p>Os bicicletários fechados devem ser bloqueados e facilmente acessíveis aos residentes e/ou trabalhadores. Fornecer sinalização informativa sobre o uso das instalações de armazenamento.</p> <p>Os bicicletários dos visitantes e clientes devem ser claramente visíveis a partir de uma entrada principal, localizada a 30,48 metros da porta, servida com iluminação noturna e protegida contra danos de veículos próximos. Se o prédio tiver várias entradas principais, os bicicletários devem ser proporcionalmente dispersos dentro de 30,48 metros.</p> <p>Fornecer espaços de estacionamento para caronas e/ou espaços de uso compartilhado equivalentes a 10% das vagas para cada edifício não residencial e de uso. A sinalização indicando tais lugares de estacionamento deve ser fornecida, e os lugares de estacionamento devem estar dentro de 60,96 metros das entradas.</p>
Crédito 6: Rede de Vias	Promover projetos com altos níveis de conectividade e conectados à comunidade em geral. Incentivar o desenvolvimento dentro das comunidades existentes e promovendo o transporte multimodal. Melhorar a saúde pública incentivando a atividade física diária e reduzindo os efeitos negativos das	<p>Projetos com interseções, entre a via e a calçada, a pelo menos 121,92 metros ou em intervalos e interseções entre as ruas adjacentes, o que for menor. Incluir pedestre ou bicicleta em pelo menos 90% das conexões. Isto não se aplica a porções do limite onde as conexões não podem ser feitas por causa de obstáculos físicos.</p> <p>Projetos com conectividade interna e/ou conectividade dentro de uma distância de 402,34. Todas as ruas e calçadas que são contadas para o requisito de conectividade devem estar disponíveis para uso público geral e não fechado. As áreas fechadas não são consideradas disponíveis para uso público, com exceção de campi de educação e de saúde e bases militares, onde portões são usados para fins de segurança.</p>

	emissões dos veículos a motor.		
Crédito 7: Meios de Transporte	Incentivar o uso do de transporte público, oferecendo ponto de ônibus, bicicletários e demais estruturas, e instalações de trânsito, seguras, convenientes e confortáveis.	<p>Trabalhar com a agência de trânsito para identificar pontos de ônibus dentro e/ou na fronteira com o limite do projeto, os pontos existentes e qualquer propostas melhorias, incluindo inserção de bicicletários. Essas instalações devem ser instaladas antes ou até 50% da conclusão do projeto. Os pontos devem ser cobertos e, pelo menos, parcialmente fechado para proteger do vento e da chuva, e ter assentos e iluminação. Todos os bicicletários devem ter um sistema de suporte de dois pontos para travar o quadro e as rodas e ser firmemente afixado ao chão ou em um edifício.</p> <p>Trabalhar com a agência de trânsito para identificar locais dentro, e na fronteira, onde as paradas de trânsito serão garantidas dentro de dois anos de conclusão do projeto, seja por causa do aumento do número de usuários, ou um futuro trânsito planejado.</p> <p>Trabalhar com a agência de trânsito para fornecer quiosques, quadros de avisos e/ou sinais que exibem horários de trânsito e informações de rota em cada parada de trânsito público dentro e ao lado do projeto.</p>	
Crédito 8: Gestão da demanda de transporte	Reduzir o consumo de energia, a poluição causada pelos veículos a motor e os efeitos adversos para a saúde pública, incentivando o uso de transporte público.	<p>Opção 1: Programa GDT</p> <p>Criar um programa abrangente de gerenciamento de demanda de transporte (GDT) que reduza as viagens de veículos, nos horários de pico, em pelo menos 20% e financie o programa por um período mínimo de três anos após a construção do projeto.</p> <p>Opção 2: Passe de Trânsito</p> <p>Fornecer passes de trânsito válidos com metade do preço normal, ou mais barato, para os moradores, durante os três primeiros anos ou mais. Divulgar a disponibilidade de passes de trânsito subsidiados.</p> <p>Opção 3: Trânsito patrocinado pelo desenvolvedor</p> <p>Fornecer serviço de transporte privado (com vans e ônibus) de pelo menos um ponto central do projeto para outras instalações de trânsito importantes e/ou outros destinos, como pelo menos 45 viagens diárias de dia e 30 viagens diárias de fim de semana. O serviço deve começar quando a área ocupada for de 20% do total do projeto e deve ser garantida por pelo menos três anos além da construção do projeto.</p> <p>Fornecer pontos de parada de trânsito e bicicletários adequados para atender a demanda projetada, mas não menos do que abrigo e um bicicletário em cada parada de trânsito. Os pontos devem ser cobertos, ser pelo menos parcialmente fechado para proteger o vento e chuva, e ter assentos e iluminação. Os bicicletários devem ter um sistema de suporte de dois pontos para travar o quadro e as rodas e ser firmemente afixado ao chão ou em um edifício.</p> <p>Opção 4: Veículos compartilhados</p> <p>Localizar o projeto com 50% das unidades de habitação, e entradas de edifícios não residenciais, em uma distância de 402,34 metros de, pelo menos, um veículo no programa de compartilhamento. Para cada veículo, dedicar um espaço de estacionamento acessível para a partilha de membros. Através de sinalização e outros meios, divulgar a disponibilidade e os benefícios do programa de compartilhamento de veículos. Se o projeto tiver mais de 100 unidades habitacionais e/ou empregados, e tiver um serviço de trânsito mínimo de 60 viagens diárias e 40 viagens diárias de fim de semana, deve haver pelo menos um veículo adicional e estacionamento para cada 100 unidades de moradia e/ou funcionários. Se o projeto tiver mais de 100</p>

		<p>unidades habitacionais e/ou empregados, mas não tiver serviço de, deve haver pelo menos um veículo adicional e espaço de estacionamento para cada 200 unidades de habitação e/ou funcionários. Quando novos locais de veículos são criados, um programa de compartilhamento de veículos deve começar, estando o projeto concluído em 20%; Comprometer-se a fornecer veículos para os locais por pelo menos dois anos.</p>
	Opção 5: Desvincular o estacionamento do edifício	Para 90% das unidades residenciais multifamiliares e/ou não residenciais, os espaços de estacionamento devem ser vendidos ou alugados separadamente das unidades de habitação e/ou metragem quadrada não residencial.
Crédito 9: Acesso a espaços públicos	Melhorar a saúde física e mental e capital social, proporcionando uma variedade de espaços abertos perto do trabalho e da habitação, melhorando a rede social, envolvimento cívico, atividade física e o tempo gasto ao ar livre.	Bairros planejados de modo que 50% de suas unidades habitacionais estejam dentro de uma distância de 400 metros do número de usos diversos (farmácia, escola, parque, teatro, banco - tabela 1 do apêndice), incluindo pelo menos um uso de cada uma das quatro
Crédito 10: Acesso a Áreas de Lazer	Melhorar a saúde física e mental e capital social, proporcionando uma variedade de instalações recreativas perto do trabalho e da habitação, aumentando as atividade física e redes sociais.	Projetos com lazer ao ar livre, acessível ao público em pelo menos 4 mil metros quadrados da área, ou lazer público coberto, acessível de pelo menos 2 mil metros quadrados, com uma distância 804,67 metros de 90% das unidades habitacionais e entradas de edifícios não residenciais.
Crédito 11: Acessibilidade universal	Permitir que uma maior diversidade de pessoas, independentemente da idade ou profissão, participe mais facilmente da vida comunitária, aumentando a proporção de áreas utilizáveis por pessoas de diversas áreas.	<p>Opção 1: Projetos com unidades habitacionais</p> <p>a. Edifícios de habitação única: Projetar no mínimo 20% das unidades habitacionais (e não menos de uma) de acordo com ICC/ANSI A117.1, Tipo C, Unidade Visível, cada uma das quais tem um plano de espaço aberto para funções primárias (uma área para cozinhar, comer e reunião social), bem como uma área de dormir e uma casa de banho completa.</p> <p>b. Edifício multifamiliar com duas ou três habitações: Projetar no mínimo de 20% das unidades habitacionais (e não menos de uma) de acordo com ICC / ANSI A117.1, Tipo C, Unidade Visível, cada uma com uma cozinha, sala de jantar, sala de estar, casa de banho completa e quarto no nível acessível. Se o projeto tiver edifícios habitacionais destacados, os requisitos se aplicam a cada tipo separadamente.</p> <p>c. Edifícios multifamiliares com quatro ou mais unidades habitacionais: Esta categoria inclui edifícios de uso misto com unidades habitacionais. Conceber no mínimo de 20% das unidades habitacionais (e não menos de uma) para incorporar os requisitos de desenho universal, ou</p>

cumprir com a Opção 2. Escolha pelo menos uma das seguintes três estratégias de desenho universal:

Em toda a casa, inclua pelo menos cinco dos seguintes recursos para facilitar a função universal, o acesso e a capacidade do usuário: Maçanetas de fácil manuseamento; Puxadores de gaveta e armários de fácil manuseio; Fechaduras de portas e janelas de fácil manuseio; Torneiras com sistema simples e de fácil manuseamento; Interruptor de fácil manuseamento; Iluminação com detector de movimento na entrada, nos corredores, escadarias, nos armários, em garagens, espaços utilitários e porões; números da habitação com impressão grande e de alto contraste; Prateleira, banco ou mesa embutida, com espaço para os joelhos abaixo; Porta de entrada com proteção contra intempéries, como varanda ou cobertura; Largura mínima de abertura de porta 80 centímetros; Piso tátil, com diferença de contraste de cor; Superfícies de piso interiores que proporcionem passagem fácil para uma cadeira de rodas ou andador, com contraste de cor entre superfícies de pavimento e guarnição. Nenhum tapete é permitido em uma cozinha, banheiro, ou outras áreas molhadas da unidade de habitação.

No piso principal da casa fornecer uma cozinha com piso de superfície dura, encaçamento com controle único, um raio de giro de 1,50 metros e, pelo menos, quatro seguintes recursos para facilitar a função universal, o acesso e a capacidade do usuário: Superfícies de trabalho de altura adaptada (71 a 107 centímetros), como bancadas, pias e fogões; Espaço livre do joelho sob a pia e o cooktops (esta exigência pode ser encontrada instalando armários removíveis da base ou dobrar-para trás ou auto armazenar portas), faixas com controles dianteiros ou laterais-montados, e fornos de parede com altura para acomodar um adulto sentado; armários inferiores com uma altura mínima (do piso) de 23 centímetros e gavetas e prateleiras de extensão completa em pelo menos metade dos armários; Tratamento de cores contrastantes entre bancadas, bordas frontais e piso; Prateleiras de altura adaptada em armários de parede; Iluminar áreas de trabalho sem muita reflexividade.

No piso principal do edifício incluir todos os itens: Em pelo menos um quarto acessível - acomodar uma cama de solteiro com um raio de giro de 1,52 metros ao redor da cama, armário de roupas com uma abertura de 80 centímetros com barras de altura ajustável e prateleiras; Em pelo menos um banheiro, no mesmo andar do quarto - espaço de manobra adequado com um espaço livre de 76 por 122 centímetros, Raio de giro de 46 centímetros do centro para qualquer parede lateral, armário ou banheira, deixando 90 centímetros de espaço livre na frente, Reforço nas paredes em torno do vaso, da cuba e chuveiro para a instalação de barras de apoio, Espaço para joelho, debaixo do lavatório, espelho longo localizado a 90 cm e chão e altura mínima de 90 centímetros.

Crédito Alcance Envolvimento Comunidade	12:	Incentivar o envolvimento das pessoas, que vivem ou trabalham na comunidade, na concepção e planejamento do projeto, avaliando as opiniões locais de melhorias ao longo do tempo.	Opção 2:	Projetos não residenciais ou residenciais que não estejam dentro do escopo da Opção 1	Projetos com direções de acesso público, ou outras rotas de acesso público, que não estejam em conformidade com a Lei de Acessibilidade, construir ou revitalizar 100% das passagem e/ou rotas de viagem de acordo com as normas de desenho universal.
			Opção 1:	Extensão da comunidade	Identificar os proprietários locais e adjacentes, moradores, empresários e trabalhadores; e quaisquer residentes atuais ou trabalhadores locais, para solicitar e documentar sua entrada no bairro antes de começar o projeto. Trabalhar diretamente com as associações comunitárias e/ou governo local para divulgação das reuniões abertas à comunidade e audiências públicas. Organizar uma reunião aberta da comunidade, que não seja uma audiência pública, para solicitar e documentar a opinião pública sobre o projeto proposto desde o início. Modifique o projeto conceitual, a partir das necessidades da comunidade ou, se não forem feitas modificações, explicar por que a entrada da comunidade não gerou modificações no projeto. Estabelecer meios contínuos de comunicação entre o empreendedor e a comunidade ao longo das fases de projeto e construção e, nos casos em que o empreendedor mantenha qualquer controle durante a fase de pós-construção.
			Opção 2:	Workshop	Cumprir a Opção 1 e conduzir um workshop interativo, de pelo menos dois dias, e aberto ao público que inclua, no mínimo, a participação de um grupo representativo de proprietários imobiliários, moradores, empresários e trabalhadores, na preparação de Planos de projetos conceituais e desenhos
			Opção 3:	Aprovação Local	Cumprir a Opção 1 e ter aprovação de um programa não governamental local ou regional em curso que sistematicamente revise e aprove os projetos de desenvolvimento de crescimento inteligente.
Crédito Produção local de alimentos	13:	Promover a produção comunitária de alimentos, aumentar o acesso a produtos frescos, apoiar a preservação de pequenas explorações que produzem uma grande variedade de culturas, reduzir os efeitos ambientais negativos da agricultura	Opção 1:	Fazendas e Jardins de Vizinhança	Dedicar espaço de cultivo permanente e viável e/ou instalações relacionadas com áreas específicas. Fornecer acesso solar, esgrima, sistemas de rega, reforços cama jardim, espaço de armazenamento seguro para ferramentas e acesso pedonal. Os espaços devem ser de propriedade, e gerenciados, de uma entidade que inclua os ocupantes do projeto em sua tomada de decisão, como um grupo comunitário, uma associação de proprietários de imóveis ou um órgão público.
			Opção 2:	Agricultura apoiada pela comunidade	Inserir programa de agricultura apoiada pela comunidade, localizado a menos de 257,5 quilômetros do local, para pelo menos 80% das unidades habitacionais (excluindo unidades de moradia existentes) por dois anos. Começando com a ocupação de cada moradia até a 80% atingido.

		industrializada em grande escala e apoiar o desenvolvimento econômico local, produção de terras agrícolas e jardins comunitários.	Opção 3: Proximidade ao mercado dos fazendeiros	Localizar o centro geográfico do projeto dentro de uma distância de um quilômetro do um mercado de fazendeiros existente ou planejado. Que está aberto ou vai operar pelo menos uma vez por semana, pelo menos, cinco meses por ano. Vendedores do mercado dos fazendeiros podem vender somente os artigos crescidos dentro de 241,4 km do local do projeto. Um mercado de agricultores planejado deve ter compromissos firmes de agricultores e vendedores de que o mercado irá satisfazer todas as exigências acima e estar em pleno funcionamento até o momento da ocupação de 50% da área total do projeto.
Crédito 14: Ruas arborizadas		Incentivar o pedestrianismo, ciclismo e desencorajar velocidades de automobilismo excessivas. Reduzir os efeitos das ilhas de calor urbano, melhorar a qualidade do ar, aumentar a evapotranspiração e reduzir as cargas de arrefecimento nos edifícios.	Opção 1: Ruas Arborizadas	Projetar e construir o projeto para fornecer árvores de rua, em ambos os lados, de pelo menos 60% das ruas novas e existentes e no lado limítrofes, entre o caminho do veículo e passarela, com intervalos de média não mais de 12,19 metros.
			Opção 2: Ruas Sombreadas	Árvores ou outras estruturas fornecendo sombra sobre pelo menos 40% do comprimento das calçadas nas ruas. As árvores devem fornecer sombra dentro de dez anos de instalação da paisagem. Use o diâmetro estimado da coroa (a largura da sombra se o sol estiver diretamente acima da árvore) para calcular a área sombreada.
			Opção 3: Para todos os projetos que envolvem plantações de árvores de rua	Obter a determinação de um arquiteto paisagista registrado de que os detalhes de plantio são apropriados para o cultivo de árvores saudáveis, levando em consideração as espécies de árvores, o meio de raiz e a largura e o volume do solo das tiras ou poços de plantação e que as espécies arbóreas selecionadas não são consideradas invasivas.
Crédito Escolas vizinhança	15: na	Promover a interação e a participação da comunidade, integrando as escolas na vizinhança. Para apoiar a saúde dos alunos, incentivando o pedestrianismo e ciclismo para a escola.	<p>Construir área residencial de pelo menos 30% da área total e localizar, pelo menos, 50% das unidades habitacionais a uma distância de um quilômetro Ou entrada nova do edifício da escola elementar ou do meio ou dentro de uma distância de 800 metros de uma escola. Para qualquer nova escola, o distrito escolar ou organização equivalente deve comprometer-se em um mandado legalmente obrigatório que a escola estará aberta no momento da ocupação de 50% das unidades de habitação do projeto.</p> <p>As ruas que levam das unidades de habitação ao local da escola devem ter uma rede completa de calçadas em ambos os lados e pista de bicicleta ou controle de tráfego e/ou medidas de acalmia. Se a escola for planejada, como parte do projeto, ela deve ser projetada de tal forma que pedestres e ciclistas possam facilmente chegar às entradas dos edifícios sem cruzar as zonas de ônibus, entradas de estacionamento e áreas de abandono dos alunos.</p> <p>Os novos campus escolares não devem exceder o seguinte:</p> <p>Escolas de ensino médio (2º): 60 mil m².</p> <p>Escolas de ensino Fundamental (1º): 40 mil m².</p> <p>Escolas primárias (pré-escola): 20 mil m².</p> <p>Escolas combinando níveis de grau de mais de uma categoria pode usar o nível de grau com a maior área de superfície permitida.</p> <p>As instalações do local escolar para o qual existe um acordo formal de utilização conjunta com outra entidade, tais como instalações desportivas, parques infantis e espaços polivalentes em edifícios, podem ser deduzidas da área total da escola.</p>	

Fonte: USGBC (2009), versão com interpretação da autora.

Em 2014, a USGBC lançou a última versão de sua certificação, o LEED v4. O sistema possui cinco tipos de certificações, sendo: 1. *Buildin Desing and Construction BD+C* (Novas Construções), dividido em 10 tipologias - *New Construction and Major Renovation*, *Core and Shell Development*, *Schools*, *I*, *Data Centers*, *Warehouses and Distribution Centers*, *Hospitality*, *Healthcare*, *Homes and Multifamily Lowrise* e *Multifamily Midrise*; 2. *Interior Design and Construction ID+C* (design de Interiores), dividido em 3 tipologias - *Commercial Interiors*, *Retail* e *Hospitality*; 3. *Building Operations and Maintenance O+M* (Edifícios existentes), dividido em 6 tipologias - *Existing Buildings*, *Retail*, *Schools*, *Hospitality*, *Data Centers* e *Warehouses & Distribution Center*; 4. *Neighborhood Development ND* (Bairros), dividido em 2 tipologias – *Plan* e *Bullt Project*, e; 5. *Homes* (Casas), dividido em 2 tipologias – *Homes and Multifamily Lowrise* e *Multifamily Midrise*.

A certificação analisa os projetos em 8 dimensões (fig. 135), por meio de pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos (recomendações), garantindo pontuações por temas de análise. A certificação é dada, conforme a quantidade de pontos obtidos, entre 40 a 110 pontos. A avaliação possui quatro níveis de classificação, sendo eles: Certificado, Silver, Gold e Platinum.

Em 2002, foi elaborado o processo de gestão francês *Haute Qualité Environnementale* (HQE), visando a qualidade ambiental de um empreendimento ou reabilitação. A adaptação ao Brasil foi realizada pela Fundação Vanzolini, em 2008, com o processo *Alta Qualidade Ambiental* (AQUA) e, em 2014, pelo Processo AQUA-HQE (GONÇALVES; BODE, 2015). Em 2009, foi elaborada uma certificação para áreas urbanas - Processo AQUA Bairros e loteamentos, baseado nas normas ISO 900, ISO 14001 e na Abordagem Ambiental do Urbanismo (AAU), desenvolvida pela ADEME (Agência do Meio Ambiente e de Controle da Energia).

Figura 135 – Diagrama dos quatro eixos do modelo da cidade sustentável

Fonte: GBC Brasil (2017).

A certificação avalia edifícios em construção, com os processos de Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e a Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), e edifícios em operação, Sistema Geral de Gestão (SGG), Gestão Ambiental do Empreendimento (GAE) e Qualidade Ambiental do Edifício (QAE). Nos bairros e loteamentos, o processo é composto por dois elementos: 1. Sistema de Gestão do Empreendimento (SGB), prevendo a organização da coordenação do projeto, a participação e a avaliação ao longo de todo o seu desenvolvimento; 2. Qualidade Ambiental do Bairro/loteamento (QAB), analisando o sítio e definindo os objetivos do projeto de bairro.

O processo de QAE estrutura-se em 4 temas, com 14 categorias (conjuntos de exigências), sendo eles: 1. Energia – energia; 2. Meio Ambiente - edifício e seu entorno, produtos, sistemas e processos construtivos, canteiro de obras, água, resíduos e conservação/manutenção; 3. Saúde - qualidade dos espaços, qualidade do ar e qualidade da água; 4. Conforto - conforto higrotérmico, conforto acústico, conforto visual e conforto olfativo (FCAV, 2011).

A certificação para áreas urbanas aborda três objetivos com 17 temas relativos ao bairro sustentável, avaliando a relação do sítio com o resto do território, bem como as características intrínsecas do empreendimento, sendo eles: 1. *Assegurar a integração e a coerência do bairro com o tecido urbano e as outras escalas do território* - 1.1 Território e contexto local; 1.2 Densidade; 1.3 Mobilidade e

acessibilidade; 1.4 Patrimônio, paisagem e identidade; 1.5 Adaptabilidade e potencial evolutivo; 2. *Preservar os recursos naturais e promover a qualidade ambiental e sanitária do bairro* – 2.1. Água; 2.2. Energia; e clima; 2.3 Materiais e equipamentos urbanos; 2.4 Resíduos; 2.5 Ecossistemas e biodiversidade; 2.6 Riscos naturais e tecnológicos; 2.7 Saúde; 3. *Estimular a integração na vida social e fortalecer as dinâmicas econômicas* – 3.1 Economia do projeto; 3.2 Funções e pluralidade; 3.3 Ambientes e espaços públicos; 3.4 Inserção e formação; 3.5 Atratividade, dinâmicas econômicas e estruturas de formação locais (FCAV, 2011).

A avaliação da certificação é feita a partir de níveis de exigência - Bom, Superior ou Excelente. Para a obtenção de certificação, deve-se obter, no mínimo, 4 temas com nível Excelente e, no máximo, 8 temas com o nível Bom. Os temas são desenvolvidos por intermédio de indicadores (conforme exemplifica a fig. 136, com o tema ambientes e espaços públicos).

Figura 136 – Indicadores do tema Ambientes e Espaços Públicos

15.2 Criar um conforto ambiental satisfatório			
Indicadores	DESEMPENHO		
	BOM	SUPERIOR	EXCELENTE
• Insolação	A partir da análise do local do empreendimento e do projeto, identificação: <ul style="list-style-type: none"> - do potencial de insolação do terreno, - dos impactos do ambiente construído, - dos eventuais sombreamentos naturais ou artificiais presentes sobre o local do empreendimento, - das necessidades de proteção solar ou de criação de zonas sombreadas. Disposições arquitetônicas, paisagísticas e de planos de massa justificadas e satisfatórias para otimizar o aporte solar sobre o terreno.		
• Limitar os incômodos causados pelo vento	A partir da análise do local do empreendimento e do projeto, identificação dos efeitos indesejáveis do vento. Disposições arquitetônicas e de planos de massa justificadas e satisfatórias para proteger as zonas sensíveis dos ventos.		

Fonte: FCAV (2011).

Os indicadores da certificação AQUA Bairros e loteamentos e BREEAM Communities não possuem grandes níveis de especificações técnicas, para dimensionamento de equipamentos e definições de legislações específicas, (como de uso e ocupação do solo), como os indicadores *LEED for Neighborhood Development Pilot Version*. Porém, as certificações apresentam parâmetros

norteadores de tomada de decisão, processo, organização, monitoramento e comunicação dos diversos atores envolvidos (a exemplo dos gestores públicos e a comunidade local), colaborando para a formulação e planejamento de planos diretores e políticas públicas locais.

Grande parte das certificações urbanas ainda não possuem adaptação para a realidade brasileira e, mesmo as que possuem, necessitam de ajustamento de alguns indicadores, para que possibilite a aplicabilidade e a correta avaliação das realidades de cada região, tais como a cultura local, raio de influência, características específicas da cidade e, principalmente, indicadores relacionados ao meio ambiente.

4.1.4 Índices de Conforto Térmico

A sensação térmica advém da combinação de diversos fatores climáticos, tais como temperatura do ar, velocidade dos ventos, umidade, e de fatores não climáticos, tais como vestimenta, metabolismo e, até mesmo, o estado de humor. Nesse sentido, diversos autores (FANGER, 1970; GAGGE et al., 1967; ISB, 2004; BRÖDE et al, 2009) aplicam índices para tentar expressar essa integração dos fatores térmicos ambientais e do equilíbrio térmico do corpo humano, como o Voto Médio Estimado (*Predicted Mean Vote* – PMV/PPD), a nova Temperatura Efetiva Padrão (*Standard Effective Temperature* - SET*), o Índice Termo Climático Universal (*Universal Thermal Climate Index* - UTCI) e a Temperatura Fisiológica Equivalente (*Physiological Equivalent Temperature* – PET).

Para Fanger (1970), a sensação de conforto térmico está sujeita às condicionantes do ambiente, dos atributos do indumento e das características fisiológicas próprias de cada pessoa. Com isso, instituiu um índice de conforto térmico considerando as variáveis ambientais, atividade física e a vestimenta da pessoa. Esse método foi adaptado na Norma ISO 7730, em 1984 – *Moderate thermal environment – determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort* (com atualizações em 1994), e tem por base a determinação do índice PMV (*Predicted Mean Vote*). O PMV prevê o valor médio das taxas de desconforto fornecidas por pessoas, em condição de atividade e vestimenta (LAMBERTS, 1997). O outro índice proposto na norma ISO 7730 é o PPD

(*Predicted Percentage of Dissatisfied*), que quantifica a percentagem prevista de pessoas insatisfeitas com um dado ambiente térmico.

A relação entre o PMV e PPD possui a escala de $PMV = 0$, sendo a situação mais próxima de conforto, $PMV > 0$ até 3, para calor, e $PMV < 0$ até -3, para frio. Segundo a ISO 7730, um ambiente é considerado termicamente aceitável quando $PPD < 10\%$, ou seja, $-0,5 < PMV < +0,5$.

Figura 137 - PMV e PPD

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997).

O cálculo de PMV e de PPD pode gerar erros nos resultados da avaliação térmica. Segundo estudos de Voltani e Labaki (2009), por meio de medições em campo e aplicação de variáveis pessoais (questionários sobre a sensação e preferência térmica), em uma determinada população em ambientes reais, foram obtidas as diferenças de 8% (interpretação das atividades desenvolvidas), 12% (questionário) e 7,6% (controle dos votos da sensação térmica) na relação entre os cálculos de PMV e os votos de sensação térmica. O PMV não é capaz de estimar a real sensação de conforto térmico em climas tropicais, prevendo sensação de desconforto térmico maiores do que os usuários realmente percebem (PEREIRA, ASSIS, 2010).

Gagge (1967) propôs a SET^* , definindo como a temperatura equivalente a temperatura do ar, em um ambiente imaginário, com um indivíduo apresentando as mesmas temperaturas da pele e suor regulatório. É um modelo analítico de balanço térmico, que apresenta modelagem de dois nós de termorregulação, cálculo das condições de temperatura da pele, combinação de parâmetros meteorológicos e

individuais, encontrando-se a temperatura do ar, por meio do ambiente de referência.

O PMV/PPD e o SET* têm uma base sólida para uso em espaços internos, enquanto que os índices UTCI e PET foram concebidos para utilização em espaços ao ar livre (SPAGNOLO, DEAR, 2003).

O UTCI foi desenvolvido pela Comissão da Sociedade Internacional de Biometeorologia (*International Society of Biometeorology* – ISB), para avaliações das condições térmicas externas para os campos da biometeorologia humana. O modelo apresenta o sistema de modelagem de múltiplos nós de termorregulação, a partir de um modelo de vestuário adaptativo, considerando o isolamento de vestuário padrão em relação à temperatura do ambiente real e do movimento de caminhada a 4km/h. O ambiente de referência possui umidade relativa de 50%, com ar parado e temperatura radiante igual à temperatura do ar. A temperatura equivalente UTCI para uma determinada combinação de vento, radiação, umidade e temperatura do ar é então definida como a temperatura do ar do ambiente de referência, que produz o mesmo valor do índice de deformação (BRÖDE ET AL, 2009).

O UTCI abrange as faixas climáticas de -40°C a $>46^{\circ}\text{C}$ com as categorias de estresse de calor extremo a estresse de frio extremo (tabela 50).

Tabela 50 – Escala de estresse do UTCI

UTCI ($^{\circ}\text{C}$)	Categoria de estresse
Acima de +46	Estresse de calor extremo
+38 to +46	Estresse de calor muito forte
+32 to +38	Estresse de calor forte
+26 to +32	Estresse de calor moderado
+9 to +26	Nenhum estresse
+9 to 0	Estresse de frio leve
0 to -13	Estresse de frio moderado
-13 to -27	Estresse de frio forte
-27 to -40	Estresse de frio muito forte
Abaixo de -40	Estresse de frio extremo

Fonte: Glossary of Terms for Thermal Physiology (2003).

O PET foi elaborado por Jendritzky (JENDRITZKY et al, 2001) e calibrado para São Paulo por Monteiro (2008). O índice demonstra a temperatura equivalente

à temperatura do ar, em um ambiente padrão interno (sem vento e sem radiação), com o balanço do calor do corpo humano mantido com temperaturas centrais iguais aos do ambiente de referência. Nesse ambiente, são estabelecidos os parâmetros de metabolismo de trabalho 80W, isolamento térmico de 0,9 clo para vestimenta, velocidade do vento de 0,1 m/s, pressão de vapor de 12 hPa (50% de umidade relativa à 20°C) e temperatura média radiante igual à temperatura do ar (HÖPPE, 1999).

O PET abrange as faixas climáticas de -4°C a $>41^{\circ}\text{C}$, com as categorias de muito frio a muito calor (tabela 51).

Tabela 51 – Escala para o índice de conforto PET

PET	Sensação Térmica	Estresse Fisiológico
< 4° C	Muito Frio	Forte estresse de frio
4° C – 8° C	Frio	Moderado Estresse de frio
8° C – 13° C	Pouco frio	Leve estresse de frio
13° C – 18° C	Ligeiramente frio	Ligeiro estresse de frio
18° C – 23° C	Confortável	Sem estresse térmico
23° C – 29° C	Pouco calor	Leve estresse de calor
29° C – 35° C	Calor	Calor Moderado estresse de calor
35° C – 41° C	Muito calor	Forte estresse de calor

Fonte: Matzarakis e Mayer (1996).

Outros modelos de índices são utilizados em pesquisas de análises de conforto térmico (tabela 52), tais como a temperatura efetiva (ET), nova temperatura efetiva (ET*), temperatura resfriada pelo vento (WCT), índice de estresse térmico por calor (HSI), temperatura de globo e de bulbo úmido (WBGT), índice de estresse térmico (ITS), *Humidex* (HU), índice de taxa de suor requerida (Swreq), índice de capacidade de armazenamento (PSI), sensação térmica (TS) e a temperatura resfriada pelo vento (NWCTI).

Tabela 52 – Modelos preditivos, índices e respectivas variáveis para simulação computacional

Modelo	Referência	Índices	Variáveis independentes													
			individuais				microclimáticas				derivadas		climáticas			
			M	W	I _{cl}	R _e	t _{ar}	p _{ar}	v _{ar}	t _{rm}	t _g	t _{bu}	t _{bs}	ur	v ₁₀	R
ET	Houghten e Yaglou, 1923; Szokolay, 2001	ET*					x	x								
ET	Vernom e Warner, 1932; Szokolay, 2001	CET*					x	x			x					
OT	Winslow, Herrington e Gagge, 1937; ASHRAE, 2005	OT					x		x	x						
ET+OT	ASHRAE, 1992, Szokolay, 2001	EOT*					x	x	x	x						
WCT	Siple e Passel, 1945	WCTI											x		x	
HSI	Belding e Hatch, 1955	HSI					x	x	x	x						
WBGT	Yaglou e Minard, 1957; ISO, 1989	WBGT					x				x	x				
Gagge	Gagge, Stolwijk e Hardy, 1967	SET*	x	x	x	x	x	x	x	x						
ITS	Givoni, 1969	ITS					x	x	x	x						
Humidex	Masterton e Richardson, 1979	HU					x	x								
KMM	Jendritzky, 1979, 1991; Fanger, 1972	PMV	x	x	x	x	x	x	x	x						
Vogt	ISO, 1989; Vogt <i>et al.</i> , 1981	Swreq	x	x	x	x	x	x	x	x						
“	“	w	x	x	x	x	x	x	x	x						
Sevilha	Dominguez <i>et al.</i> , 1992	Swreq’	x	x	x	x	x	x	x	x						x
COMFA	Brown e Gillespie, 1995	S’	x		x		x	x	x	x						
Tne	Aroztegui, 1995; Humphreys 1978	Tne											x		x	x
MENEX	Blazejczyk, 1996; 2002	HL	x	x	x	x	x	x	x	x						
“	“	PhS	x	x	x	x	x	x	x	x						
“	“	R’			x											x
“	“	STI	x	x	x	x	x	x	x	x						
“	“	SP	x	x	x	x	x	x	x	x						
“	“	ECI					x									
De Freitas	Freitas, 1997	PSI	x	x	x	x	x	x	x	x						
“	“	STE	x	x	x	x	x	x	x	x						
MEMI	Höppe, 1999	PET	x	x	x	x	x	x	x	x						
TS	Givoni e Noguchi, 2000	TS					x	x	x	x						x
NWCT	Bluestein e Osczevski, 2002	NWCT I											x		x	
ASV	Nikolopoulou, 2004	ASV											x	x	x	x
TEP	Monteiro, 2008	TEP	x		x		x	x	x	x			x			

Fonte: Monteiro e Alucci (2010).

4.2 AVALIAÇÃO DA CIDADE DE MARINGÁ

A avaliação dos resultados da simulação é feita a partir do índice PET. Para tanto, é utilizada a ferramenta de pós-processamento (fig. 138), Biomet (do ENVI-met®), para calcular os índices de conforto de cada arquivo de saída (resultante do processamento). Os índices UTCI e PMV/PPD baseiam seus cálculos em regressão e integração da equação de equilíbrio de energia, sucessivamente. O índice PET trabalha combinando os dois fatores, exigindo gasto de tempo²⁵ muito superior para o cálculo.

Figura 138 – Dados climáticos de entrada no aplicativo ConfigWizard

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

Em relação ao cálculo da sensação térmica pessoal, considerada para o cálculo do PET, foram definidos os dados da seguinte maneira (fig. 139): 1. Sexo – feminino; 2. Idade - 24 anos; 3. Massa corporal - 59,4 kg; 4. Altura - 1,62 metros; 5. Isolamento térmico da vestimenta - 0,5 clo (quente) e 0,9 clo (frio); e 6. Velocidade de caminhada – 1,33 m/s.

²⁵ Computador com Processador Intel®, Core i7, 7500U, 7ª Geração Corei7 demora cerca de 4 horas (para calcular o PET do arquivo de saída de simulação, de 2 horas, na mesa grande) e computador com processador Intel®, Intel Dual Core, J1800, demora em torno de 10 horas. Cenários com muita vegetação, a exemplo do Parâmetro Áreas Verdes (parques), demoram em torno de 8 horas para processamento, no computador Core i7.

Os parâmetros corporais adotados baseiam-se²⁶ na faixa etária e sexo predominante na cidade de Maringá (IBGE, 2010) e nos dados de altura e peso médios do Estado do Paraná (IBGE, 2009). Os padrões de vestimentas são estabelecidos pelo ISO 7730 (ISO, 2005). A velocidade de caminhada adotada é estabelecida a partir do raio de pedestre (PERRY, 1929), estipulado para a Unidade de Bairro (400 metros com caminhada de 5 minutos). Dessa maneira, o pedestre se locomove, em média, a 1,33 m/s. Os critérios de metabolismo são definidos pelo aplicativo (o software faz o cálculo automaticamente), a partir dos dados corporais, de vestimenta e de velocidade de caminhada.

Figura 139– Diagrama da Simulação do Parâmetro Altura para os Dias Frios

Fonte: Autora (2017).

Os resultados dos cálculos do índice PET geram arquivos que podem ser tratados no aplicativo Leonardo, do software ENVI-met, conforme abordado no capítulo Avaliação por Parâmetro.

4.2.1 Avaliação por Parâmetro

Os arquivos gerados, no índice PET, são inseridos (um a um) na ferramenta de visualização e análise interativa, Leonardo, do software ENVI-met®. O aplicativo gera um mapa cromático para cada horário de índice (fig. 140). Os diagramas são configurados, um a um, estabelecendo um padrão de valor e cor para as legendas.

²⁶ Apontados no item 1.2.2.

Figura 140– Diagrama da Simulação do Parâmetro Altura para os Dias Frios

Fonte: Autora, retirado do software ENVI-met (2017).

Para a legenda, as temperaturas são agrupadas em limites de faixas. Os limites utilizados são dados pela escala do índice de conforto PET, calibrados para a percepção térmica da cidade de São Paulo (tabela 53).

Tabela 53 – Escala para o índice de conforto PET para ambientes externos

PET	Sensação Térmica	Estresse Fisiológico
< 4° C	Muito Frio	Forte estresse de frio
< 12° C	Frio	Moderado Estresse de frio
< 18° C	Pouco frio	Leve estresse de frio
18° C – 26° C	Confortável	Sem estresse térmico
> 26° C	Pouco calor	Leve estresse de calor
> 31° C	Calor	Calor Moderado estresse de calor
> 43° C	Muito calor	Forte estresse de calor

Fonte: MONTEIRO (2008).

Devido às limitações do software para a quantidade de faixas de temperaturas (estabelecendo um limite máximo), as faixas extremas foram englobadas nas anteriores, sendo (fig. 141): 1. Frio a muito frio – cor preta; 2. Pouco frio – cor azul;

3. Confortável – cor verde; 4. Pouco calor – cor rosa; 5. Calor a muito calor (cor vermelha).

Figura 141– Escala das legendas dos gráficos de índice PET

Fonte: Autora (2017).

Após a configuração dos gráficos, no aplicativo Leonardo, as imagens (exportadas no programa em bitmap) são importadas e avaliadas no software Photoshop CC®, pela ferramenta Histograma. A ferramenta é aplicada em cada cor da legenda, proporcionando a quantidade de pixels de cada uma.

Figura 142– Diagrama da Simulação do Parâmetro Altura para os Dias Frios

Fonte: Autora, retirado do software CorelDRAW (2017).

Todos os resultados são trabalhados em planilhas do Excel, para cada parâmetro, e os gráficos são formatados no CorelDRAW.

4.2.1.1 Altura

As sensações térmicas, medidas no nível do pedestre, por meio do índice PET, nos dois períodos do ano (Dias Quentes e Dias Frios), são organizadas em diagramas (fig. 143 e 144) e avaliadas pelo percentual da escala de conforto (tabela 54) - 1. Frio a muito frio; 2. Pouco frio; 3. Confortável; 4. Pouco calor; 5. Calor a muito calor – e pela amplitude de temperaturas (tabela 55) – máximas e mínimas.

Nos Dias Frios, em todos os cenários, observa-se a predominância de *pouco frio* às 8h00min, *conforto* às 12h00min e *muito frio* às 18h00min. Nos Dias Quentes, em todos os cenários, observa-se a predominância de *calor a muito calor* em todos os períodos.

O cenário 1 (edifícios baixos), nos Dias Frios, às 12h00min, apresentou os menores índices de conforto (com até 38% a menos do que os outros cenários), tendendo para o *pouco calor*, com as temperaturas limites mais altas (com até 3,4°C de diferença das mínimas e 1,94°C das máximas), e, às 18h00min, apresentou as maiores taxas de desconforto, com até 10% a mais para o *muito frio*. Este mesmo cenário, nos Dias Quentes, às 12h00min, possui as maiores temperaturas, com até 3,74°C de diferença das mínimas e 2,4°C das máximas, e, às 8h00min, possui as maiores porcentagens de desconforto para o *calor a muito calor* (até 14% a mais).

O cenário 2 (edifícios muito altos), nos Dias Quentes, às 08h00min, apresentou as menores taxas de desconforto para o *calor a muito calor* (até 40% a menos).

Percebe-se que os cenários com as menores alturas apresentam os maiores percentuais de desconforto, para muito calor. A situação se inverte nos cenários com maiores alturas, que apresentam menores percentuais de desconforto às 8h00min e às 18h00min, nos Dias Quentes. Isso, porque os cenários menos verticalizados garantem um maior acesso solar, assim, a radiação colabora para aquecer as áreas urbanas e, conseqüentemente, gera o desconforto. Já nos cenários mais verticalizados, o sombreamento dos edifícios colabora para a atenuação da sensação térmica (até 6,4°C de diferença nas temperaturas máximas e 3,74°C nas temperaturas mínimas).

Figura 143– Diagrama da Simulação do Parâmetro Altura para os Dias Frios

Figura 144– Diagrama da Simulação do Parâmetro Altura para os Dias Quentes

ALTURA 1 - 8H00MIN

ALTURA 1 - 12H00MIN

ALTURA 1 - 18H00MIN

ALTURA 2 - 8H00MIN

ALTURA 2 - 12H00MIN

ALTURA 2 - 18H00MIN

ALTURA 3 - 8H00MIN

ALTURA 3 - 12H00MIN

ALTURA 3 - 18H00MIN

ALTURA 4 - 8H00MIN

ALTURA 4 - 12H00MIN

ALTURA 4 - 18H00MIN

<12°C - FRIO A MUITO FRIO (MODERADO A FORTE ESTRESSE DE FRIO)

12°C A 18°C - POUCO FRIO (LEVE ESTRESSE DE FRIO)

18°C A 26°C - CONFORTÁVEL (SEM ESTRESSE TÉRMICO)

26°C A 31°C - POUCO CALOR (LEVE ESTRESSE DE CALOR)

>31°C - CALOR A MUITO CALOR (MODERADO A FORTE ESTRESSE DE CALOR)

Fonte: Autora (2017).

Tabela 54 – Avaliação do Parâmetro Altura

PERÍODO	HORÁRIO	ÍNDICE PET	ALTURA 1	ALTURA 2	ALTURA 3	ALTURA 4
FRIO	8h00min	Frio a muito frio	1	10	4	7
		Pouco Frio	68	59	67	64
		Confortável	3	2	2	2
		Pouco Calor	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	2	0	0
		Confortável	28	64	65	66
		Pouco Calor	44	5	5	5
		Calor a muito calor	0	0	1	1
	18h00min	Frio a muito frio	67	57	63	63
		Pouco Frio	4	15	9	9
		Confortável	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0
QUENTE	8h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	1	15	7	9
		Pouco Calor	5	30	11	11
		Calor a muito calor	67	27	54	52
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	3	0	0
		Calor a muito calor	70	69	70	70
	18h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	0	2	2	3
		Pouco Calor	12	23	24	23
		Calor a muito calor	61	47	47	47

Fonte: Autora (2017).

A partir dos diagramas da simulação e tabelas, foi realizada a avaliação classificatória para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min) dos Dias Quentes e Dias Frios. No parâmetro Altura, percebe-se que os cenários com grandes gabaritos, independentemente de sua composição (ex. todos os edifícios com altura máxima, ou edifícios que partem da altura média para a máxima ou da máxima para a média), possuem as notas mais altas, assim, o cenário selecionado foi o 4 (edifícios compostos do baixo para o muito alto, a partir do centro), que obteve a maior pontuação (tabela 56).

Tabela 55 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Altura

PERÍODO	HORÁRIO	LIMITES	1	2	3	4
FRIO	8h00min	máxima	25,13	24,53	25,23	24,81
		mínima	11,4	9,8	10,4	10,4
	12h00min	máxima	35,34	33,4	33,47	35,09
		mínima	18,8	15,4	16,8	17,0
	18h00min	máxima	15,32	16,26	15,89	16,12
		mínima	10,6	10,2	10,4	10,4
QUENTE	8h00min	máxima	48,8	41,8	48,20	47,80
		mínima	22,4	20,2	20,8	21,0
	12h00min	máxima	55,2	52,8	54,6	54,6
		mínima	34,19	30,45	31,96	31,76
	18h00min	máxima	41,59	40,15	40,40	40,6
		mínima	26,2	24,0	24,80	24,8

Fonte: Autora (2017).

Tabela 56 – Avaliação Final do Parâmetro Altura

PERÍODO	HORÁRIO	ALTURA 1	ALTURA 2	ALTURA 3	ALTURA 4
FRIO	8h00min	4	1	2	3
	12h00min	1	2	3	4
	18h00min	2	4	3	3
QUENTE	8h00min	1	4	2	3
	12h00min	3	4	3	3
	18h00min	2	3	3	4
TOTAL		13	17	16	20

Fonte: Autora (2017).

4.2.1.2 Orientação

As sensações térmicas, medidas no nível do pedestre, por meio do índice PET, nos dois períodos do ano (Dias Quentes e Dias Frios), são organizadas em diagramas (fig. 145 e 146) e avaliadas pelo percentual da escala de conforto (tabela 56) - 1. Frio a muito frio; 2. Pouco frio; 3. Confortável; 4. Pouco calor; 5. Calor a muito calor – e pela amplitude de temperaturas (tabela 58) – máximas e mínimas.

Nos Dias Frios, em todos os cenários, observa-se a predominância de *pouco frio* às 8h00min, *conforto* às 12h00min e *muito frio* às 18h00min. Nos Dias Quentes, em todos os cenários, observa-se a predominância de *calor a muito calor* em todos os horários.

Figura 145– Diagrama da Simulação do Parâmetro Orientação para os Dias Frios

Fonte: Autora (2017).

O cenário 3 (noroeste), nos Dias Frios, às 8h00min, apresenta as menores porcentagens de desconforto (até 13% a menos), tendendo para o *pouco frio* e as temperaturas máximas mais altas (com até 2,68°C). Às 12h00min, possui os menores índices de conforto (com 20% a menos), tendendo para o *pouco calor*, com as temperaturas máximas mais altas (com 4,11°C de diferença). Às 18h00min,

possui as menores porcentagens de desconforto (até 17% a menos), tendendo para o *frio a muito frio*.

Figura 146– Diagrama da Simulação do Parâmetro Orientação para os Dias Quentes

Fonte: Autora (2017).

Nos Dias Quentes, o cenário 2 possui as maiores temperaturas às 8h00min, com até 7,09°C a mais e o cenário 1 possui as maiores temperaturas às 12h00min, com até 4°C de diferença.

Tabela 57 – Avaliação do Parâmetro Orientação

PERÍODO	HORÁRIO	ÍNDICE PET	1	2	3
FRIO	8h00min	Frio a muito frio	7	3	8
		Pouco Frio	64	66	53
		Confortável	2	2	10
		Pouco Calor	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	1
		Confortável	66	65	46
		Pouco Calor	5	5	16
		Calor a muito calor	1	1	9
	18h00min	Frio a muito frio	63	64	47
		Pouco Frio	9	8	25
		Confortável	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0
QUENTE	8h00min	Frio a muito frio	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0
		Confortável	9	8	7
		Pouco Calor	11	17	3
		Calor a muito calor	52	47	49
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0
		Confortável	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0
		Calor a muito calor	70	70	70
	18h00min	Frio a muito frio	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0
		Confortável	3	1	0
		Pouco Calor	23	33	35
		Calor a muito calor	47	39	38

Fonte: Autora (2017).

A partir dos diagramas e tabelas, foi realizada a avaliação classificatória para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min) dos Dias Quentes e dos Dias Frios. No parâmetro Orientação, percebe-se que os cenários norte e oeste apresentam as notas mais baixas (11 e 13), assim, o cenário selecionado é o 3 (orientação noroeste), pois obteve a maior pontuação (tabela 59).

Tabela 58 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Orientação

PERÍODO	HORÁRIO	LIMITES	1	2	3
FRIO	8h00min	máxima	24,81	24,44	27,12
		mínima	10,4	10,4	10,8
	12h00min	máxima	35,09	33,49	37,6
		mínima	17,0	16,8	16,8
	18h00min	máxima	16,12	16,21	16,69
		mínima	10,4	10,4	10,4
QUENTE	8h00min	máxima	47,8	48,0	40,91
		mínima	21,0	20,6	21,2
	12h00min	máxima	54,6	53,6	50,6
		mínima	31,76	32,6	32,85
	18h00min	máxima	40,6	40,29	40,11
		mínima	24,8	25,0	25,4

Fonte: Autora (2017).

Tabela 59 – Avaliação Final do Parâmetro Orientação

PERÍODO	HORÁRIO	1	2	3
FRIO	8h00min	1	2	3
	12h00min	3	2	1
	18h00min	2	1	3
QUENTE	8h00min	1	3	2
	12h00min	3	3	3
	18h00min	1	2	3
TOTAL		11	13	15

Fonte: Autora (2017).

4.2.1.3 Alinhamento

As sensações térmicas, medidas no nível do pedestre, por meio do índice PET, nos dois períodos do ano (Dias Quentes e Dias Frios), são organizadas em diagramas (fig. 147 e 148) e avaliadas pelo percentual da escala de conforto (tabela 60) - 1. Frio a muito frio; 2. Pouco frio; 3. Confortável; 4. Pouco calor; 5. Calor a muito calor – e pela amplitude de temperaturas (tabela 61) – máximas e mínimas.

Nos Dias Frios, em todos os cenários, observa-se a predominância de *pouco frio* às 8h00min, *conforto* às 12h00min e *muito frio* às 18h00min. Nos Dias Quentes, em todos os cenários, observa-se a predominância de *calor a muito calor* em todos os horários.

Figura 147– Diagrama da Simulação do Parâmetro Alinhamento para os Dias Frios

Figura 148– Diagrama da Simulação do Parâmetro Alinhamento para os Dias Quentes

Fonte: Autora (2017).

Todos os cenários apresentam índices de conforto e amplitudes térmicas muito próximas, em todos os períodos. As modificações mais relevantes ocorrem nos Dias Quentes, às 8h00min, apresentando alterações de até 6% de diferença entre os cenários (mais confortável 3 e menos confortável 1), e, nos Dias Frios, às 8h00min, com até 3% de diferença índices de *confortável*.

Tabela 60 – Avaliação do Parâmetro Alinhamento

PERÍODO	HORÁRIO	ÍNDICE PET	1	2	3	4	5
FRIO	8h00min	Frio a muito frio	6	7	6	6	8
		Pouco Frio	55	51	54	52	53
		Confortável	10	12	11	13	10
		Pouco Calor	0	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0	0
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0	0
		Confortável	45	45	45	45	46
		Pouco Calor	15	19	17	17	16
		Calor a muito calor	11	6	9	9	9
	18h00min	Frio a muito frio	47	48	47	47	47
		Pouco Frio	25	23	25	25	25
		Confortável	0	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0	0
QUENTE	8h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0	0
		Confortável	12	17	18	16	17
		Pouco Calor	3	4	3	3	3
		Calor a muito calor	49	49	49	50	49
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0	0
		Confortável	0	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0	0	0
		Calor a muito calor	70	69	70	69	70
	18h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0	0
		Confortável	0	0	0	0	0
		Pouco Calor	36	32	35	34	35
		Calor a muito calor	38	40	38	38	38

Fonte: Autora (2017).

Tabela 61 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Alinhamento

PERÍODO	HORÁRIO	LIMITES	1	2	3	4	5
FRIO	8h00min	máxima	27,54	27,49	27,42	27,35	27,12
		mínima	11,0	11,0	11,0	11,0	10,8
	12h00min	máxima	38,35	37,99	37,8	37,99	37,6
		mínima	17,0	16,8	17,0	16,8	16,8
	18h00min	máxima	16,69	16,69	16,69	16,66	16,69
		mínima	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
QUENTE	8h00min	máxima	40,76	41,38	41,13	41,29	40,91
		mínima	21,2	21,0	21,2	21,0	21,2
	12h00min	máxima	51,2	51,8	50,4	51,2	50,6
		mínima	32,5	32,57	32,8	32,73	32,85
	18h00min	máxima	40,11	40,0	40,08	39,96	40,11
		mínima	25,4	25,2	25,4	25,4	25,4

Fonte: Autora (2017).

A partir dos diagramas e tabelas, foi realizada a avaliação classificatória para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min) dos Dias Quentes e dos Dias Frios. No parâmetro Alinhamento, por meio da avaliação das pequenas alterações existentes, o cenário selecionado é o 4 (alternado), pois obteve a maior pontuação (tabela 62).

Tabela 62 – Avaliação Final do Parâmetro Alinhamento

PERÍODO	HORÁRIO	1	2	3	4	5
FRIO	8h00min	2	4	3	5	2
	12h00min	2	3	4	4	5
	18h00min	5	4	5	5	5
QUENTE	8h00min	2	4	5	3	4
	12h00min	5	5	5	5	5
	18h00min	3	2	4	5	4
TOTAL		19	22	26	27	25

Fonte: Autora (2017).

4.2.1.4 Recuos

As sensações térmicas, medidas no nível do pedestre, por meio do índice PET, nos dois períodos do ano (Dias Quentes e Dias Frios), são organizadas em diagramas (fig. 149 e 150) e avaliadas pelo percentual da escala de conforto (tabela 63) - 1. Frio a muito frio; 2. Pouco frio; 3. Confortável; 4. Pouco calor; 5. Calor a muito calor – e pela amplitude de temperaturas (tabela 64) – máximas e mínimas.

Figura 149– Diagrama da Simulação do Parâmetro Recuos para os Dias Frios

Figura 150– Diagrama da Simulação do Parâmetro Recuos para os Dias Quentes

Fonte: Autora (2017).

Nos Dias Frios, em todos os cenários, observa-se a predominância de *pouco frio* às 8h00min, *conforto* às 12h00min e *muito frio* às 18h00min. Nos Dias Quentes, em todos os cenários, observa-se a predominância de *calor a muito calor* em todos os horários.

Tabela 63 – Avaliação do Parâmetro Recuos

PERÍODO	HORÁRIO	ÍNDICE PET	1	2	3	4
FRIO	8h00min	Frio a muito frio	6	6	6	6
		Pouco Frio	51	52	54	52
		Confortável	13	13	12	13
		Pouco Calor	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	43	45	48	45
		Pouco Calor	17	18	18	17
		Calor a muito calor	11	8	7	9
	18h00min	Frio a muito frio	43	47	51	47
		Pouco Frio	26	24	22	25
		Confortável	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0
QUENTE	8h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	16	17	17	16
		Pouco Calor	4	3	4	3
		Calor a muito calor	48	50	52	50
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0	0
		Calor a muito calor	68	70	71	69
	18h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	1	0	0	0
		Pouco Calor	33	34	33	34
		Calor a muito calor	36	39	41	38

Fonte: Autora (2017).

Todos os cenários apresentam índices de conforto e amplitudes térmicas muito próximas, em todos os períodos. As modificações mais relevantes ocorrem entre o cenário 1 (recoo pequeno) e o cenário 3 (recoo grande). Nos Dias Frios, às 12h00min, apresenta alterações de 5%, de diferença entre os cenários (mais confortável 3 e menos confortável 1) e a situação se inverte às 18h00min, com 8% de diferença no índice de *frio a muito frio* (1 menos frio e 3 mais frio). Nos Dias Quentes, às 18h00min, oferece diferenças de 5% nas taxas de desconforto, com o índice *calor a muito calor*, sendo o cenário 1 menos desconfortável e o 3 mais desconfortável.

Tabela 64 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Recuos

PERÍODO	HORÁRIO	LIMITES	1	2	3	4
FRIO	8h00min	máxima	27,57	27,44	27,50	27,35
		mínima	11,0	11,0	11,0	11,0
	12h00min	máxima	38,37	38,0	38,14	37,99
		mínima	16,8	17,0	17,2	16,8
	18h00min	máxima	16,69	16,65	16,2	16,66
		mínima	10,4	10,4	10,2	10,4
QUENTE	8h00min	máxima	40,8	46,2	47,2	41,29
		mínima	20,8	21,0	21,2	21,0
	12h00min	máxima	51,0	51,0	50,8	51,2
		mínima	32,76	32,88	32,84	32,73
	18h00min	máxima	39,5	40,0	40,14	39,96
		mínima	25,0	25,6	25,4	25,4

Fonte: Autora (2017).

Tabela 65 – Avaliação Final do Parâmetro Recuos

PERÍODO	HORÁRIO	1	2	3	4
RIO	8h00min	4	3	2	3
	12h00min	2	3	4	3
	18h00min	4	3	2	3
QUENTE	8h00min	1	4	3	2
	12h00min	4	2	1	3
	18h00min	4	2	1	3
TOTAL		19	17	13	17

Fonte: Autora (2017).

Tendo em vista que quanto menor o recuo maior é seu volume total, verifica-se que o volume dos edifícios contribui para um pequeno aumento do conforto, pois gera maiores sombreamentos e proteções da superfície, colaborando para uma atenuação da sensação térmica (até 6,4°C de diferença nas temperaturas máximas dos Dias Quentes às 8h00min).

A partir dos diagramas e tabelas, foi realizada a avaliação classificatória para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min) dos Dias Quentes e Dias Frios. No parâmetro Recuos, por meio da avaliação das pequenas alterações existentes, o cenário selecionado é o 1 (recuo pequeno), já que obteve a maior pontuação (tabela 65).

4.2.1.5 Taxa de Permeabilidade

As sensações térmicas, medidas no nível do pedestre, por meio do índice PET, nos dois períodos do ano (Dias Quentes e Dias Frios), são organizadas em diagramas (fig. 151 e 152) e avaliadas pelo percentual da escala de conforto (tabela 66) - 1. Frio a muito frio; 2. Pouco frio; 3. Confortável; 4. Pouco calor; 5. Calor a muito calor – e pela amplitude de temperaturas (tabela 67) – máximas e mínimas.

Nos Dias Frios, em todos os cenários, observa-se a predominância de *pouco frio* às 8h00min, *conforto* às 12h00min e *muito frio* às 18h00min. Nos Dias Quentes, em todos os cenários, observa-se a predominância de *calor a muito calor* em todos os horários.

Todos os cenários apresentam índices de conforto e amplitudes térmicas muito próximas, em todos os períodos. De maneira geral, percebe-se que nos Dias Frios, às 12h00min, os cenários com menores taxas de permeabilidade obtiveram menores índices de conforto. Nos Dias Quentes, às 12h00min e às 18h00min, os cenários com maiores taxas de permeabilidade obtiveram maiores índices de desconforto, para o *calor a muito calor*.

A partir dos diagramas e tabelas, foi realizada a avaliação classificatória para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min) dos Dias Quentes e Dias Frios. No parâmetro Taxa de Permeabilidade, por meio da avaliação das pequenas alterações existentes, o cenário selecionado foi o 4 (permeabilidade de 30% nos edifícios residenciais e 10% nos edifícios mistos e edifícios mistos com fachada ativa), já que obteve a maior pontuação (tabela 68).

Figura 151– Diagrama da Simulação do Parâmetro Permeabilidade para os Dias Frios

Fonte: Autora (2017).

Figura 152– Diagrama da Simulação do Parâmetro Permeabilidade para os Dias Quentes

Fonte: Autora (2017).

Tabela 66 – Avaliação do Parâmetro Permeabilidade

PERÍODO	HORÁRIO	ÍNDICE PET	1	2	3	4	5
FRIO	8h00min	Frio a muito frio	4	5	6	5	6
		Pouco Frio	50	52	53	50	51
		Confortável	13	14	14	13	13
		Pouco Calor	0	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0	0
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0	0
		Confortável	39	41	44	41	43
		Pouco Calor	18	18	19	17	17
		Calor a muito calor	13	12	11	11	11
	18h00min	Frio a muito frio	42	43	44	43	43
		Pouco Frio	28	29	30	27	26
		Confortável	0	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0	0
QUENTE	8h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0	0
		Confortável	15	17	15	16	16
		Pouco Calor	3	4	4	3	4
		Calor a muito calor	50	49	50	49	48
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0	0
		Confortável	0	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0	0	0
		Calor a muito calor	68	69	72	68	68
	18h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0	0
		Confortável	0	0	0	0	1
		Pouco Calor	35	36	38	35	33
		Calor a muito calor	37	37	38	36	36

Fonte: Autora (2017).

Tabela 67 – Avaliação Final do Parâmetro Permeabilidade

PERÍODO	HORÁRIO	1	2	3	4	5
FRIO	8h00min	4	5	5	4	4
	12h00min	1	2	5	3	4
	18h00min	5	3	2	4	4
QUENTE	8h00min	2	5	2	4	3
	12h00min	3	4	5	4	3
	18h00min	4	4	3	5	5
TOTAL		19	23	22	24	23

Fonte: Autora (2017).

Tabela 68 – Valores limítrofes do PET do Recuos Permeabilidade

PERÍODO	HORÁRIO	LIMITES	1	2	3	4	5
FRIO	8h00min	máxima	27,87	27,69	27,4	27,66	27,57
		mínima	11,2	11,2	11,0	11,0	11,0
	12h00min	máxima	39,2	38,8	38,4	38,6	38,37
		mínima	17,4	17,2	17,0	17,0	16,8
	18h00min	máxima	16,77	16,7	16,7	16,7	16,7
		mínima	10,6	10,4	10,4	10,4	10,4
QUENTE	8h00min	máxima	41,53	41,39	41,2	41,31	40,8
		mínima	21,2	21,0	21,0	21,0	20,8
	12h00min	máxima	52,4	52,0	51,6	51,4	51,0
		mínima	34,05	33,64	33,16	33,18	32,76
	18h00min	máxima	40,15	40,0	39,89	39,96	39,5
		mínima	25,6	25,6	25,4	25,4	25,0

Fonte: Autora (2017).

A permeabilidade do solo não apresentou grandes influências na sensação térmica, visto que o bairro já possui características que garantem maiores condições de conforto, tais como vias largas e a presença de canteiros centrais, calçadas largas e grandes terrenos com recuos adequados.

A permeabilidade possui a função de permitir a infiltração da água no solo, garantindo a capacidade de transmitir fluidos, através da absorção das chuvas. A falta de permeabilidade, sobrecarrega os sistemas de coletas pluviais, enchendo os rios ao ponto de transbordo, podendo causar inundações nas regiões próximas a várzea do rio. Além da taxa de permeabilidade nos lotes, as áreas permeáveis nos espaços públicos (áreas verdes, canteiros, parques ...), o planejamento adequado de vias (com intuito de diminuir a velocidade das águas pluviais) e o uso de estratégias com uma abordagem ecológica (jardins de chuvas, canteiros pluviais, lagoa pluvial e biovaletas), também auxiliam no processo de drenagem urbana.

4.2.1.6 Gramíneas

As sensações térmicas, medidas no nível do pedestre, por meio do índice PET, nos dois períodos do ano (Dias Quentes e Dias Frios), são organizadas em diagramas (fig. 153 e 154) e avaliadas pelo percentual da escala de conforto (tabela 69) - 1. Frio a muito frio; 2. Pouco frio; 3. Confortável; 4. Pouco calor; 5. Calor a muito calor – e pela amplitude de temperaturas (tabela 70) – máximas e mínimas.

Nos Dias Frios, em todos os cenários, observa-se a predominância de *pouco frio* às 8h00min, *conforto* às 12h00min e *muito frio* às 18h00min. Nos Dias Quentes, em todos os cenários, observa-se a predominância de *calor a muito calor* em todos os horários.

Os cenários apresentaram índices de conforto e amplitudes térmicas muito próximas, em todos os períodos, indicando resultados praticamente iguais na utilização do solo natural ou solo gramado. A partir dos diagramas e tabelas, foi realizada a avaliação classificatória para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min) dos Dias Quentes e Dias Frios. No parâmetro Gramínea, por meio da avaliação das pequenas alterações existentes, o cenário selecionado foi o 2 (área permeável sem vegetação), pois obteve a maior pontuação (tabela 71).

Figura 153– Diagrama da Simulação do Parâmetro Gramíneas para os Dias Frios

Fonte: Autora (2017).

Tabela 69 – Valores limítrofes do PET do Parâmetro Gramíneas

PERÍODO	HORÁRIO	LIMITES	1	2
FRIO	8h00min	máxima	27,64	27,66
		mínima	11,0	11,0
	12h00min	máxima	38,55	38,6
		mínima	17,0	17,0
	18h00min	máxima	16,7	16,7
		mínima	10,4	10,4
QUENTE	8h00min	máxima	41,31	41,31
		mínima	21,0	21,0
	12h00min	máxima	51,8	51,4
		mínima	33,06	33,18
	18h00min	máxima	39,96	39,96
		mínima	25,4	25,4

Fonte: Autora (2017).

Figura 154– Diagrama da Simulação do Parâmetro Gramíneas para os Dias Quentes

Fonte: Autora (2017).

Tabela 70 – Avaliação Final do Parâmetro Gramíneas

PERÍODO	HORÁRIO	1	2
FRIO	8h00min	1	2
	12h00min	1	2
	18h00min	2	1
QUENTE	8h00min	1	2
	12h00min	2	2
	18h00min	2	2
TOTAL		9	11

Fonte: Autora (2017).

Tabela 71 – Avaliação do Parâmetro Gramíneas

PERÍODO	HORÁRIO	ÍNDICE PET	1	2
FRIO	8h00min	Frio a muito frio	5	5
		Pouco Frio	51	50
		Confortável	13	13
		Pouco Calor	0	0
		Calor a muito calor	0	0
	12h00min	Frio a muito frio	0	0
		Pouco Frio	0	0
		Confortável	41	41
		Pouco Calor	18	17
		Calor a muito calor	11	11
	18h00min	Frio a muito frio	42	43
		Pouco Frio	28	27
		Confortável	0	0
		Pouco Calor	0	0
		Calor a muito calor	0	0
QUENTE	8h00min	Frio a muito frio	0	0
		Pouco Frio	0	0
		Confortável	16	16
		Pouco Calor	2	3
		Calor a muito calor	50	49
	12h00min	Frio a muito frio	0	0
		Pouco Frio	0	0
		Confortável	0	0
		Pouco Calor	0	0
		Calor a muito calor	68	68
	18h00min	Frio a muito frio	0	0
		Pouco Frio	0	0
		Confortável	0	0
		Pouco Calor	35	35
		Calor a muito calor	36	36

Fonte: Autora (2017).

4.2.1.7 Vegetação Arbórea

As sensações térmicas, medidas no nível do pedestre, por meio do índice PET, nos dois períodos do ano (Dias Quentes e Dias Frios), são organizadas em diagramas (fig. 155 e 156) e avaliadas pelo percentual da escala de conforto (tabela 72) - 1. Frio a muito frio; 2. Pouco frio; 3. Confortável; 4. Pouco calor; 5. Calor a muito calor – e pela amplitude de temperaturas (tabela 73) – máximas e mínimas.

Nos Dias Frios, em todos os cenários, observa-se a predominância de *pouco frio* às 8h00min, *conforto* às 12h00min e *muito frio* às 18h00min. Nos Dias Quentes, em todos os cenários, observa-se a predominância de *conforto*, para os cenários com maior quantidade de árvores, às 8h00min, *calor a muito calor* às 12h00min e *pouco calor* às 18h00min.

O cenário 1 (*muito próximas*), nos Dias Quentes, às 8h00min, apresentou os maiores índices de *confortável* (com até 24% a mais do que os outros cenários) e, às 18h00min, apresentou os menores índices de desconforto, com até 15% a menos tendendo para o *pouco calor*, e até 25% a menos para o índice *calor a muito calor*.

O cenário 4 (*ausência de árvores*), nos Dias Quentes, às 12h00min e as 18h00min, apresentou as maiores taxas de desconforto do *calor a muito calor*. Nos Dias Frios, às 8h00min, apresentou os melhores índices de *confortável*, até 5% de diferença, e, às 18h00min, as maiores taxas de desconforto (até 4% a mais), tendendo para o *frio a muito frio*.

Percebe-se que, nos Dias Quentes, os cenários com maiores quantidades de árvores apresentam os maiores percentuais de conforto às 08h00min e as maiores taxas de desconforto às 18h00min. A situação se inverte nos cenários com menor quantidade de árvores (nos Dias Quentes, menores taxas de conforto às 8h00min e maiores taxas de desconforto às 18h00min). Dessa maneira, verifica-se que a vegetação arbórea nas calçadas colabora para a atenuação da sensação térmica (até 2,21°C de diferença).

A partir dos diagramas e tabelas, foi realizada a avaliação classificatória para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min) dos Dias Quentes e Dias Frios. No parâmetro Vegetação Arbórea, percebe-se que os cenários com grandes unidades de árvores possuem as notas mais altas, com até 6 pontos de diferença. Assim, o cenário selecionado foi o 1 (árvores muito próximas), pois obteve a maior pontuação (tabela 74).

Figura 155– Diagrama da Simulação do Parâmetro Vegetação Arbórea para os Dias Frios

VEGETAÇÃO ARBÓREA 1 - 8H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 1 - 12H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 1 - 18H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 2 - 8H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 2 - 12H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 2 - 18H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 3 - 8H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 3 - 12H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 3 - 18H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 4 - 8H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 4 - 12H00MIN

VEGETAÇÃO ARBÓREA 4 - 18H00MIN

<12°C - FRIO A MUITO FRIO (MODERADO A FORTE ESTRESSE DE FRIO)

12°C A 18°C - POUCO FRIO (LEVE ESTRESSE DE FRIO)

18°C A 26°C - CONFORTÁVEL (SEM ESTRESSE TÉRMICO)

26°C A 31°C - POUCO CALOR (LEVE ESTRESSE DE CALOR)

>31°C - CALOR A MUITO CALOR (MODERADO A FORTE ESTRESSE DE CALOR)

Fonte: Autora (2017).

Figura 156– Diagrama da Simulação do Parâmetro Vegetação Arbórea para os Dias Quentes

Tabela 72 – Avaliação do Parâmetro Vegetação Arbórea

PERÍODO	HORÁRIO	ÍNDICE PET	1	2	3	4
FRIO	8h00min	Frio a muito frio	3	3	3	5
		Pouco Frio	57	59	59	50
		Confortável	10	8	8	13
		Pouco Calor	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	1	0
		Confortável	40	40	41	41
		Pouco Calor	21	20	21	17
		Calor a muito calor	9	10	7	11
	18h00min	Frio a muito frio	39	42	34	43
		Pouco Frio	31	28	36	27
		Confortável	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0
QUENTE	8h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	40	29	24	16
		Pouco Calor	11	15	10	3
		Calor a muito calor	16	23	34	49
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0	0
		Calor a muito calor	68	68	68	68
	18h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	8	3	2	0
		Pouco Calor	50	51	44	35
		Calor a muito calor	11	17	24	36

Fonte: Autora (2017).

Tabela 73 – Avaliação Final do Parâmetro Vegetação Arbórea

PERÍODO	HORÁRIO	1	2	3	4
FRIO	8h00min	3	2	2	4
	12h00min	2	2	4	3
	18h00min	3	2	4	1
QUENTE	8h00min	4	3	2	1
	12h00min	4	4	4	4
	18h00min	4	3	2	1
TOTAL		20	16	18	14

Fonte: Autora (2017).

Tabela 74 – Valores limítrofes do PET da Vegetação Arbórea

PERÍODO	HORÁRIO	LIMITES	1	2	3	4
FRIO	8h00min	máxima	27,44	26,01	26,01	27,66
		mínima	11,0	10,8	10,8	11,0
	12h00min	máxima	38,18	37,8	36,15	38,6
		mínima	17,4	17,2	17,0	17,0
	18h00min	máxima	16,7	16,69	16,83	16,7
		mínima	10,6	10,6	10,8	10,4
QUENTE	8h00min	máxima	39,1	39,77	39,99	41,31
		mínima	20,2	20,4	20,4	21,0
	12h00min	máxima	49,2	50,2	48,2	51,4
		mínima	31,88	32,44	30,67	33,18
	18h00min	máxima	38,6	38,99	38,99	39,96
		mínima	24,2	24,6	24,4	25,4

Fonte: Autora (2017).

4.2.1.8 Áreas Verdes

As sensações térmicas, medidas no nível do pedestre, por meio do índice PET, nos dois períodos do ano (Dias Quentes e Dias Frios), são organizadas em diagramas (fig. 157 e 158) e avaliadas pelo percentual da escala de conforto (tabela 75) - 1. Frio a muito frio; 2. Pouco frio; 3. Confortável; 4. Pouco calor; 5. Calor a muito calor – e pela amplitude de temperaturas (tabela 76) – máximas e mínimas.

Nos Dias Frios, em todos os cenários, observa-se a predominância de *pouco frio* às 8h00min, *conforto* às 12h00min e *muito frio* às 18h00min. Nos Dias Quentes, em todos os cenários, observa-se a predominância de *conforto* às 8h00min, *muito calor* às 12h00min e *pouco calor* às 18h00min.

Os cenários com maiores dimensões de parques, nos Dias Frios, às 12h00min, obtiveram maiores índices de conforto (com até 4% a mais). Nos Dias Quentes, às 8h00min, estes cenários conseguiram as maiores taxas de *confortável* (com até 2% a mais), e, às 18h00min, alcançaram menores índices de desconforto (com até 19% a menos), tendendo para o *pouco calor*, e os maiores índices de conforto (até 20% a mais). Dessa maneira, verifica-se que o quanto maior o dimensionamento dos parques, ao redor da Unidade de Bairro, menores são as temperaturas, colaborando para a atenuação da sensação térmica.

A partir dos diagramas e tabelas, foi realizada a avaliação classificatória para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min) dos Dias Quentes e Dias Frios.

Figura 157– Diagrama da Simulação do Parâmetro Áreas Verdes para os Dias Frios

Figura 158– Diagrama da Simulação do Parâmetro Áreas Verdes para os Dias Quentes

Tabela 75 – Avaliação do Parâmetro Áreas Verdes

PERÍODO	HORÁRIO	ÍNDICE PET	1	2	3	4
FRIO	8h00min	Frio a muito frio	3	4	4	4
		Pouco Frio	57	58	58	58
		Confortável	10	7	7	6
		Pouco Calor	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	1	1	1
		Confortável	40	42	42	44
		Pouco Calor	21	20	20	19
		Calor a muito calor	9	6	6	5
	18h00min	Frio a muito frio	39	37	38	40
		Pouco Frio	31	34	32	30
		Confortável	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	0	0	0
		Calor a muito calor	0	0	0	0
QUENTE	8h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	40	40	41	42
		Pouco Calor	11	11	12	13
		Calor a muito calor	16	15	14	13
	12h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	0	0	0	0
		Pouco Calor	0	3	4	4
		Calor a muito calor	68	67	67	67
	18h00min	Frio a muito frio	0	0	0	0
		Pouco Frio	0	0	0	0
		Confortável	8	17	28	27
		Pouco Calor	50	42	30	31
		Calor a muito calor	11	11	10	11

Fonte: Autora (2017).

No parâmetro Áreas Verdes, percebe-se que os cenários com grandes unidades de árvores possuem as notas mais altas nos horários mais quentes do dia (12h00min dos Dias Frios e 8h00min e 12h00min dos Dias Quentes) e notas mais baixas nos horários mais frios do dia (8h00min e 18h00 dos Dias Frios e 8h00min dos Dias Quentes). Dessa maneira, essa atenuação da sensação térmica fez com que esses cenários obtivessem as menores notas, com até 7 pontos de diferença. Assim, o cenário selecionado é o 3 (parque com 20% do dimensionamento da Unidade de Bairro), pois obteve a maior pontuação (tabela 77).

Tabela 76 – Valores limítrofes do PET das Áreas Verdes

PERÍODO	HORÁRIO	LIMITES	1	2	3	4
FRIO	8h00min	máxima	27,44	25,81	26,32	26,24
		mínima	11,0	10,8	10,8	10,6
	12h00min	máxima	38,18	35,7	35,39	35,35
		mínima	17,4	16,8	16,8	16,4
	18h00min	máxima	16,7	16,72	16,69	16,69
		mínima	10,6	10,6	10,6	10,6
QUENTE	8h00min	máxima	39,1	39,1	38,4	38,59
		mínima	20,2	20,2	19,6	19,8
	12h00min	máxima	49,2	47,6	47,2	43,09
		mínima	31,88	30,2	29,85	29,29
	18h00min	máxima	38,6	38,49	38,0	38,27
		mínima	24,2	24,0	23,2	23,2

Fonte: Autora (2017).

Tabela 77 – Avaliação Final do Parâmetro Áreas Verdes

PERÍODO	HORÁRIO	1	2	3	4
FRIO	8h00min	4	3	3	2
	12h00min	2	3	3	4
	18h00min	2	4	3	1
QUENTE	8h00min	1	2	3	4
	12h00min	3	4	4	4
	18h00min	1	2	4	3
TOTAL		13	18	20	18

Fonte: Autora (2017).

4.2.8 Avaliação Final

As notas da avaliação classificatória foram organizadas em gráficos (fig. 159) e avaliadas pela amplitude entre os cenários. Assim, observa-se que os Parâmetros Alinhamento e Taxa de Permeabilidade foram os que obtiveram as maiores diferenças entre os cenários. No Parâmetro Alinhamento, as diferenças foram de 11 pontos. No Parâmetro Taxa de Permeabilidade, as diferenças foram de 16 pontos.

Os parâmetros que menos obtiveram diferenças entre os cenários foram as gramíneas e as áreas verdes (destaque-se que a comparação é feita em relação ao próprio parâmetro, mas em outro cenário).

Figura 159 – Comparação das notas classificatórias

Fonte: Autora (2017).

Os parâmetros também foram organizados e avaliados pelo percentual da escala de conforto, do índice PET, para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min), nos Dias Quentes e nos Dias Frios. O gráfico é desenvolvido pela porcentagem (na vertical), os 8 parâmetros de avaliação, com seus cenários subsequentes (na horizontal), e, delineado pela escala PET (cores).

Nos Dias Frios, às 8h00min (fig. 160), observa-se que, a partir da definição da orientação solar noroeste, as taxas de desconforto (*pouco frio*) caíram e as taxas de conforto (*confortável*) subiram. Com a implantação de vegetação arbórea nas calçadas e parques (parâmetro Vegetação Arbórea e Áreas Verdes), as taxas de conforto apresentaram uma pequena diminuição, devido à atenuação térmica provocada pela vegetação.

Nos Dias Frios, às 12h00min (fig. 161), observa-se que, no parâmetro altura, o cenário edifícios com alturas baixas possui, de forma significativa, as menores taxas de conforto e as maiores taxas de desconforto (*pouco calor*). A partir da definição da orientação solar noroeste, as taxas de conforto (*confortável*) caíram e as taxas de desconforto (*pouco calor* e *calor a muito calor*) subiram. Com a definição

da vegetação arbórea, nas calçadas, e com a implantação de parques, as taxas de conforto (*confortável*) obtiveram uma leve diminuição, porém, as taxas de desconforto (*calor a muito calor*) também foram reduzidas, devido à atenuação térmica provocada pela vegetação.

Figura 160 – Avaliação de conforto para os Dias Frios às 08h00min

Figura 161 – Avaliação de conforto para os Dias Frios às 12h00min

Nos Dias Frios, às 18h00min (fig. 162), observa-se que, no parâmetro altura, o cenário edifícios com alturas baixas possui as maiores taxas de desconforto. A

partir da definição da orientação solar noroeste, as taxas de desconforto (*frio a muito frio*) caíram. Com a avaliação dos parâmetros de Alinhamento, Recuos, Taxa de Permeabilidade, Gramíneas, as taxas de desconforto (*frio a muito frio*) obtiveram atenuações. Os parâmetros Vegetação Arbórea e Áreas Verdes, resultaram nas menores taxas de desconforto, e, o uso de árvores nas calçadas, com distanciamento muito próximo, alcançou as menores taxas de desconforto das avaliações.

Figura 162 – Avaliação PET para os Dias Frios às 18h00min

Fonte: Autora (2017).

Nos Dias Quentes, às 8h00min (fig. 163), observa-se que o cenário com edifícios baixos, do Parâmetro Altura, possui as menores taxas de conforto e as maiores taxas de desconforto. Isso ocorreu, pois, esse contexto não possui sombreamentos de edifícios e implantação de vegetações, o que cria áreas aquecidas, aumentando a temperatura. Com a implantação dos demais parâmetros, as taxas de conforto e desconforto foram oscilando. Os parâmetros Vegetação Arbórea e Áreas Verdes, resultaram nas menores taxas de desconforto, e, a implantação de Áreas Verdes proporcionou as maiores taxas de conforto, sendo que o cenário com parque, com 35% do dimensionamento da Unidade de Bairro, alcançou as maiores taxas de conforto da avaliação.

Figura 163 – Avaliação PET para os Dias Quentes às 8h00min

Fonte: Autora (2017).

Nos Dias Quentes, às 12h00min (fig. 164), observa-se que as menores taxas de desconforto ocorreram a partir da avaliação do parâmetro Áreas Verdes, sendo que as menores taxas ocorrem nos maiores dimensionamentos dos parques. Portanto, os locais com vegetação arbórea e com parques criaram as maiores atenuações à sensação térmica.

Figura 164 – Avaliação PET para os Dias Quentes às 12h00min

Fonte: Autora (2017).

Nos Dias Quentes, às 18h00min (fig. 165), observa-se que o cenário com edifícios baixos, do Parâmetro Altura, possui as maiores taxas de desconforto. Com a implantação dos parâmetros Alinhamento, Recuos, Taxa de Permeabilidade, Gramíneas, as taxas de desconforto foram oscilando e as taxas de conforto foram, praticamente inexistentes. Nos parâmetros Vegetação Arbórea e Áreas Verdes, as taxas de desconforto caem bruscamente, e, com a implantação de Áreas Verdes, as taxas de conforto sobem significativamente, sendo que o cenário com parque, com 35% do dimensionamento da Unidade de Bairro, alcançou as maiores taxas de conforto da avaliação. Os parques exerceram intensa influência na avaliação favorável de conforto.

Figura 165 – Avaliação PET para os Dias Quentes às 18h00min

Fonte: Autora (2017).

Assim, percebe-se que os parâmetros alinhamento, recuos, permeabilidade e gramíneas não alcançaram alterações significativas na sensação térmica, para a cidade de Maringá. Porém, esse resultado não deve ser estendido para outras cidades que possuem características urbanísticas distintas do Município avaliado. A cidade de Maringá já possui características favoráveis, tais como calçadas amplas, vias largas e adequados recuos mínimos, que foram reproduzidos na Unidade de Bairro simulada. Essas características, por si só, já colaboram para a atenuação da sensação térmica. Nesse sentido, a alteração de alinhamentos, recuos, taxa de permeabilidade e uso de gramíneas nas áreas livres não tiveram grandes influências

na sensação térmica, visto que a atenuação já estava aplicada pelas outras características existentes.

Já, em cidades que não possuem características urbanísticas favoráveis, esses parâmetros poderão garantir significativas melhoras na sensação térmica. Por exemplo, em uma cidade ou bairro com calçadas e vias estreitas e prédios com grandes gabaritos, o uso de recuos e taxa de permeabilidade pode trazer maiores influências na sensação térmica.

Os valores limites do índice PET, mínimos e máximos, foram organizados e avaliados para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min), nos Dias Quentes e nos Dias Frios (fig. 166).

Percebe-se que as temperaturas máximas possuem maior ocorrência às 12h00min dos Dias Quentes, que foi o segundo período com mais alterações entre os parâmetros (maior influência dos parâmetros para a amenização da sensação térmica). Às 08h00min, dos Dias Quentes, foram encontradas as maiores alterações (maior influência dos parâmetros para a amenização da sensação térmica) e o segundo período com temperaturas máximas mais altas. As temperaturas mínimas menores ocorreram às 18h00min dos Dias Frios e, praticamente, não ocorreram alterações entre os parâmetros.

Figura 166 – Avaliação dos valores limites do Índice PET

Fonte: Autora (2017).

A avaliação dos parâmetros, para os Dias Frios, não identificou praticamente nenhuma alteração nos valores das temperaturas mínimas às 8h00min, 12h00min e 18h00min, e, das máximas, às 18h00min.

Percebe-se, também, que a área estudada possui uma grande retenção de calor durante o dia. As temperaturas iniciam-se elevadas às 8h00min, demonstrando que, durante a noite, pode ocorrer uma demora na queda da temperatura devido à retenção de calor, pelas baixas taxas de albedo (materiais construtivos da superfície urbana: asfalto, telhas, concreto, calçadas, etc.). Assim, durante os outros períodos do dia, a sensação térmica também fica mais elevada, em virtude das estruturas urbanas que impermeabilizam a superfície e provocam alterações do albedo.

O resultado da avaliação dos parâmetros vegetação arbórea e áreas verdes também reforça essa situação. Nesses parâmetros, é utilizada a implantação de vegetações pela Unidade de Bairro, aumentando as taxas de albedo. Esse aumento garante as maiores interferências na sensação térmica, diminuindo as temperaturas em todos os horários, nos Dias Quentes, da avaliação.

Os valores das amplitudes térmicas, do índice PET, foram organizados e avaliados para cada período (8h00min, 12h00min e 18h00min), nos Dias Quentes e nos Dias Frios (fig. 167).

Percebe-se que os Dias Frios, em todos os períodos, apresentaram as menores amplitudes, demonstrando ausências de influência de áreas de calor ou frescor. Às 18h00min foram encontradas as menores amplitudes, sendo máxima de 6,49°C.

Às 12h00min, dos Dias Quentes, foram identificadas as maiores amplitudes entre as temperaturas mínimas e máximas (até 32,8°C de diferença). O horário é o que possui as maiores temperaturas e os pontos de atenuação são ocasionados pelas edificações (sombreamento), sendo que, com a aplicação dos parâmetros, foi possível amenizar até 6,11°C, principalmente com a implantação de áreas verdes, em que foram criadas mais áreas de frescor pela Unidade de Bairro.

Às 8h00min, dos Dias Quentes, também foi identificada grande amplitude térmica (até 28,6 °C), detectando-se a existência de áreas de calor, formadas pelos edifícios (as regiões quentes se encontram ao redor das edificações).

Figura 167 – Avaliação da amplitude PET

Fonte: Autora (2017).

Após a avaliação da pesquisa, abordando oito parâmetros para uso, ocupação e parcelamento do solo, com o objetivo de verificar a influência na sensação térmica do meio urbano, foi possível identificar 8 recomendações para a cidade de Maringá (fig. 168).

Para as disposições de *altura*, é recomendado trabalhar com edifícios compostos do baixo para o muito alto, ordenando quatro gabaritos de verticalização distintos – baixo (ex. 12 metros), médio (ex. 20 metros), alto (ex. 48 metros) e muito alto (ex. 80 metros). Também se sugere as tipologias arquitetônicas: 1. Edifícios comerciais – dispostos de forma distinta, simulando a fruição pública; 2. Edifícios residenciais – 6 metros de recuo lateral e frontal e 9 metros de fundo; 3. Torre residencial dos edifícios mistos – 3 metros de recuo lateral, 6 metros frontal e 12 metros fundos, e; 4. Edifícios mistos com fachada ativa – 9 metros de recuo fundo.

Sugere-se a *Orientação* noroeste para a malha urbana dos loteamentos. Como *Alinhamento*, recomenda-se o uso de recuos alternados - alternando entre os alinhamentos frente e fundo na mesma quadra (lotes da parte superior da quadra, com edifícios próximos ao alinhamento, e lotes da parte inferior da quadra, com edifícios afastados do alinhamento).

Figura 168 – Quadro síntese de recomendações para Maringá

Fonte: Autora (2017).

Para os *Recuos*, recomenda-se trabalhar com o intervalo de 3 metros. Para o parâmetro *Permeabilidade*, sugere-se trabalhar com a permeabilidade mínima de 30% nos edifícios residenciais e 10% nos edifícios mistos e edifícios mistos com fachada ativa.

No parâmetro *Gramíneas*, recomenda-se a utilização de solo natural ou gramado nas áreas permeáveis. Para a *Vegetação Arbórea*, recomenda-se o distanciamento de 9 metros entre os eixos das árvores. E, para as *Áreas Verdes*, sugere-se a implantação de parques com 20% do dimensionamento da área do bairro.

CONCLUSÃO

O presente trabalho tratou da análise de parâmetros que influenciam a sensação térmica urbana, especialmente a verticalização dos edifícios, aplicados e avaliados em relação à cidade de Maringá / PR.

Primeiramente, analisou-se as teorias de urbanismo e planejamento que trabalhavam com variáveis climáticas. Entre os diversos estudos e pesquisas examinados, identificou-se uma tendência que busca a diminuição de gastos energéticos, inclusive aqueles ligados ao uso irrestrito do solo urbano; a redução da emissão de poluentes, mormente aqueles ligados aos combustíveis fósseis; a utilização dos recursos naturais com o máximo de eficiência, e; a melhoria no conforto urbano, de modo geral; tudo visando a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

Para isso, a ideia em torno do urbanismo compacto vale-se: 1. Da verticalização como forma de evitar e controlar a expansão urbana ilimitada, que gera vazios urbanos indesejáveis, pois aumenta em demasia o custo da infraestrutura para o Município, cria especulação imobiliária, estimula a segregação social, além de prejudicar o próprio planejamento urbano; 2. De uma política de mobilidade urbana, que integre todos os sistemas de transporte, tais como veículos individuais, coletivos, ciclovias, pedestrianismo, etc., em que se prioriza a facilitação de acessos, por meio de sua localização junto aos pontos nodais de transportes públicos; 3. Do adequado dimensionamento das áreas urbanas, em escala do pedestre, planejando raios de percursos acessíveis por meio de caminhada, utilizando-se, para tanto, da implantação do uso misto das edificações, de fachadas ativas, fruição pública, entre outros que proporcionem a identidade e a sensação de pertencimento do local; 4. Da utilização de vegetação e áreas livres, que permitam a qualidade dos espaços e gerem mecanismos de atenuação da sensação térmica.

A presente pesquisa utilizou-se dessas diretrizes para realizar a avaliação da cidade de Maringá / PR, que, apesar de ser uma cidade planejada e reconhecida por suas características de cidade jardim, com alta qualidade de vida, enfrenta graves problemas relacionados à expansão urbana desenfreada, motivada pela especulação imobiliária, que ocasionou a existência de diversos vazios urbanos centrais, com inúmeros terrenos subutilizados, que não cumprem minimamente sua função social, e promovem o desgaste da infraestrutura urbana, que não poderá atender adequadamente locais com baixíssima densidade demográfica (ex. transporte, sistema viário, equipamentos comunitários, saneamento, etc.).

Identificados tais problemas e com foco na hipótese e objetivos inicialmente traçados, esta pesquisa adotou um modelo de bairro padrão, baseado nas diretrizes bioclimáticas de compactação acima mencionadas, visando averiguar a viabilidade da aplicação da verticalização na cidade de Maringá, avaliando os possíveis benefícios e malefícios daí resultantes.

Depois de realizadas simulações e análises dos parâmetros selecionados (altura, orientação, alinhamento, recuos, taxa de permeabilidade, gramíneas, vegetação arbórea e áreas verdes), conforme já descritas no corpo do trabalho, e com a efetivação de suas respectivas avaliações (item 4.2.7 e 4.2.8), conclui-se:

1. Para regiões de clima tropical, em especial o subtropical úmido (que é a região climática da cidade de Maringá), a verticalização, balizada por princípios bioclimáticos, em que haja a adequada utilização dos parâmetros de parcelamento (ex. largura das vias, calçadas, correta implantação de áreas livres, etc.) e de uso e ocupação do solo (ex. recuos, taxa de permeabilidade, taxa de ocupação, etc.), pode ser utilizada como forma de mitigar a sensação térmica. Isso porque o efeito negativo, geralmente apontado à verticalização, de contribuição para a formação de áreas aquecidas, não foi detectado nas simulações, mas, ao contrário, nos cenários com altos gabaritos, contribuiu para a mitigação dos indigitados centros de calor. Além disso, o efeito negativo de promoção de intenso resfriamento, em razão das zonas de sombreamento e de canalização dos ventos, não apresentou significativas alterações térmicas, já que a região analisada é predominantemente quente.

2. Entre todos os parâmetros de avaliação, além da verticalização, destaca-se de modo significativo, para a atenuação da sensação térmica, a utilização de vegetação. Quando o uso se faz de modo arbóreo, o mecanismo de frescor influenciará o local imediato à sua implantação. No que tange à utilização de

parques, verifica-se a produção de efeitos, referentes à mitigação da sensação térmica, para além de suas imediações, afetando positivamente a totalidade do bairro.

Vale destacar que no decorrer da pesquisa foram encontradas diversas dificuldades, referentes à obtenção de bancos de dados da cidade e região, para a alimentação dos softwares utilizados, a exemplo da inexistência de arquivo climático atualizado, ausência de dados referentes à vegetação, não somente em relação à cidade de Maringá, mas de modo generalizado, ausência de inúmeros outros dados, estritamente necessários para a realização de pesquisas e simulações.

Desse modo, sugere-se o incentivo à realização de pesquisas que formem bancos de dados, relacionados às diversas localidades, para que possam subsidiar futuros trabalhos e simulações, especialmente referentes à vegetação (DAFs), em virtude de, conforme demonstrado, possuir grande influência na mitigação térmica urbana.

Por fim, em razão das extremas vantagens proporcionadas pelos softwares, na questão do planejamento urbano, já que permite uma visualização prévia das consequências de cada ato ou decisão, sugere-se, igualmente, a intensificação da utilização de simulações na atividade prática quotidiana, tanto de profissionais, como de empresas de planejamento e dos órgãos públicos.

REFERÊNCIAS

ABERCROMBIE, P. **Town and country planning**. Londres: Oxford University Press, 1943.

ACSELRAD, Henri. (Org.). **A Duração das Cidades: Sustentabilidade e Risco Nas Políticas Urbanas**. 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Ed. Lamparina, 2009.

ACSELRAD, Henri. **Descaminhos da “Riqueza Sustentável**. Portal Brasil de Fato – Uma Visão Popular do Brasil e do Mundo. São Paulo, setembro de 2004a. Disponível em: < <http://www.brasildefato.com.br/debate/debate-81.htm>>. Acessado em: novembro de 2007.

ACSELRAD, Henri. **Desregulamentação, Contradições Espaciais e Sustentabilidade Urbana**. Revista Paranaense de Desenvolvimento. Nº.107, p.25-38, jul./dez. 2004. Curitiba: Ipardes, 2004b.

ACSELRAD, Henri. **Discurso da Sustentabilidade Urbana**. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais - ANPUR. A.1, nº.1, 1999. – Recife: ANPUR – A Associação, 1999.

AGOPYAN, V.; JOHN, V. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

ALCOFORADO, M. J., & ANDRADE, H. **Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): 2006. Main features and modelling attempts**. Theoretical and Applied Climatology, 84(1–3), 151–159

ALEXANDER, Christopher; ISHIKAWA, Sara; SILVERSTEIN, Murray. **A pattern language**. New York: Oxford University Press, 1977.

ALUCCI, Marcia Peinado e MONTEIRO, Leonardo Marques e. **Conforto Térmico em Espaços Abertos: Simulação Computacional e calibração empírica**, 2010. (Relatório de Pesquisa disponível em: <http://www.fau.usp.br>).

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; DE MORAES GONÇALVES, José Leonardo; SPAROVEK, Gerd. 2013: **Köppen's**

climate classification map for Brazil – Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 711–728 (published online January, 2014).

ANHAIA MELLO, L. I. **A Cidade Celular**, Boletim do Instituto de Engenharia, São Paulo, setembro, nº94, 1933. pp. 131-142.

ARNFIELD, A. J.; GRIMMOND, C. S. B. **An urban canyon energy balance model and its application to urban storage heat flux modelling**. Energy Build., v. 27, p. 61–68, 1998.

ASHRAE. **Weather Data and Design Conditions**. In: ASHRAE Handbook - Fundamentals, New York, cap. 24, 1985.

ASHRAE - **American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. Standard 55-2004 Thermal environmental conditions for human occupancy**. Aprovada em janeiro de 2004. Atlanta: ASHRAE, 2004.

ASSIS, Eleonora S.; VALADARES, Victor M. **Ventilação natural: experiência de ensino e graduação na escola de arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais**. IN: III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO, Gramado, Rio Grande do Sul, 1995.

ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: desempenho térmico de edificações: parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

ATKINSON, T.; CANTILLON, B.; MARLIER, E.; NOLAN, B. **Social Indicators**. The E.U. and Social Inclusion. Oxford: Oxford University Press, 2002. p. 240.

AYOADE, J.O. **Introduction to climatology for the tropics**. Chichester, John Wiley & Sons, 1983.

AYRES, J. M. P. E., STAMPER, P.E. E. **Historical development of building energy calculations**. ASHARE Transaction, Atlanta, v. 98, n. 1, p. 841-849, 1992.

BALDWIN, R.; YATES, A.; HOWARD, N.; RAO, S. BREEAM. **98 for offices: an environmental assessment method for office buildings**. BRE Report. Garston, CRC. 1998. 36 p.

BARBIRATO, G. M. **O uso da modelagem climática no planejamento dos espaços urbanos**. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Anais... Fortaleza, 1999.

BARBIRATO, Gianna; SOUZA, Lea; TORRES, Simone. **Clima e Cidade - a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007.

BARNABÉ, Marcos Fagundes. **A organização do território e o projeto da cidade: o caso da Companhia de Terras Norte do Paraná**. São Carlos: 1989. Dissertação de Mestrado. Departamento de Arquitetura e Planejamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

BENEVOLO, Leonardo. **História da arquitetura moderna**. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2001.

BERKE, Philip; GODSCHALK, David R.; KAISER, Edward J.; RODRIGUEZ, Daniel. **Urban land use planning**. 5th edition. Urbana: University of Illinois Press, 2006.

BOESIGER, W; GIRSBERGER, H. **Le Corbusier: 1910-1965**. Barcelona: Gustavo Gili, 1971.

BOGO, A.; PIETROBON C. E.; BARBOSA M. J.; GOULART S.; PITTA T.; LAMBERTS R. **Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico**. Núcleo de Pesquisa em Construção - Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina. 1994

BRAJATO, Dânia. **A efetividade dos instrumentos do Estatuto da Cidade: o caso da aplicação do Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsórios no Município de Maringá (PR)**. 2015. 221f. (Dissertação de Mestrado). Curso de Pós-graduação em Planejamento e Gestão do Território, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2015.

BRAJATO, Dânia. **Maringá: o caso da aplicação do Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsórios (PEUC)**. In: 17º Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional (ENANPUR), 2017, São Paulo. Anais... Disponível em: <http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII.ENANPUR_Anais/ST_Soes_Tematicas/ST%202/ST%202.8/ST%202.8-03.pdf> Acesso em: 5 abr. 2017.

BRE - Building Research Establishment. **A sustainability checklist for developments**. Garston: Centre for Sustainable Construction, BRE/Transport Local Government Regions – DTLR/Department of Trade and Industry – DTI, 2002. 88p.

BRE - Building Research Establishment. **BREEAM Communities**. Technical manual. SD202. 1.2:2012. Disponível em: < <https://www.breeam.com/communitiesmanual/>> Acesso em: 5 fev. 2017.

BRE - Building Research Establishment. **BREEAM International New Construction 2016**. Technical Manual. SD233 2.0 2016. Disponível em: < http://www.breeam.com/filelibrary/Technical%20Manuals/BREEAM_International_NC_2016_Technical_Manual_2.0.pdf> Acesso em: 5 fev. 2017

BRÖDE, P; FIALA, D; BLAZEJCZYK, K; EPSTEIN, Y; HOLMÉR, I; JENDRITZKY, G; KAMPMANN, B; RICHARDS, M; RINTAMÄKI, H; SHITZER, A; HAVENITH, G; 2009: Calculating UTCI Equivalent Temperature. In: JW Castellani & TL Endrusick, eds. Proceedings of the 13th International Conference on Environmental Ergonomics, USARIEM, Natick, MA.

BROWN, G. Z. ; DEKAY, Mark. **Sol, vento e luz: estratégias para o projeto de arquitetura**. 2ª Edição, Editora Bookman, Porto Alegre, 2004.

BRUSE, M. 2009. **Manual de Utilização do Programa Versão 3.1**. Disponível no site www.envi-met.com. Acesso em: 10 de abril de 2009.

BRUSE, M and FLEER, H. **Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model**, Environmental Modelling and Software, 13, 373–384, 1998

CARVALHO, Benjamin de Araujo. **A história da arquitetura**. Rio de Janeiro: Edições de Ouro, 1998.

CHAKRABARTI, Vishaam. **A Country of Cities**. New York: Metropolis Books, 2013.

CHAPMAN, L. **Towards a tree-view factor. Why do urban climatologists dislike trees?** IAUC Newsletter, v. 25, p. 4-6, 2007.

CHATZIDIMITRIOU, Angeliki; YANNAS, Simon. **Ground surfasse materials and microclimates in urban open spaces**. Proceeding 23rd PLEA Conference, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.

CHEN, D. et al. **Urban vegetation for reducing heat related mortality**. Environmental Pollution. v.192, p.275-84, 2014.

CNU - CONGRESS FOR THE NEW URBANISMO. **Charter of the New Urbanism**. 2001. Disponível em: <<http://www.cnu.org/charter>>. Acesso em: julho 2016.

CORBUSIER, Le. **Urbanismo**. 2º edição. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

CUNHA, Eduardo Grala da. **Elementos de arquitetura de climatização natural**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2004.

DUANY, A.; PLATER-ZYBERK, E. **The Neighborhood, the District, and the Corridor**. In: The New urbanism: Toward an Architecture of Community, edited by Peter Katz, 1994. New York, NY: McGraw-Hill.

DUANY, A.; PLATER-ZYBERK, E.; SPECK, J. **Suburban Nation: the rise of sprawl and the decline of the American Dream**. New York: North Point Press, 2000.

DUANY, Andres; SPECK, Jeff ; LYDON, Mike. **The Smart Growth Manual**. McGraw-Hill Education, Nova York, 2009.

DUARTE, D. H. S., SHINZATO P., GUSSON C. S., ALVES C. A. **The Impact of Vegetation on Urban Microclimate to Counterbalance Built Density in a Subtropical Changing Climate**. Urban Climate, 2015, v. 14, p. 224-239.

DUNOVSKA, T.; DRKAL, F.; HENSEN, J. **Barriers and solutions to the use of building simulation in the Czech Republic**. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 6., 1999, Kyoto. Proceedings...Kyoto: Building Simulation, 1999.

EMMANUEL, R. **An Urban Approach to Climate-Sensitive Design**. London; New York: Spon Press, 2005.

FANGER, P. O. **Thermal comfort – analysis and applications in environmental engineering**. United States: McGraw-Hill Book Company, 1970. 244 p.

FARR, Douglas. **Urbanismo Sustentável: desenho urbano com a natureza**. Tradução de Alexandre Salvaterra. Ed. Bookman: Porto Alegre, 2013.

FAZIO, M., MOFFETT, M., e WODEHOUSE, L., **A História da Arquitetura Mundial**. Porto Alegre: AMGH Editora, 2011.

FERRARI, C. **Curso de planejamento municipal integrado: urbanismo**. São Paulo: Pioneira, 1977.

FERREIRA, P. **Alguns dados sobre o clima para edificação em Brasília**. Dissertação de mestrado. FAU- UnB- 1965.

FREILICH, R. H.; MENNILLO, S. D.; SITKOWSKI, R. J. **From sprawl to sustainability: smart growth, new urbanism, green development, and renewable energy**. Chicago: American Bar Association, 2010.

FROTA, Anésia Barros. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI (FCAV). **Referencial Técnico de Certificação: Bairros e loteamentos – QAB AQUA**. 2011. Disponível em Acesso <https://vanzolini.org.br/aqua/wp-content/uploads/sites/9/2016/12/QAB_AQUA_Bairros_e_loteamentosv01.pdf> em 3 de dezembro de 2016.

GAGGE, A. et al. **Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures**. Environ. Res., n. 1, p. 1-20, 1967.

GIVONI, B. **Man, climate and architecture**. 2ª ed. Londres: Applied Science Publishers, 1976.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Urban and Building Design**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

GLAESER, Edward. **Os centros urbanos**: a maior invenção da Humanidade: como as cidades nos tornam mais ricos, inteligentes saudáveis e felizes. Nova Iorque: Penguin, 2011.

Glossary of Terms for Thermal Physiology. **Journal of Thermal Biology** 28, 75-106, 2003.

GOMEZ, W. B. et al. **Software educacional para evaluación térmica de viviendas**. In: ENCAC, 6., 2001, São Pedro. Anais...São Pedro: ANTAC, p. 11-20.2001.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; BODE, Klaus (organizadores). **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GOULART, S. **Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações em Florianópolis**, 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1993.

GOULART, Solange. LAMBERTS, Roberto. FIRMINO, Samanta. **Dados Climáticos Para Projeto e Avaliação Energética de Edificações Para 14 Cidades Brasileiras**. Florianópolis: UFSC, 1998.

GOUVÊA, Luiz Alberto. **Biocidade**: conceitos e critérios para um desenho ambiental urbano, em localidades de clima tropical de planalto. São Paulo, Nobel, 2002.

GOUVÊA, L. A. **Cidade Vida**: curso de desenho ambiental urbano. São Paulo, Nobel, 2008.

GUIMARÃES, Pedro Paulino. **Configuração urbana**: evolução, avaliação, planejamento e urbanização. São Paulo: ProLivros, 2004. 260 p.

HAN, Soo-Gon; MUN, Sun-Hye; HUH, Jung-Ho. **Changes of the micro-climate and building cooling load due to the green effect of a restored stream in Seoul, Korea**. SIMBUILD, 2007.

HALL, P. **Cities of tomorrow** (3ª edição), 2002, Oxford, Blackwell.

Hall, I.; Prairie, R.; Aderson, H.; Boes, E., **Generation of Typical Meteorological Years for 26 SOLMET Stations**. SAND78-1601. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories, 1978.

HERTZ, John. **Ecotécnicas em arquitetura**: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil. São Paulo: Pioneira, 1998.

HIGUERAS, Ester. **Urbanismo bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili, 2006.

HÖPPE, P. **A Universal Index for the Assesment of the Thermal Environment** – The Physiological Equivalent Temperature PET In: DEAR RJ de, KALMA JD, OKE

T. R. Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium. WCASP 50. WMO/TD n. 1026. P.261-265, 1999.

HOWARD, Ebenezer. **Cidades-Jardins de amanhã**. Tradução: Marco Aurélio Lagonego, Introdução: Dácio Araújo Benedito Otoni. São Paulo, Estudos Urbanos, Série Arte e Vida Urbana, Hucitec, 1996.

ISB. **Guidelines for ISB Commissions and Study Groups**. Oklahoma, ISB, 2004. Disponível em: Acesso em: 7 out. 2016.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Moderate thermal environments** - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions of thermal comfort, ISO 7730. Genebra, 2005.

JUSUF et al. **Study on Effect of Greenery in Campus Area**. PLEA 2006, The 23 Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland.

KELLY, Eric; BECKER, Barbara. **Community planning: an introduction to the comprehensive plan**. Washington: Island Press, 2000.

KOENIGSBERGER, O. H. et al. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madri: Paraninfo, 1977.

KOTTEK, Markus; GRIESER, Jürgen; BECK, Christoph; RUDOLF, Bruno; RUBEL, Franz. **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated** – Meteorologische Zeitschrift, Volume 15, Number 3, June 2006, pp. 259-263(5)

KÖPPEN, W., 1936: Das geographische System der Klimate. – KÖPPEN, W., R. GEIGER(Eds.): **Handbuch der Klimatologie**. – Gebru "der Borntra "ger, Berlin,1, 1–44, part C.

LAMAS, José M. Ressano Garcia. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. sl: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

LAMBERTS R., Dutra L., Pereira F. **Eficiência energética na arquitetura**, PW Editores, São Paulo, 1997.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto térmico e stress térmico**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis – SC, 2011. Disponível em: < <http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso em 25 mai. 2017.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. Ed. Eletrobrás, 2013.

LECCESE, M.; KATHLEEN, M. **Charter of the new urbanism**. Congress for the new urbanism. Nova York: Mcgraw-Hill, 2000.

LEITE, Carlos; AWAD, Juliana di Cesare Marques. **Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes**. Desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre RS Brasil, Bookman, 2012.

LEITE, Carlos. **Conceitos e Tendências de Desenvolvimento Urbano**. In: Comunidades Planejadas. Maceió. 2014. P.10-23.

LOMBARDO, M. A. **A ilha de calor nas Metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

LYNCH, K. **A imagem da cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

MACEDO, Joseli. **A (in)sustentabilidade do desenvolvimento urbano nos Estados Unidos**: o que as cidades brasileiras podem aprender com as americanas. Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba, N.120, jan./jun. 2011, p.277-296.

MACIEL, C. R. ; ROSSETI, K. A. C. ; SANTOS, F. M. M. ; NOGUEIRA, J. S. ; NOGUEIRA, M. C. J. A. . **Avaliação do impacto do uso de superfícies frias em espaços urbanos por meio do software ENVI-met**. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 2015, CAMPINAS. XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 2015.

MACIEL, Carlina de Rezende. **Condições microclimáticas de espaços abertos**: simulação de estratégias por meio do software ENVI-met. Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, 2014. Tese de Doutorado.

MACLAREN, V. W. Urban Sustainability Reporting. **Journal of the American Planning Association, Chicago, v.62, n.2**, 184-202, 1996.

MARINGÁ. Prefeitura Municipal. Secretaria de Planejamento. Divisão de modernização Administrativa e Controle de Qualidade. **Perfil da Cidade de Maringá**. Maringá, 1997. 259 p.

MARINGÁ. Prefeitura Municipal. **Lei Complementar nº 889, de 27 de julho de 2011**. Substitui a Lei Complementar nº. 334/99, que dispõe sobre o parcelamento do solo no município de Maringá. Órgão Oficial do Município nº 1567, Maringá; 29 jul 2011.

MARINGÁ. Prefeitura Municipal. **LEI COMPLEMENTAR Nº 1043/2016. ADEQUAÇÃO DA LEI COMPLEMENTAR Nº 951/2013** – regulamentada pelo Decreto 1286/2015.

MARINGÁ. Prefeitura Municipal. **NRM U-20001, 2016. DAS CALÇADAS – DESENHO, ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE**.

MARINGÁ. Prefeitura Municipal de Maringá. **Lei Complementar nº416/2011** - regulamenta o parcelamento, o uso e a ocupação do solo na área denominada zona especial 1 - Novo Centro, e revoga as leis complementares nºs 23/93, 104/95, 156/96, 194/97 e 379/2001.

MARENGO, J.A. et al.,: **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Sumário Técnico. Brasília, DF: MMA, 54 pp, 2007.

MASCARÓ, L. **Ambiência Urbana**. 3. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 1996.

MASCARÓ, Lucia; MASCARÓ, Juan José. **Vegetação Urbana**, Porto Alegre: Masquatro Editora, 2002

MASCARÓ, Juan José; YOSHINAGA, Mário. **Infraestrutura urbana**, Porto Alegre: Masquatro Editora, 2004.

MATHEWS, E. H.; RICHARDS P.G. **An efficient tool for future building design**. Building and Environment, Great Britain, v. 28, n. 4, p. 409-417, 1993.

MATZARAKIS, A; MAYER, H. **Another kind of environmental stress**: thermal stress. WHO News. N.18, p.7–10, 1996.

MCHARG, Ian L. **Proyectar con la Naturaleza**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2000 (Nueva York, 1969).

MEIR, P.; GRACE, J.; MIRANDA, A.C. **Photographic method to measure the vertical distribution of leaf area density in forests**. Agricultural and Forest Meteorology, n. 102, 2000, p. 105-111.

MENDES, N.; LAMBERTS, R.; NETO, J. A. B. da C. **Building simulation in Brazil**. In: **INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE**, 7., 2001, Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro: Building Simulation, p. 3-13. 2001.

MENEGUETTI, K. S. **Cidade Jardim, Cidade Sustentável: a estrutura ecológica e a cidade de Maringá**. Maringá: Eduem, 2009.

MENEGUETTI, Karin Schwabe. **Faixas de hiato urbano em cidades novas planejadas: Maringá, Paraná**. In: X Colóquio QUAPÁ-SEL - Produção e apropriação dos espaços livres e da forma urbana, 2015, Brasília. X Colóquio QUAPÁ-SEL - Produção e apropriação dos espaços livres e da forma urbana. Brasília: Universidade de Brasília, 2015. v. 1.

MILLS, G. **An urban canopy-layer climate model**. Theor. Appl. Climatol., v. 57, p. 229–244, 1997.

MINDLIN, H. E. **Arquitetura Moderna no Brasil**. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2000.

MINELLA, Flavia Cristina Osaku; KRÜGER, Eduardo Leite. **Proposição do índice “fração vegetada” e sua relação com alterações na temperatura do ar e no conforto térmico no período diurno e em situação de verão para Curitiba**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 353-371, jan./mar. 2017.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: USP/IG, 1976.

MONTEIRO L. M. **Modelos Preditivos de Conforto Térmico**: Quantificação de relação entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. (tese de doutoramento), 2008

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

MUELLER, C. C.; TORRES, M.; MORAIS, M. P. **Referencial básico para a construção de um sistema de indicadores urbanos**. IPEA, Brasília, 1997.

NAHAS, Maria Inês Pedrosa. **Indicadores intra-urbanos como instrumentos de gestão da qualidade de vida urbana em grandes cidades**: discussão teórico-metodológica. In: Apostila governança democrática. Planejamento Público e Indicadores Sociais. Curitiba. 2005.

NAKATA, Camila Mayumi; SOUZA, Léa Cristina Lucas de; FARIA, João Roberto Gomes de. **Simulação do conforto térmico do pedestre no ambiente urbano**. In: 9º Ergodesign – 9º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces HumanoTecnologia: Produto, Informações, Ambiente Construído e Transporte. Curitiba, 14 a 17 de setembro, 2009.

NIMER, Edson. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NG, E.; LIANG, C.; WANG, Y. N.; YUAN, C. **A study on the cooling effects of greening in high-density city**: an experience from Hong Kong. Build Environ., v. 47, p. 256–271, 2012.

OECD. ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. OECD Core set of indicators for environmental performance reviews. a synthesis report by the Group on the State of the Environment. **Environment Monographs**, n. 83. 1993.

OKE, Tim. **Boundary Layer climates**. 2ª ed. Londres: Routledge, 1987.

OKE, Tim. Initial Guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. **World Meteorological Organization, Instruments and observing Methods**, Canadá, report nº81, WMO/TD-Nº1250, 2006.

OLGYAY, V. **Arquitectura y Clima**: Manual de Diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1998.

OLIVEIRA, P.M.P. **Cidade Apropriada ao Clima e a Forma Urbana como Instrumento de Controle do Clima Urbano**. Dissertação - UNB. Brasília, 1985.

ONU-HÁBITAT (2012) **El estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012**, ONU-HÁBITAT, Rio de Janeiro (to be published)

PEIXOTO, M. C.; LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. **Conforto térmico em cidades**: efeito da arborização no controle da radiação solar. In: Encontro Nacional de

Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC 95, 1995, Rio de Janeiro, RJ. ENTAC 95, Anais... Rio de Janeiro, RJ : ANTAC, 1995. p. 629-634.

PEREIRA, I. M.; ASSIS, E. S. **Avaliação de Modelos de Índices Adaptativos Para Uso no Projeto Arquitetônico Bioclimático**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 31-51, jan./mar. 2010.

PEREIRA, J. A.; MENEGUETTI, K. S.; REGO R. L. **Urban fringe belts em cidades: o caso de Maringá – Brasil**. Paisagem & Ambiente: ensaios, n.29, p. 85-102, 2011.

PEREIRA, Juliana Alves. **Urban fringe belts em cidades novas: o caso de Maringá**. Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá. Maringá: [s.n.], 2011, 72f.

PERRY, Clarence Arthur. Neighborhood and community planning. in **Regional Plan of New York and its Environs, Regional Survey**, volume VII, New York, 1929.

PINHEIRO, M. D. **Ambiente e construção sustentável**. 1. ed. Amadora: Instituto do Ambiente, 2006. 243 p.

QUINTANILHA, Rogério Penna. **Uma Cidade Contemporânea para 3 Milhões de Habitantes: apresentação e análise da cidade ideal corbusiana**. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

RECCO, R. **À Sombra dos Ipês da Minha Terra**. Londrina: Midiograf, 2005

REGO, Renato Leão. **O desenho urbano de Maringá e a idéia de cidade-jardim**. Acta Scientiarum (UEM), Maringá, 2001, v.23, n.6, p. 1569-1577.

RIBEIRO, A. G. **As escalas do clima**. Boletim de Geografia Teórica, Rio Claro, v. 23, n° 45-46, 1993.

ROGERS, Richard; GUMUCHDJIAN, Philip. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

ROMERO, Marta A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: Pró-Editores, 1998.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **A Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Arquitetura do Lugar: uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília**. São Paulo: Nova Técnica Editorial, 2011.

ROMERO, M. A. B.; GUIA, G. da; ANDRADE, L.; PERSON, E.; SILVEIRA, A. L. C. da. **Indicadores de sustentabilidade dos espaços públicos Urbanos: aspectos metodológicos e atributos das Estruturas urbanas**. In: SEMINÁRIO A QUESTÃO

AMBIENTAL URBANA: EXPERIÊNCIAS E PERSPECTIVAS. Brasília. Anais. Universidade de Brasília: 2004.

RORIZ, Maurício. **Zona de Conforto Térmico**: Um estudo comparativo de diferentes abordagens. Dissertação de Mestrado. Departamento de Arquitetura e Planejamento da EscolN a de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo - USP - São Carlos – SP. 1987.

RUANO, M. **Sebo: 60 PROYECTOS**. Barcelona: Editora Gustavo Gili S.A., 1999.

RUBIRA, Felipe G. **Análise multitemporal da expansão urbana de Maringá-PR durante o período de 1947 a 2014 envolvendo o Parque Municipal do Cinquentenário e as principais áreas verdes do município**. Caderno de Geografia (PUC Minas), v.26, n.46, 2016, pp 334-361.

RUEDA, S. **El urbanismo ecológico: un nuevo urbanismo para abordar los retos de la sociedad actual**. 2006. URL: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/UrbanismoEcologicoSRueda.pdf>

RUEDA, Salvador (dir). **Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla**. Sevilla: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 2007.

RUEDA, Salvador. **El Urbanismo Ecológico**. Urban-e , nº 2 Madrid, 2011. <http://urban-e.aq.upm.es/articulos/ver/el-urbanismo-ecol-gico/completo>.

RUEDA, S., DE CÁCERES, R., CUCHÍ, A., BRAU, LI. **El Urbanismo ecológico**: Su aplicación en el diseño de un ecobarrio en Figueres. Barcelona: Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona, 2012. 304pg.

SACHS, I. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2000.

SAID, S. A. M.; HABIB, M. A.; IQBAL, M. O. **Database for building prediction in Saudi Arabia**. Energy Conversion & Management, n. 44, p. 191 – 201, 2003.

SANTOS, C. N. F. **A cidade como um jogo de cartas**. São Paulo: Projeto Editores, 1988.

SAMPAIO, A. C. F.; DE ANGELIS, B. L. D. **Inventário e análise da arborização de vias públicas de Maringá-PR**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 37-57, 2008.

SAMPAIO, Marcelly da Silva; ALVES, Marcelo de Carvalho; CARVALHO, Luiz Gonsaga de; SANCHES, Luciana. **Uso de Sistema de Informação Geográfica para comparar a classificação climática de Koppen-Geiger e de Thornthwaite**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.8857

SANTAMOURIS, M. Ed., **Energy and climate in the urban environment**. Londres, James & James, 2001.

SATTTLER, M. **Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre**. CIENTEC: Porto Alegre, 1989.

SCHAFFER, D. **The American Garden City: Lost Ideals**. In **The garden city: past, present and future**, S. V. Ward, ed. London: E & FN Spon, 1992.

SHINZATO, Paula. DUARTE, Denise, BOSCO, Lara Del. **Impacto da vegetação no microclima urbano**. Área da Luz, São Paulo. ENCAC, 2007.

SHINZATO, Paula. **Impacto da vegetação nos microlimas urbanos em função das interações solo-vegetação-atmosfera**. São Paulo, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2014. Tese de Doutorado.

SILVA, Caio Frederico e; ROMERO, Marta Adriana Bustos. **O desempenho ambiental de vias arborizadas na cidade de Teresinha por meio de dados sensoriais, microclimáticos e simulações computacionais com o auxílio do ENVI-met**. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Natal, 16 a 18 de setembro de 2009.

SILVA, Caio Frederico e. **Conforto térmico de cavidades urbanas**: contexto climático do Distrito Federal. Brasília, Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2013. Tese de Doutorado.

SILVA, Geovany Jessé Alexandre da. **Cidades sustentáveis**: uma nova condição urbana. Estudo de caso: Cuiabá-MT. Brasília, Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2011. Tese de Doutorado.

SILVA, P. M. **Índice de qualidade de vida urbana**: um estudo de caso no município de Timóteo/MG. 2007. 193f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Sustentabilidade). Centro Universitário de Caratinga, Minas Gerais, 2007.

SILVA, G. J. A.; ELIAS SILVA, Samira ; NOME, C. A. **Densidade, dispersão e forma urbana**: dimensões e limites da sustentabilidade habitacional. *Arquitextos* (São Paulo), v. 189.07, p. ano 16, fev. 20, 2016.

SILVA, Wilton Dias da. **Arborização de vias urbanas**: Potencial de sombreamento das espécies. Bauro, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2016. Dissertação de Mestrado.

SMART GROWTH NETWORK/INTERNATIONAL FOR CITY/COUNTRY MANAGEMENT ASSOCIATION – ICMA. **Getting to smart growth: 100 policies for implementation**. Washington, DC: SMART GROWTH NETWORK, January, 2002. 104p.

SMART GROWTH NETWORK/INTERNATIONAL FOR CITY/COUNTRY MANAGEMENT ASSOCIATION – ICMA. **Getting to smart growth II: 100 more policies for implementation**. Washington, DC: SMART GROWTH NETWORK, 2003. 114p.

SMART GROWTH. **What is Smart Growth**. Disponível em: <<http://smartgrowth.org/what-is-smart-growth/>>. Acesso em 05 de julho de 2015.

SOCIEDAD PÚBLICA DE GESTIÓN AMBIENTAL IHOBE. **Guía de edificación sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco**. Documento de trabajo. Bilbao: Departamento de Ordenación del Territorio Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco, Julio, 2005. 226p

SPANGENBERG, J.; SHINZATO, P.; JOHANSSON, E.; DUARTE, D. **Simulation of the influence of vegetation on microclimate and thermal comfort in the city of São Paulo**. Rev. SBAU, Piracicaba, v.3, n.2, p. 1 – 19, 2008.

SPIRN, A. W. **O jardim de granito**: A natureza no desenho da cidade. Tradução de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo: Edusp, 1995.

STAMPER, Eugene. **Weather Data**. ASHRAE Journal. Feb. 1977. p.47.

STEIN, Clarence. Indications of the form of the future. In Toward new towns for America. Cambridge, MIT Press. 1950.

STRAHLER, A.H.; STRAHLER, A.N. 2005. **Physical Geography: Science and systems of the Human Environment**. Wiley, New York, 794p

TAFURI, Manfredo; DAL CO, Francesco. **Architettura contemporanea**. Milan, Electa, 1976.

THORNTWAITE, C. W. **An approach toward a rational classification of climate**. Geographical Review, New York, n. 1, p. 55-94, 1948.

UNGER, J. **Some aspects of the human bioclimate of a medium-sized town and its surroundings**. In: Proceed. Climatology and Air Pollution Conference. Mendoza, Argentina, 1995.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2013, World Population Prospects: The 2012 Revision, Volume 1: Comprehensive Tables, <<http://esa.un.org/wpp/>>.

UNIVERSIDADE DE WYOMING . College of Engineering. Departamento of Atmospheric Science. Disponível em: <<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html/>> Acesso em 02 fev. 2016.

UNWIN, R. **La practica del urbanismo**. Una introducción al arte de proyectar ciudades e barrios. Barcelona: GG, 1984

USGBC - US Green Building Council. **LEED 2009 for Neighborhood Development Rating System**. 2009. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/leed-neighborhood.php?doc=RaitingSystemNeighborhood.pdf>>. Acesso em: jun. 2016.

VOLTANI, Eder R.; LABAKI, Lucila Chebel. **Desvios nos resultados de correlação entre os votos da sensação térmica da população pesquisada em ambientes reais e os resultados dos cálculos de PMV/PPD**. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Natal, 16 a 18 de setembro de 2009.

WEISS, M. et. al. **Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination Part II**. Estimation of LAI, erros and sampling. Agricultural and Forest Meteorology, n. 121, 2004, p. 37-53.

WONG, NH., JUSUF, SK., LA Win, AA., Htun, KT., Negara, TS., and WU, X. **Study on effect of greenery in Campus Area**. Proceeding 23rd PLEA Conference, Geneva, Switzerland, 6-8 September, 2006.