

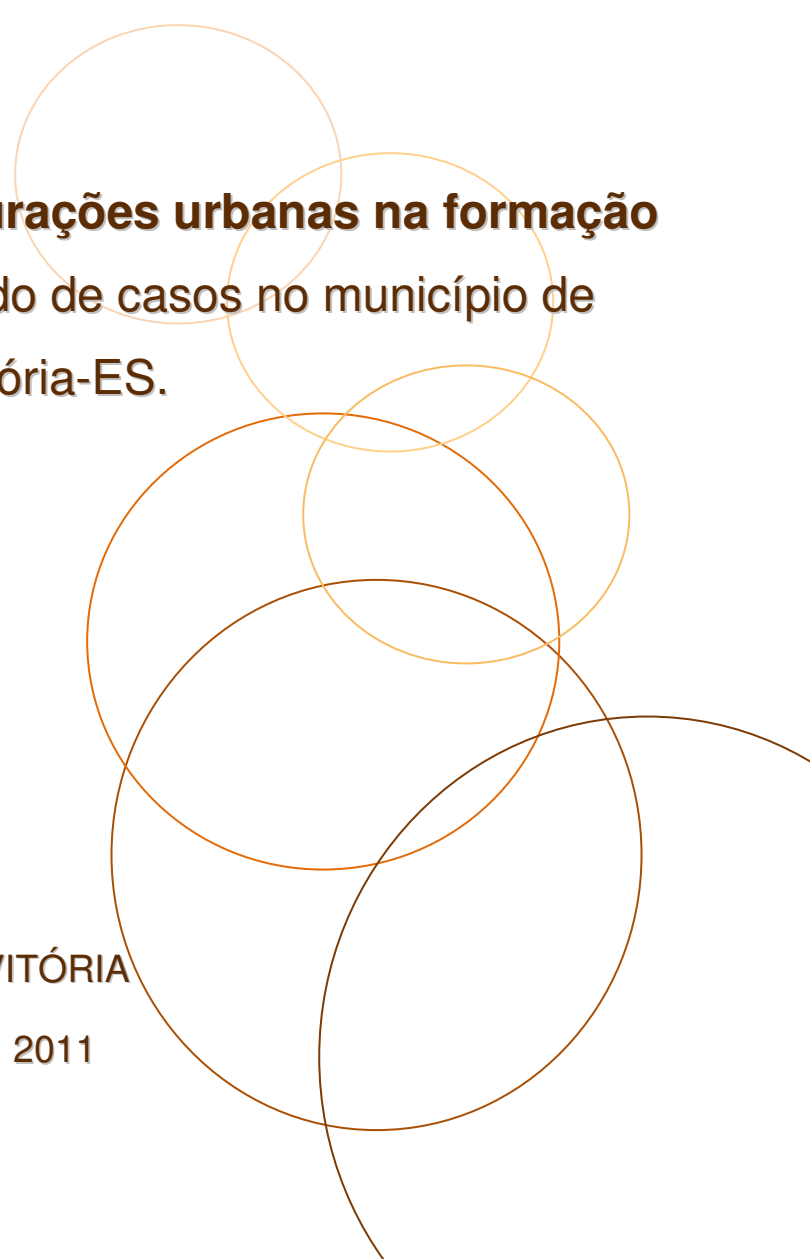


UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Mestrado em Arquitetura e Urbanismo

MIRIAN TATIYAMA MIYAMOTO

**A influência das configurações urbanas na formação  
de microclimas: estudo de casos no município de  
Vitória-ES.**



VITÓRIA

2011

MIRIAN TATYAMA MIYAMOTO

**A influência das configurações urbanas na formação de microclimas: estudo de casos no município de Vitória-ES.**

Dissertação de mestrado, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFES – Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cristina Engel de Alvarez.

VITÓRIA

2011

MIRIAN TATIYAMA MIYAMOTO

**A influência das configurações urbanas na formação de microclimas: estudo de casos no município de Vitória-ES.**

Dissertação de mestrado, apresentado ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFES – Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em \_\_\_ de março de 2012.

Comissão examinadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristina Engel de Alvarez – UFES

Orientadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Coelho Laranja – UFES

Examinadora interna

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Roberta C. Kronka Mülfarth - USP

Examinadora externa

# AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristina Engel de Alvarez, por me guiar nos possíveis e convenientes caminhos do mestrado.

Ao Prof. Dr. Jose Eduardo M. Pezzopane por ter contribuído como co-orientador durante todo o desenvolvimento desta pesquisa, porém, não foi possível o seu comparecimento à defesa.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Roberta C. Kronka Mülfarth pela atenção e pelo acréscimo de muitos conhecimentos à esta dissertação.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Coelho Laranja por aceitar o convite em participar desta importante fase final.

Ao Prof. Dr. Paulo Sergio de Paula Vargas pelos ensinamentos durante o estágio em docência.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Ao LPP (Laboratório de Planejamento e Projetos - Ufes) pelo adequado suporte fornecido, sendo indispensável para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas do LPP por compartilharem as experiências, em especial aos alunos Angélica, Filipe, Izabela, Jociane, Luany, Mariana R., Nicololy R. e Thalles, que foram prestativos e solidários à realização das medições microclimáticas.

Aos funcionários do INCAPER pelas explicações e informações disponibilizadas.

Às amigas e aos amigos sempre presentes na minha vida, em especial Camila, Evandra, Evelyn, Juliana e Thais, que me apoiaram e me fortaleceram nesse caminho.

Ao meu namorado pelo amor e pela paciência perante meus longos momentos dedicados ao estudo.

Aos meus irmãos pelo constante e eterno apoio. Sempre serão minhas referências.

Aos meus pais, que com muita garra e vontade me permitiram estar realizando esta importante etapa da minha formação acadêmica; e agradeço, principalmente, pelo amor incondicional a mim concedido.

Os meus sinceros agradecimentos à todos que contribuíram, de alguma forma, para a elaboração desta pesquisa e para o meu crescimento pessoal e profissional.

A cidade é a maior expressão social do espaço produzido e sua realidade mais complexa e transformada. [...] a questão da natureza alterada pela interferência das relações de produção, a **segunda natureza** (LOMBARDO, 1985, p. 17, grifo nosso).

## RESUMO

O uso e a ocupação do solo são fatores que influenciam diretamente na formação de diferentes microclimas urbanos, uma vez que as estruturas urbanas, sua densidade construída e os elementos naturais interferem nas condições climáticas das cidades. A crescente urbanização, juntamente com a falta de um planejamento atento a questão ambiental, vem ocasionando problemas na qualidade de vida urbana, tais como a poluição do ar e a formação das ilhas de calor. Diante desta problemática, diversas pesquisas multidisciplinares se voltam para os aspectos relacionados ao conceito de planejamento urbano sustentável, objetivando desenvolver soluções que visam melhorar o desempenho ambiental do meio urbanizado. Nesse contexto, esta pesquisa objetiva avaliar a influência da configuração urbana na formação dos microclimas urbanos, através de uma metodologia específica de medição, tendo como território de aplicação uma parcela urbana do município de Vitória – ES. A metodologia da pesquisa se desenvolveu com base no referencial teórico, que resultou inicialmente na definição da amostragem da parcela urbana para o estudo de casos, onde foram selecionados, analisados e efetuadas medições climáticas em quatro pontos representativos de configurações urbanas distintas. As medições registraram dados de temperatura e umidade, sendo realizadas simultaneamente durante as horas mais quentes do dia. Após a discussão dos resultados das análises quantitativa e qualitativa conclui-se que fatores como a alta densidade construída, a falta de vegetação, a aglomeração de edificações com tipologias e gabaritos muito semelhantes, os pequenos afastamentos, a grande quantidade de materiais de superfície reflexivos e a direção das ruas de forma perpendicular aos ventos dominantes ou paralela ao percurso do sol acarretam mudanças nos elementos climáticos restringindo o movimento do ar e aumentando a temperatura. Em contrapartida, o conjunto de fatores como a baixa densidade, abundância de vegetação, proximidade ao mar e pequena quantidade de superfícies construídas, mantêm as temperaturas amenas durante todo o dia. No entanto, observa-se que apesar do crescimento dos estudos sobre os fenômenos microclimáticos urbanos, é perceptível a dificuldade de incorporação de tais conhecimentos no processo de planejamento, principalmente em função das limitações e complexidade da temática.

**Palavras-chave:** Microclima urbano. Planejamento urbano sustentável. Metodologia de medição climática.



# ABSTRACT

The use and occupation of the soil are factors that directly influence the formation of different urban microclimates, as urban structures, building density, and natural elements interfere with the climatic conditions of the cities. The growing urbanization and the lack of planning attentive to the environment have been causing problems in the quality of the urban life, such as the air pollution and the formation of heat islands. Facing these problems, several multidisciplinary researches turn to the aspects related to the sustainable urban planning, aiming to develop solutions to improve the development of the urban environment. In this context, the objective of this research is to evaluate the influence of the urban configuration in the formation of urban microclimates through a specific methodology of measurement. The research is based on a methodology which selected initially a sample in the urban area of the city of Vitoria - ES for the case study. In this study, four representative areas of different urban configurations have been selected, analyzed and measured. The data collected showed temperature and humidity, both measured simultaneously during the warmest hours of the day. The results of the quantitative and qualitative analysis were high building density, lack of vegetation, cluster of buildings with similar typology and number of floors, small gaps, large quantity of materials with reflexive surfaces, and the direction of streets in a perpendicular position to dominant winds or parallel to the sun movement. All these factors consequently restrict the airflow and raise air temperature. On the other hand, a group of factors such as low building density, abundant vegetation, close distance to the sea and small quantity of built surfaces keep temperatures cool during all day long. Even though there has been a growth in the urban microclimates studies, it is clear that it is difficult to apply the knowledge in the process of planning, especially due to the limitations and complexity of the subject.

**Keywords:** Urban Microclimate. Sustainable Urban Planning. Methodology of climate measurement.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Síntese dos procedimentos metodológicos.....	21
Figura 2 - Características climáticas elaborado a partir dos conceitos adotados por Mascaró (1996).....	25
Figura 3 - Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos. Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira, 2007.....	29
Figura 4 - Normais Climatológicas do Brasil do período 1961-1990 de temperatura média compensada (°C). Fonte: INMET, 2011.....	30
Figura 5 - Zoneamento bioclimático brasileiro. Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2003).....	31
Figura 6 - Corte de uma típica ilha de calor urbana. Fonte: Oke, 1976 <i>apud</i> Mascaró, 1996.....	36
Figura 7 - O desempenho ambiental medido através da relação entre os recursos financeiros obtidos e as perdas ambientais. Fonte: adaptado de Garcias, 2001, p. 276.....	43
Figura 8 - Equilíbrio térmico do homem. Fonte: Romero, 2000, p. 49.....	47
Figura 9 - Modificação da velocidade dos ventos pela rugosidade do terreno. Fonte: Corbella, 2003, p. 52.....	49
Figura 10 - Fator de céu visível (%) em recintos urbanos. Fonte: Oke, 1976 <i>apud</i> Mascaró, 1996. ...	51
Figura 11- Variação diária da temperatura do ar (°C) sob grupamento composto por espécies vegetais com porte diferente. Fonte: adaptado de Robinette, 1972 <i>apud</i> Mascaró, 1996. ....	54
Figura 12- Efeitos básicos da barreira vegetal. Fonte: Robinette, 1972 <i>apud</i> Mascaró, 1996.....	55
Figura 13 - Síntese das relações que estabelecem um processo de desenvolvimento sustentável. Fonte: adaptado de Higuera, 2006.....	57
Figura 14 - Princípios básicos do urbanismo bioclimático. Fonte: elaborado a partir de Higuera (2006).....	59
Figura 15 - Síntese da sequência de procedimentos da metodologia do urbanismo bioclimático. Fonte: adaptado de Higuera (2006).....	61
Figura 16 - Padrão urbano recomendável para clima quente e úmido. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 125.....	64
Figura 17 - Representação do Bulevar existente em Belo Horizonte - Brasil. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 105.....	66
Figura 18 - Representação do tipo de árvore adequado de acordo com o posicionamento em relação à radiação solar. Fonte: adaptado de Gouvêa, 2002, p. 93.....	67
Figura 19 - Sombreamento das vias com tráfego de veículos de grande porte. Fonte: Gouvêa, 2002, p. 93.....	68
Figura 20 - Efeito provocado pelo posicionamento da arborização correta próxima a edificação. Fonte: adaptado de Gouvêa, 2002, p. 95.....	68
Figura 21 - Desempenho da arborização perante o sistema de drenagem de acordo com a espécie. Fonte: adaptado de Gouvêa, 2002, p. 95. ....	69
Figura 22 - À esquerda, representação de uma área urbana que não teve preocupação ambiental com a futura expansão. À direita, o dimensionamento adequado atento a esta questão. Fonte: Gouvêa, 2004, p. 70.....	70
Figura 23 - Situação favorável à ventilação na área urbana. Fonte: Romero, 2000, p. 108. ....	71
Figura 24 - Situação sem ventilação na área urbana. Fonte: Romero, 2000, p. 108.....	72
Figura 25 - Espaço entre as porções do tecido urbano favorecendo a ventilação. Fonte: Romero, 2000, p. 108.....	72

Figura 26 - Fachadas irregulares e coberturas não planas contribuem para minimizar os efeitos da radiação solar. Fonte: Romero, 2000, p. 90.....	73
Figura 27 - Efeito turbilhão descendente. Criado pela alta velocidade do vento no topo da edificação criando uma pressão maior e fazendo o vento deslocar-se para a área de baixa pressão. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 122.....	74
Figura 28 - Efeito de canto. Provocado pelo aumento da velocidade do vento devido aos ventos que circundam a edificação. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 122.....	74
Figura 29 - Efeito esteira. Originado pela diferença de gabarito entre o edifício-torre e seu entorno, gerando ventos ascendentes, erráticos e espirais. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 122.....	75
Figura 30 - Foto aérea de GWL com notas explicativas dos aspectos relacionados à sustentabilidade. Fonte: adaptado de KCAP, 2011. ....	78
Figura 31 - Edifícios e espaços públicos do ecobairro GWL. 1- Amplos espaços livres destinados ao uso do transporte sustentável. 2- Vista aérea do bairro por outro ângulo. 3- Destaque para o transporte público organizado e adequado. 4- Canal natural de armazenamento de águas pluviais. 5- Edificação com brises e entorno com vegetação. 6- Destaque para a arborização da rua. Fonte: adaptado de ISTP, 2011. ....	79
Figura 32 - Foto aérea de Solar City com notas explicativas dos aspectos relacionados à sustentabilidade. Fonte: adaptado de NZZ, 2008.....	82
Figura 33 - Edifícios e espaços públicos de Solar City. 1- Estação do transporte público eficiente e a 300 metros das residências. 2 e 3- Edificações com elementos de sombreamento e entorno com vegetação. 4- Canal de captação e armazenamento das águas pluviais. Fonte: adaptado de Rinovability, 2011. ....	83
Figura 34 - Localização do Município de Vitória no Brasil. Fonte: PMV, 2011.....	86
Figura 35 - Vista parcial de Vitória (ao fundo, após a Terceira Ponte, o município de Vila Velha). Fonte: PMV, 2011. ....	88
Figura 36 - Média Mensal das Temperaturas Máxima e Mínima no período de 1976 a 2009. Fonte: INCAPER, 2011.....	89
Figura 37 - Média Mensal da Precipitação e de Dias Chuvosos no período de 1976 a 2009. Fonte: INCAPER, 2011.....	89
Figura 38 - Processo de montagem do abrigo meteorológico. a- Corte dos pratos de isopor; b- Montagem dos pratos com barras rosqueadas e espaçadores de PVC; c- Numeração dos aparelhos de medição; d- Colocação dos aparelhos no interior do abrigo; e- Fixação do abrigo em haste e base de ferro; f- Detalhe do abrigo concluído. ....	91
Figura 39 - Faixa territorial inicialmente selecionada no município de Vitória-ES. Fonte da imagem: adaptado de Google Earth, 2011. ....	92
Figura 40 - Detalhe ampliado da faixa amostral com destaque para os pontos escolhidos nos bairros envolvidos na área considerada. Fonte da imagem: adaptado de Google Earth, 2011.....	92
Figura 41 - Localização dos aparelhos instalados no ponto P5 - Praça dos Namorados. Fonte da imagem: adaptado de Google Earth, 2011. ....	100
Figura 42 - Pontos medidos no terceiro teste da metodologia na faixa territorial de amostragem. ...	104
Figura 43 - Balanço energético entre o sol e a Terra. Fonte: Bittencourt, 2003, p. 25.....	105
Figura 44 - Carta Solar de Vitória - ES (latitude 20° sul). Fonte: Alvarez, 2007, p. 4.....	113
Figura 45 - Exemplo de Rosa-dos-ventos anual (orientação e velocidade). Eugene, Oregon, EUA. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 37.....	114
Figura 46 - Exemplo de Carta de Ventos (velocidade em milhas/h e direção). Saint Louis, Missouri, EUA. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 38. ....	114
Figura 47 - Modelo da Ficha Bioclimática. Fonte: adaptado de Romero, 2001.....	115
Figura 48 - Carta Bioclimática. Fonte: adaptado de Olgyay, 2002, p. 22. ....	117

Figura 49 - Carta Bioclimática esquemática elaborada por Fonseca (1982 <i>apud</i> ROMERO, 2000, p. 54). .....	118
Figura 50 - Foto da Rua das Palmeiras localizada em Itararé, Vitória - ES. ....	119
Figura 51 - Ficha Bioclimática do Ponto 1 - Itararé.....	120
Figura 52 - Carta Bioclimática do Ponto 1 - Itararé.....	121
Figura 53 - Foto da Avenida Nossa Senhora da Penha localizada em Vitória - ES.....	122
Figura 54 - Ficha Bioclimática do Ponto 2 – Reta da Penha. ....	123
Figura 55 - Carta Bioclimática do Ponto 2–Reta da Penha. ....	124
Figura 56 - Foto da Rua Moacyr Avidos localizada na Praia do Cantoem Vitória - ES.....	125
Figura 57 - Ficha Bioclimática do Ponto 3 - Praia do Canto. ....	126
Figura 58 - Carta Bioclimática do Ponto 3 – Praia do Canto. ....	127
Figura 59 - Foto da Praça dos Namorados localizada em Vitória - ES. ....	128
Figura 60 - Ficha Bioclimática do Ponto 4 – Praça dos Namorados. ....	129
Figura 61 - Carta Bioclimática do Ponto 4 – Praça dos Namorados. ....	130

# LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Registro do primeiro dia de medição da temperatura nos seis locais considerados observando-se a pequena variação entre os pontos.....	94
Gráfico 2 - Registro do segundo dia de medição da temperatura nos seis locais considerados observando-se a pequena variação entre os pontos.....	95
Gráfico 3 - Registro do terceiro dia de medição da temperatura nos seis locais considerados observando-se uma relativa variação entre os pontos. ....	96
Gráfico 4 - Registro do quarto dia de medição da temperatura nos seis locais considerados observando-se a variação entre os pontos e a perceptível redução da temperatura após 15h.....	97
Gráfico 5 - Registro do quinto dia de medição da temperatura nos seis locais considerados observando-se a menor variação no ponto 5.....	98
Gráfico 6 - Médias de temperatura dos cinco dias de medições.....	99
Gráfico 7 - Variação de temperatura de acordo com a localização dos aparelhos.....	102
Gráfico 8 - Variação de temperatura média do denominado ponto5 em relação à estação automática de Vitória.....	103
Gráfico 9 - Variação de temperatura registrada no primeiro dia de medições nos quatro pontos. ....	107
Gráfico 10 - Variação de umidade registrada no primeiro dia de medições nos quatro pontos.....	107
Gráfico 11 - Variação de temperatura registrada no segundo dia de medições nos quatro pontos. .	109
Gráfico 12 - Variação de umidade registrada no segundo dia de medições nos quatro pontos.....	110
Gráfico 13 - Variação de temperatura registrada no terceiro dia de medições nos quatro pontos. ....	112
Gráfico 14 - Variação de umidade registrada no terceiro dia de medições nos quatro pontos.....	112
Gráfico 15 - Variação de temperatura do ponto 1 registrada no dia 04/11/2011, com destaque para o aumento da temperatura a partir de 14h20min.....	132
Gráfico 16 - Variação de temperatura do ponto 2 registrada no dia 04/11/2011.....	134
Gráfico 17 - Variação de temperatura somente do ponto 3 registrada no dia 04/11/2011.....	136
Gráfico 18 - Variação de temperatura do ponto 4 registrada no dia 04/11/2011.....	138
Gráfico 19 - Variação de médias de temperatura ( $\Delta t_n$ ) entre os pontos medidos e a registrada pela Estação Automática de Vitória no dia 04/11/2011.....	139

# LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Caracterização sistemática do clima. Elaborado a partir de Romero (2000). .....	27
Quadro 2 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano. Fonte: adaptado de Monteiro, 2003, p. 29. ....	33
Quadro 3 - Características urbanas e suburbanas importantes para a formação de ilhas de calor e seus efeitos no balanço de energia sobre a superfície terrestre. Fonte: Elaborado a partir de Gartland (2010). ....	37
Quadro 4 - Síntese da variável sol e radiação solar em um assentamento urbano. Fonte: elaborado a partir de Higuera (2006, p. 102, tradução nossa).....	40
Quadro 5 - Síntese da influência da variável água em um assentamento urbano. Fonte: elaborado a partir de Higuera (2006, p. 102, tradução nossa).....	40
Quadro 6 - Influência da variável vegetação em um assentamento urbano. Fonte: elaborado a partir de Higuera (2006, p. 103, tradução nossa).....	41
Quadro 7 - Influência da variável vento em um assentamento urbano. Fonte: elaborado a partir de Higuera, 2006 (p. 103, tradução nossa).....	41
Quadro 8 - Resumo das categorias e indicadores estabelecidos para a avaliação qualitativa dos projetos urbanos. Fonte: adaptado de Miana, 2000, p. 152. ....	44
Quadro 9 - Matriz de interação entre o meio natural e o meio urbano. Fonte: elaborado a partir de Higuera (2006, p. 97, tradução nossa).....	62
Quadro 10- Análise do ecobairro GWL de acordo com os indicadores ambientais. Elaborado a partir de Miana (2010). ....	81
Quadro 11 - Análise do ecobairro Solar City de acordo com os indicadores ambientais. Elaborado a partir de Miana (2010). ....	84
Quadro 12 - Características dos pontos analisados. ....	93
Quadro 13 - Características dos locais de instalação dos aparelhos de medição. ....	101
Quadro 14 - Valores das condições climáticas do primeiro dia registradas pela estação automática de Vitória. Fonte: INMET, 2011.....	106
Quadro 15 - Valores das condições climáticas do segundo dia registradas pela estação automática de Vitória. Fonte: INMET, 2011.....	108
Quadro 16 - Valores das condições climáticas do terceiro dia registrados pela estação automática de Vitória. Fonte: INMET, 2011.....	111

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>1.2</b>	<b>Objeto e Justificativa</b> .....	18
<b>1.3</b>	<b>Objetivos: Geral e Específicos</b> .....	19
<b>1.4</b>	<b>Procedimentos metodológicos da pesquisa</b> .....	20
<b>2</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO DA CLIMATOLOGIA URBANA</b> .....	25
<b>2.1</b>	<b>Noções de Climatologia</b> .....	25
<b>2.2</b>	<b>Clima no Brasil</b> .....	27
<b>2.3</b>	<b>Clima e Microclima Urbano</b> .....	31
2.3.1	Ilhas de calor .....	34
<b>3</b>	<b>A CONFIGURAÇÃO URBANA E O CLIMA</b> .....	39
<b>3.1</b>	<b>A qualidade ambiental no contexto urbano</b> .....	42
<b>3.2</b>	<b>A influência da forma urbana nos microclimas</b> .....	48
3.2.1	Rugosidade e porosidade .....	49
3.2.2	Densidade e ocupação do solo.....	50
3.2.3	Horizontalidade e verticalidade.....	51
3.2.4	Permeabilidade.....	51
3.2.5	Propriedades dos materiais .....	52
3.2.6	Massas d'água e vegetação .....	53
<b>4</b>	<b>O PLANEJAMENTO URBANO SUSTENTÁVEL ATRAVÉS DO ESTUDO DOS MICROCLIMAS</b> .....	56
<b>4.1</b>	<b>Estratégias de planejamento urbano bioclimático</b> .....	60
4.1.1	Traçado da rede viária.....	63
4.1.2	Zonas verdes e Espaços livres .....	65
4.1.3	Inserção das edificações .....	70

4.1.4	Materiais de superfícies .....	75
4.1.5	Exemplos de projetos com ênfase em qualidade ambiental .....	76
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASOS.....</b>	<b>85</b>
<b>5.1</b>	<b>Aspectos climáticos e geográficos de Vitória-ES .....</b>	<b>85</b>
<b>5.2</b>	<b>Análise quantitativa: medição microclimática.....</b>	<b>90</b>
5.2.1	Metodologia de medição.....	90
5.2.2	Teste 1 da metodologia .....	93
5.2.3	Teste 2 da metodologia .....	99
5.2.4	Teste 3 da metodologia .....	103
<b>5.3</b>	<b>Análise qualitativa.....</b>	<b>113</b>
5.3.1	Método Romero: Ficha Bioclimática .....	114
5.3.2	Método Olgyay: Carta Bioclimática.....	116
5.3.3	Aplicação dos métodos para análise dos pontos.....	118
5.3.3.1	Ponto 1 – Itararé.....	119
5.3.3.2	Ponto 2 – Reta da Penha .....	122
5.3.3.3	Ponto 3 – Praia do Canto .....	125
5.3.3.4	Ponto 4 – Praça dos Namorados .....	128
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>131</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>141</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>143</b>



# 1 INTRODUÇÃO

A história da humanidade é marcada pela luta do homem em busca da sua sobrevivência, sendo o seu grande desafio a compreensão e o domínio do ambiente natural. No entanto, esta relação população/meio ambiente, embora muito antiga, nem sempre foi devidamente analisada, tem se alternado, através do tempo, no que se refere ao domínio de uma das partes sobre a outra e a importância dada a cada uma delas, talvez, em busca de um pretense e complexo equilíbrio.

Segundo Mendonça (2003), no final do século XX, a população mundial mudou sua característica de predominantemente rural para predominantemente urbana. Desde então, as consequências desta mudança são ainda mais notórias nas visões social, econômica e ambiental, e conforme Pesci (2003) o consumo energético sem reposição, a substituição da terra produtiva por terra improdutivo e a contaminação do ar, do solo e da água implicam no aumento da exclusão social, insegurança e insatisfação da população, sendo fatores de difícil governabilidade, frente ao crescimento explosivo e exponencial.

O processo de urbanização, portanto, torna-se bastante significativo em termos de modificação do clima na escala local, uma vez que a materialidade física da cidade e as atividades dela decorrentes promovem alterações nos balanços energético, térmico e hídrico, resultando na criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas (GONÇALVES, 2003).

Assim, as diferentes feições dos espaços intra-urbanos geram processos com intensidades distintas de aquecimento da camada de ar em que se inserem [...]. Contribui de forma significativa para a geração das ilhas de calor, devido ao calor sensível liberado para o ar pelas atividades de produção, notadamente industriais, de transporte, lazer e mesmo aquelas do cotidiano das populações das cidades (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 48).

No mundo contemporâneo, para Gonçalves (2003), a sociedade permanece, ainda, bastante vulnerável e indefesa diante de “eventos naturais extremos”, particularmente aqueles de origem meteorológica, hidrológica e geológica, apesar do constante avanço tecnológico e dos esforços para o conhecimento destas forças da natureza.

Diante desta realidade, diversas pesquisas são realizadas a fim de propor solução para tal problemática urbana/ambiental. Os estudos são multidisciplinares e, muitas vezes, são direcionadas pelo conceito de planejamento urbano sustentável, o qual pode admitir práticas de projeto e execução que objetiva melhorar o desempenho do meio urbanizado, tanto no caso de requalificação de áreas existentes, quanto em novas urbanizações.

## 1.2 Objeto e Justificativa

O objeto deste trabalho é o microclima urbano gerado por configurações urbanas, partindo do pressuposto que as estruturas do entorno, o uso e a ocupação do solo, influenciam diretamente nas condições climáticas.

O conhecimento dos perfis climáticos e de suas mudanças em decorrência da urbanização possibilita a elaboração de soluções arquitetônicas mais adequadas para cada região. Tão importante quanto o clima geral de uma região, está o entendimento do entorno próximo, denominado “microclima de um lugar” (SERRA, 2002 *apud* STRAMANDINOLI, 2008). Diferentemente das áreas rurais, nas cidades, as condições climáticas gerais estão modificadas, transformando-se em um microclima característico destas áreas, denominado “microclima urbano”.

A substituição das áreas verdes e permeáveis por edifícios e áreas pavimentadas resulta em alterações nos microclimas urbanos, causando, muitas vezes, desconforto ambiental principalmente para os pedestres, especialmente em regiões de clima tropical. Essas alterações são caracterizadas, sobretudo, pelo aumento da temperatura do ar e dos elementos urbanos com as consequentes alterações também nos ambientes internos, gerando, entre outros efeitos, a elevação do consumo de energia pelo uso dos sistemas de condicionamento ativo (SHINZATO, 2009).

Os fatores fundamentais para a formação do microclima urbano são o sítio, a função e a morfologia urbana. O sítio é o local, no sentido topográfico, onde a cidade está inserida; a função refere-se à atividade principal desenvolvida; e a morfologia urbana é composta pelos seguintes elementos: solo, edifícios, lote, quarteirão, fachadas,

logradouros, traçado, ruas, praças, monumentos, vegetação e mobiliário (LAMAS, 1992). Assim, nota-se que tais fatores são modelados pelo homem e que este, por sua vez, tem o poder de alterar as características atmosféricas e ecológicas de um lugar (MONTEIRO, 1976 *apud* GONÇALVES, 2003).

Nas áreas urbanizadas, os processos de troca de energia e umidade entre o solo e o ar assumem ampla complexidade, em decorrência da diversidade espacial que as superfícies urbanas apresentam e da dinâmica das atividades desenvolvidas nas cidades (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

De modo geral, os problemas ambientais nas áreas metropolitanas brasileiras apresentam pontos comuns, porque correspondem aos segmentos da superfície terrestre mais intensamente transformados, afinal, o crescimento demográfico acelerado produz, quase sempre, inadequada artificialização, alteração no ambiente local e maior vulnerabilidade em relação aos eventos do sistema natural. A atividade humana nestas áreas intensifica o problema habitacional, a deficiência de infraestrutura básica, as desigualdades socioeconômicas e a consequente segregação espacial, que repercute com grande intensidade no ambiente natural (GONÇALVES, 2003).

A questão ambiental, assim como a infraestrutura e o desenvolvimento econômico-social, são fatores importantes para o planejamento urbano. Dessa forma, a falta de políticas de planejamento, que acompanhem o crescimento das cidades brasileiras, é um importante fator que tem contribuído para a degradação da qualidade ambiental e de vida da população.

### **1.3 Objetivos: Geral e Específicos**

Definiu-se como o objetivo geral da pesquisa avaliar a influência da configuração urbana na formação dos microclimas urbanos, utilizando espaços territoriais do município de Vitória – ES como amostragem de estudo.

Considerando o recorte geográfico estabelecido – a cidade de Vitória – os seguintes objetivos específicos foram delineados:

- Apresentar os principais aspectos da forma urbana – como a densidade, a tipologia das edificações e os equipamentos urbanos – que influenciam nas condições climáticas do entorno;
- Indicar algumas estratégias do planejamento urbano bioclimático que podem contribuir para qualidade ambiental das cidades e para o desenvolvimento sustentável;
- Desenvolver uma metodologia de medição dos microclimas urbanos;
- Avaliar quantitativamente os microclimas urbanos através de medições das condições climáticas em pontos representativos dos diferentes tipos de configuração urbana no estudo de caso;
- Selecionar um ou mais métodos de avaliação qualitativa de microclimas urbanos para aplicação no estudo de caso;
- Comparar o resultado das avaliações dos microclimas e os diferentes tipos de configuração urbana, identificando fatores da morfologia urbana na amostragem do estudo de caso que interferem nas condições climáticas.

#### **1.4 Procedimentos metodológicos da pesquisa**

A metodologia foi elaborada a partir de quatro etapas fundamentais: a primeira consiste no estabelecimento do referencial teórico e conceitual quanto à climatologia urbana, à relação da configuração urbana com a modificação das variáveis climáticas, à questão da qualidade ambiental no espaço urbano, ao planejamento sustentável através do estudo dos microclimas e às principais estratégias de projeto alicerçadas nos critérios ambientais. Para tanto, são consultadas teses e dissertações, artigos em periódicos indexados, normas e *sites* de interesse. Na segunda, é definida a amostragem para as medições microclimáticas, a partir de critérios previamente selecionados, onde os pontos dos casos de estudos são detalhadamente caracterizados. Na terceira, desenvolve-se o trabalho de campo, cujos procedimentos são estabelecidos a partir de normas específicas e estudos anteriores. Na quarta etapa, ocorre a elaboração de gráficos, síntese das medições efetuadas e a qualificação dos pontos através da aplicação de métodos de avaliação ambiental propostos por três pesquisadores da temática em questão, previamente

selecionados. Por fim, realiza-se uma discussão dos resultados e as considerações finais são apresentadas. A síntese metodológica encontra-se representada na Figura 1.

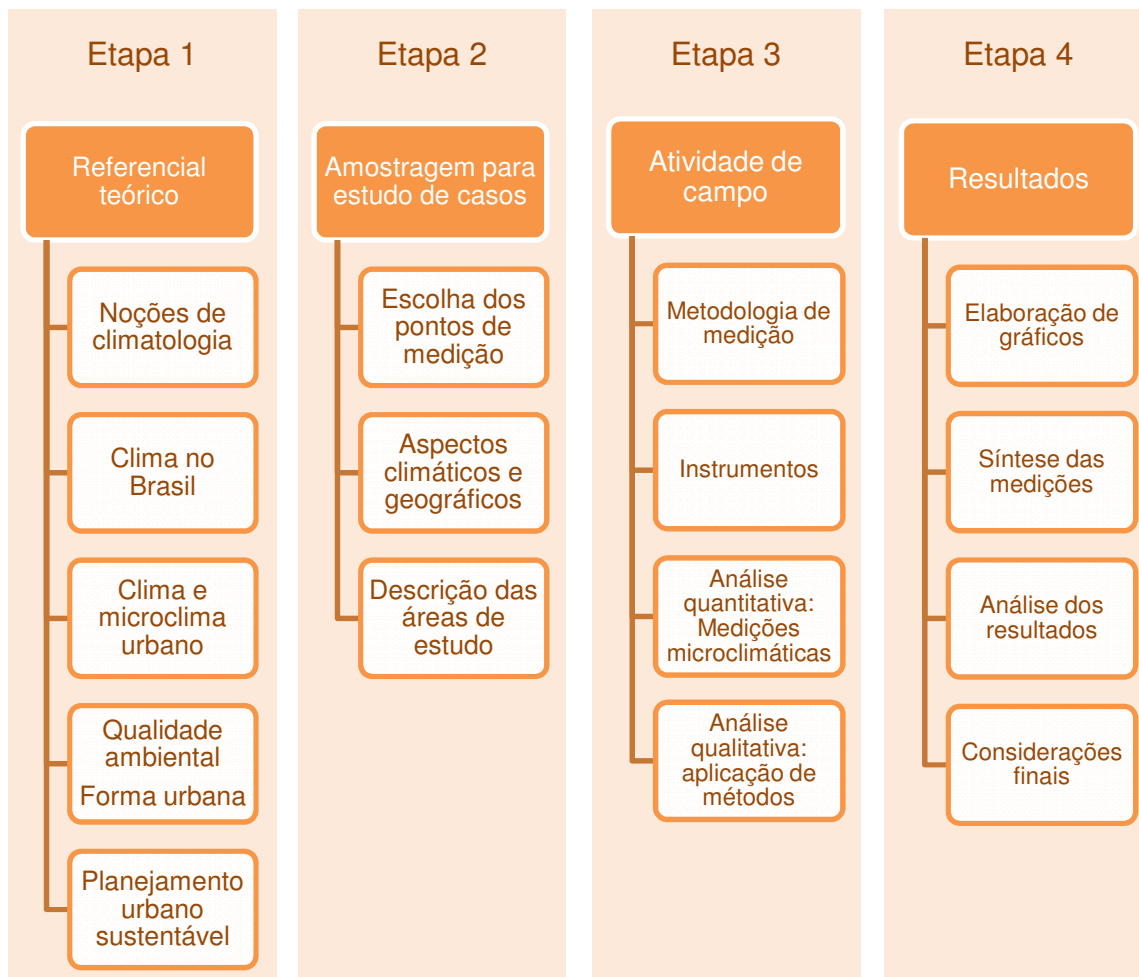


Figura 1 - Síntese dos procedimentos metodológicos.

O referencial teórico se inicia com a identificação da necessidade de compreensão da conceituação básica da climatologia, onde são explicitadas as escalas climáticas – macroclima, mesoclima e microclima – que a informação climática pode ser considerada; os fatores climáticos globais – radiação solar, latitude, longitude, altitude, ventos, massas de água e terra – que definem o clima de uma região; os fatores climáticos locais – topografia, vegetação e superfície do solo – que são elementos que podem alterar o clima local; e elementos climáticos – temperatura, umidade do ar, precipitações e movimento do ar – que são os elementos constitutivos do clima.

A partir da compreensão dos aspectos básicos relacionados à climatologia, tornou-se necessária a caracterização do clima no Brasil, onde há uma considerável diversidade da tipologia climática devido a sua extensão territorial com diversos elementos atmosféricos e fatores geográficos. Os conceitos de clima urbano, microclima urbano, ilhas de calor e a influência das configurações urbanas no clima também são aspectos da abordagem conceitual, visto que as cidades apresentam um conjunto de características – rugosidade e porosidade, densidade construída, ocupação do solo, horizontalidade e verticalidade, permeabilidade do solo, propriedades dos materiais e, presença de massas d'água e vegetação – que altera as informações climáticas.

A primeira etapa evidencia a importância do estudo dos microclimas para a qualidade ambiental e para o planejamento urbano sustentável, sendo enfatizado o caráter essencial desse conhecimento para a elaboração de soluções arquitetônicas mais convenientes para cada região, servindo também como suporte para a elaboração de políticas públicas voltadas para o incentivo às soluções urbanas e arquitetônicas mais eficientes. Assim, são identificadas as principais estratégias arquitetônicas e urbanísticas para o desenvolvimento das cidades alicerçadas nos critérios ambientais, sendo selecionados dois projetos executados nesse contexto. As estratégias são apontadas, especialmente, para os seguintes aspectos: traçado da rede viária, zonas verdes, espaços livres, inserção das edificações e materiais de superfícies.

A escolha da amostragem para o estudo de casos é embasada nos atributos da forma urbana e nos atributos bioclimatizantes, que influenciam o clima de uma determinada região. Para tanto, realiza-se uma descrição dos aspectos climáticos, geográficos e morfológicos do município de Vitória (ES) objetivando a seleção de algumas áreas com diferentes configurações urbanas. As áreas selecionadas – aqui definidas como pontos – são reconhecidas, ilustradas e descritas detalhadamente, a fim de explicitar a relação das características dos locais medidos com a formação dos microclimas. Para a análise qualitativa ambiental, os pontos foram avaliados com base nos métodos de Romero (2000) e Olgyay (2002), os quais desenvolveram as Fichas Bioclimáticas e a Carta Bioclimática, respectivamente.

Para a análise quantitativa, realiza-se um trabalho de campo a partir da metodologia de medição microclimática desenvolvida para esta pesquisa, a qual está descrita

detalhadamente no Subcapítulo 5.2.1. Esse subcapítulo apresenta a evolução da metodologia, considerando que esta foi amplamente testada e aprimorada a fim de obter maior confiabilidade nos dados coletados.

A coleta de dados das informações microclimáticas é baseada nas experiências de diversos pesquisadores como Brandão (2009), Vilela e Assis (2009), Silveira (2007) e Silva (2009), que selecionam pontos com diferentes feições urbanas e realiza as medições através de equipamentos que coletam informações de temperatura e umidade.

A amostragem escolhida para a metodologia de medição microclimática, inicialmente, foi uma faixa territorial no município de Vitória (ES), objetivando ressaltar a formação de microclimas em um pequeno recorte urbano, observando-se que para o estudo, o recorte abrangia os bairros Itararé, Santa Lúcia, Praia do Canto e Ilha do Frade. Os pontos previamente escolhidos, que consistem em diferentes tipos de configurações urbanas, são analisados no mês Setembro – quando ocorre a mudança da estação primavera para o verão –, no período de cinco dias consecutivos e, durante as horas mais quentes do dia, visto que este intervalo de horas apresenta maior diferenciação de temperaturas.

Posteriormente, o recorte territorial e temporal foi alterado, definindo uma nova amostragem, sendo que esta foi reduzida para três pontos de medição, entretanto, cada ponto conta com quatro equipamentos de medição, posicionados estrategicamente a fim de se obter uma coleta de dados com maior confiabilidade. Estes resultados posteriormente são comparados com os dados da estação meteorológica da rede de observação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no Município de Vitória.

Apesar do objetivo de aumentar a qualidade e a confiabilidade da amostragem climática de cada ponto medido ter sido alcançado no segundo teste da metodologia, constatou-se que é de extrema importância a medição simultânea entre os pontos. Por isso, a metodologia foi novamente aprimorada, quando ocorreu nova mudança do recorte territorial e temporal, além de ter sido retomada a concepção de medições simultâneas. Alguns pontos da faixa de amostragem territorial foram eliminados em relação ao primeiro recorte territorial devido à semelhança de características existentes entre alguns pontos que pudessem gerar resultados próximos, e assim, não contribuiriam notoriamente para a discussão

comparativa. As medições foram então realizadas em três dias no mês de novembro, durante uma hora do período mais quente do dia, de forma simultânea e com todos os equipamentos – programados para medir a cada 2 minutos – livres da interferência das sombras, com a finalidade de garantir a qualidade dos dados climáticos captados.

Ao final, os dados são discutidos e ilustrados em gráficos e quadros, para explicitar a comparação dos resultados, que são analisados e discutidos no Capítulo 6 – Discussão dos resultados.



## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA CLIMATOLOGIA URBANA

Para que seja possível a compreensão do clima urbano e suas particularidades, é necessário o entendimento do clima de um modo geral, e de suas variáveis, afinal, cada região possui um tipo de clima e “cada cidade é composta por um mosaico de microclimas diferentes” (DUARTE e SERRA, 2003, p. 8).

### 2.1 Noções de Climatologia

A Climatologia integra-se como uma subdivisão da Meteorologia e da Geografia, sendo que o clima é o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera sobre cada lugar (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A informação climática, conforme Mascaró (1996) é considerada em três escalas, conforme ilustrado na Figura 2:

**MACROCLIMA:** os dados como insolação, nebulosidade, precipitações, temperatura, umidade e ventos, são obtidos em estações meteorológicas e juntos, descrevem o clima geral de uma região.

**MESOCLIMA:** os dados desta escala são diferentes do macroclima, pois sofrem influência de elementos geográficos locais, como vales, montanhas, massas de água e vegetação.

**MICROCLIMA:** os dados são determinados a partir da influência das ações humanas, edificações e outros elementos capazes de modificar o contexto mesoclimático.

Figura 2 - Características climáticas. Elaborada a partir dos conceitos adotados por Mascaró (1996).

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a temperatura, a umidade e a pressão atmosférica são os elementos constitutivos do clima que interagem na formação dos diferentes climas da Terra. Todavia, estes elementos, em suas diferentes manifestações, variam espacial e temporalmente em decorrência da influência dos fatores geográficos, que são: a latitude, a altitude, a maritimidade, a continentalidade, a vegetação e as atividades humanas.

A fim de caracterizar o clima, para um melhor entendimento, Romero (2000) faz uma sistematização, conforme apresentada no Quadro 1.

Caracterização do clima	
Fatores climáticos globais	<b>Radiação solar:</b> é a energia transmitida pelo sol através de ondas magnéticas, que após sofrer as interferências da superfície terrestre e da atmosfera, produz um aumento na temperatura do ar.
	<b>Latitude, longitude, altitude:</b> determinam a posição de um lugar no globo terrestre, sendo mais influentes no clima, a latitude, que se refere ao distanciamento da linha do Equador (quanto mais longe, menor a temperatura média do ar) e a altitude, que se refere ao nível do mar (quanto maior a altura, menor a quantidade de partículas sólidas e líquidas responsáveis pela difusão da radiação solar, ou seja, menor a temperatura do ar).
	<b>Ventos:</b> são correntes de convecção atmosférica, consequente das variações barométricas, que tendem a igualar o aquecimento diferencial das diversas zonas.
	<b>Massas de água e terra:</b> as massas continentais de terra têm maior alteração do clima quando posicionadas próximo a corpos d'água, devido à diferente capacidade de armazenagem de calor das massas de água e de terra. Um corpo de água é capaz de reduzir as temperaturas extremas diurnas e estacionais do seu entorno.

Caracterização do clima (continuação)	
Fatores climáticos locais	<b>Topografia:</b> é a forma da superfície terrestre que afeta diretamente o microclima, pois a orientação e a declividade das regiões acidentadas influenciam os aportes de radiação solar.
	<b>Vegetação:</b> contribui de forma significativa para a definição de microclimas, devido ao processo de fotossíntese realizado pela vegetação, que auxilia na umidificação do ar, atenuando as temperaturas extremas.
	<b>Superfície do solo:</b> as características do solo natural e do solo construído são influentes no microclima, por exemplo, na capacidade térmica e na capacidade de drenagem.
Elementos climáticos	<b>Temperatura:</b> a energia solar é desigualmente distribuída, uma vez que esta é alterada por todos os fatores climáticos globais e locais.
	<b>Umidade do ar:</b> gerada pela evaporação natural da água, da evapotranspiração dos vegetais e de outros processos. A umidade relativa do ar diminui com o aumento de temperatura.
	<b>Precipitações:</b> ocorrem a partir da condensação do vapor d'água na atmosfera, restituindo a água evaporada de volta a terra sob formas diversas, seja pelas condensações superficiais (orvalho e geada), ou pelas precipitações sob forma líquida (chuva, neve e granizo).
	<b>Movimento do ar:</b> é o resultado das diferenças de pressão atmosférica, influenciado pela temperatura, o ar se movimenta horizontal e verticalmente.

Quadro 1 - Caracterização sistemática do clima. Elaborado a partir de Romero (2000).

## 2.2 Clima no Brasil

O Brasil situa-se em uma faixa intertropical e por isso recebe uma considerável insolação, elevando sua temperatura, juntamente à pluviosidade, caracterizando-se como um país predominantemente de clima quente e úmido. De acordo com Mascaró (1996, p.19), “o clima tropical-úmido caracteriza-se por temperaturas médias superiores a 18°C, consideravelmente uniformes durante todo o ano, e por

chuvas mais intensas na estação em que o sol está alto e, seca quando o sol está baixo”.

Até por volta dos anos de 1970, em algumas localidades tropicais do Brasil, os elementos e fenômenos atmosféricos eram observados e mensurados por aparelhos fabricados nos países da zona temperada e aferidos para a realidade brasileira. Por isso, até há pouco tempo, o trabalho de meteorologistas e climatólogos, em tais condições, deixava muito a desejar no que diz respeito à confiabilidade dos dados gerados. Contudo, a aplicação de novos equipamentos e novas tecnologias – como o emprego de imagens de radar e de satélites –, promoveu avanços consideráveis na Climatologia brasileira nas últimas décadas, facilitando os estudos regionais e locais, que ainda encontram-se muito concentrados no centro-sul do Brasil e, recentemente, também na Região Nordeste (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Devido a sua extensão geográfica, o Brasil possui uma variável tipologia climática, resultante, também, da diversidade de elementos atmosféricos e fatores geográficos. Entre os principais fatores que determinam os tipos climáticos brasileiros, Mendonça e Danni-Oliveira (2007) destacam:

- **Configuração geográfica:** formato triangular com a maior extensão próxima à Linha do Equador;
- **Maritimidade / Continentalidade:** contínua extensão litoral e expressiva extensão de terras afastadas da superfície marítima;
- **Altitudes do relevo:** são modestas, atingindo o extremo somente de 3.000m;
- **Extensão territorial:** cerca de 8.511 milhões de Km<sup>2</sup>, disposta em sua grande maioria no hemisfério Sul;
- **Formas do relevo:** as serras, planaltos e planícies formam corredores naturais para o desenvolvimento de sistemas atmosféricos em grandes extensões;
- **Dinâmica das massas de ar e frentes** (Figura 3): as principais são a equatorial (continental e atlântica), a tropical (continental e atlântica) e a polar atlântica.

Através destes fatores, juntamente com a presença da vegetação e das atividades humanas, o país apresenta cinco principais tipos climáticos (Figura 3): Clima

equatorial, Clima tropical equatorial, Clima tropical litorâneo do Nordeste oriental, Clima tropical do Brasil Central e o Clima subtropical úmido.

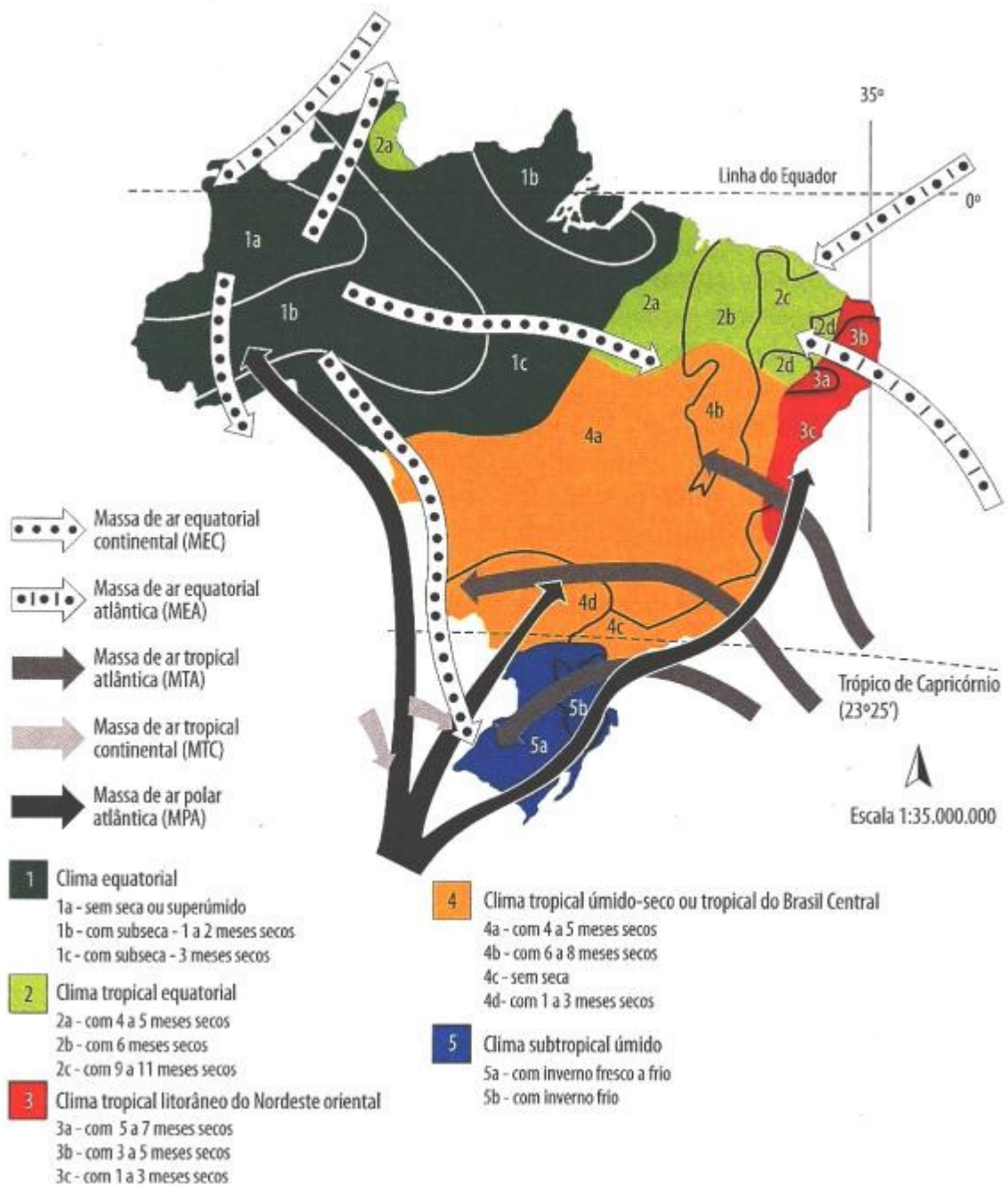


Figura 3 - Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos. Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira, 2007.

De acordo com o INMET (2011), é possível analisar o comportamento térmico do Brasil através das "Normais Climatológicas" que são obtidas pelo cálculo das médias de parâmetros meteorológicos. Porém, obedecendo a critérios recomendados pela

Organização Meteorológica Mundial (OMM), essas médias referem-se a períodos padronizados de trinta anos, sucessivamente, de 1901 a 1930, 1931 a 1960 e 1961 a 1990. Considerando que o Brasil iniciou a atividade de observação meteorológica somente em 1910, o primeiro período padrão possível de ser calculado foi o de 1931 a 1960, conseqüentemente, o mais recente é o período de 1961 a 1990 (Figura 4).

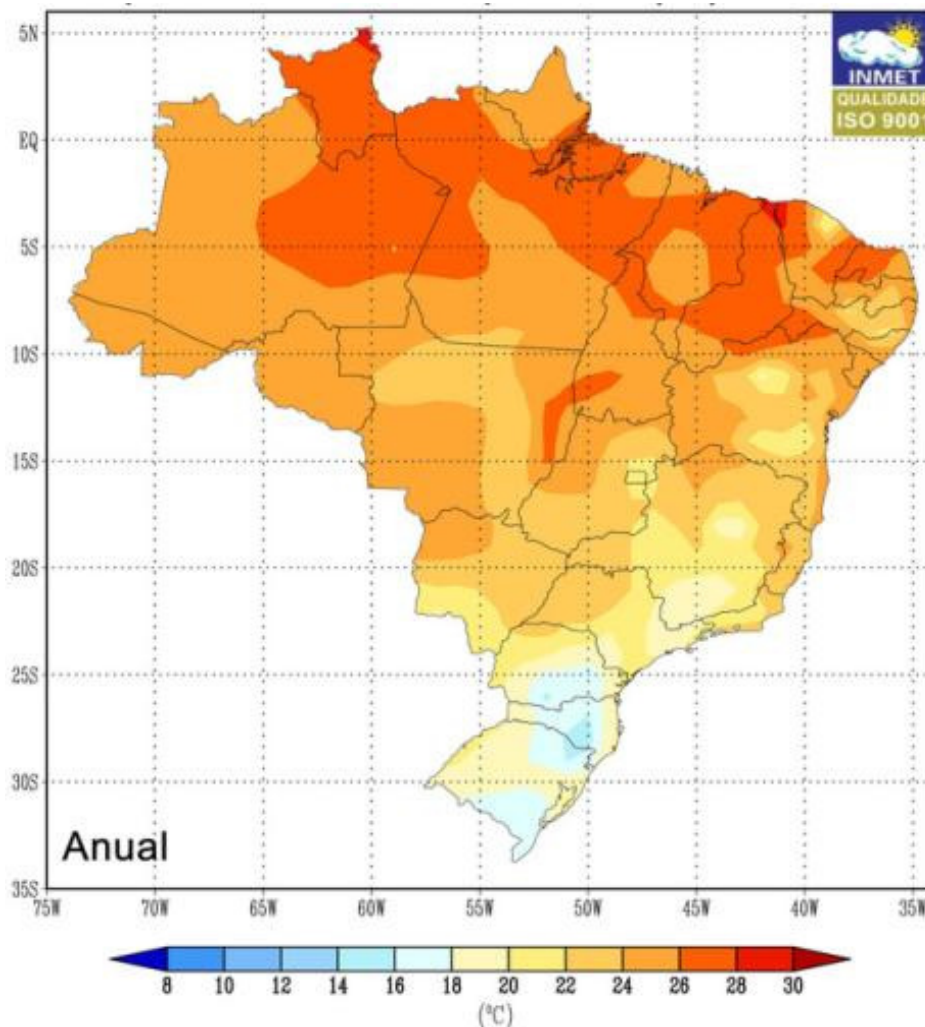


Figura 4 - Normais Climatológicas do Brasil do período 1961-1990 de temperatura média compensada (°C). Fonte: INMET, 2011.

A norma NBR 15220 (ABNT, 2003) apresenta um zoneamento bioclimático que compreende oito diferentes zonas (Figura 5), as quais possibilitam a identificação dos parâmetros e condições de conforto das cidades brasileiras. A norma também aponta diretrizes construtivas para cada zona bioclimática, tais como: tamanho das aberturas das edificações para a ventilação, proteção das aberturas, vedações externas e estratégias de condicionamento térmico passivo.

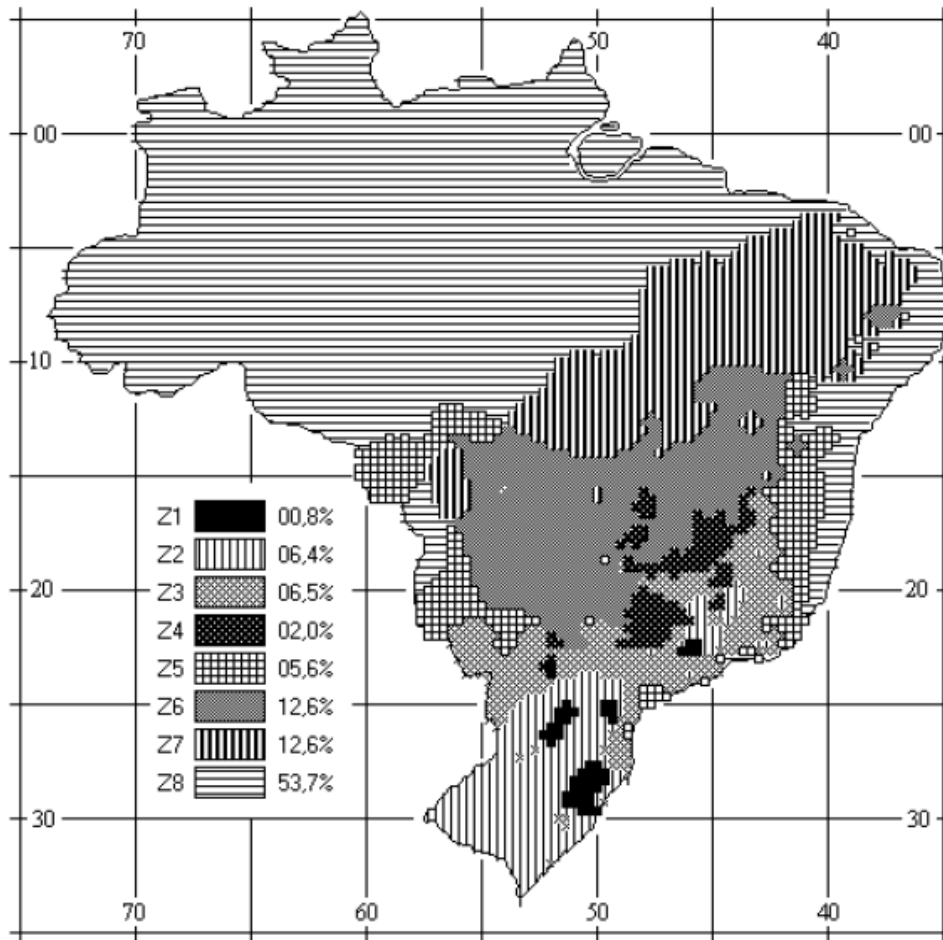


Figura 5 - Zoneamento bioclimático brasileiro. Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2003).

Vale ressaltar que a amostragem do caso de estudo desta pesquisa, está inserida na denominada zona bioclimática 8, onde as edificações devem possuir grandes aberturas para ventilação, sendo estas sombreadas, e vedações externas – paredes e coberturas – leves e refletoras (ABNT, 2003).

## 2.3 Clima e Microclima Urbano

Na literatura brasileira, a definição de clima urbano é igualmente descrita por Monteiro (1976, p.25), Lombardo (1985, p.22) e Mascaró (1996, p.33): “O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. Para complementar, Lombardo (1985, p.22) afirma que “é um

mesoclima que está incluído no macroclima e que sofre, na proximidade do solo, influências microclimáticas derivadas dos espaços urbanos”.

Segundo Monteiro (1976), o Sistema Clima Urbano compõe-se de três subsistemas – o termodinâmico, o físico-químico e o hidrodinâmico –, onde cada um destes subsistemas corresponde, respectivamente, a um canal de percepção climática, sendo eles o conforto térmico, a qualidade do ar e o impacto meteórico.

As mudanças climáticas ocorrem em meio à urbanização, pois as cidades alteram diversos fatores do clima, como o considerável aumento de temperatura, formação de mais nuvens e nevoeiros no inverno, velocidade de deslocamentos das massas de ar menores do que sobre áreas rurais, menos rajadas de vento e mais calmarias. Estas mudanças aumentam a concentração de poluentes na camada atmosférica e propiciam desastres ambientais (LANDSBERG, 1962, 1970 *apud* OLIVEIRA, 1988).

Conforme Oliveira (1988), a intensificação de poluentes torna a atmosfera urbana mais densa, dessa forma, contribuindo para o efeito estufa, devido ao maior acúmulo de energia térmica nesta atmosfera. Lombardo (1985) afirma que a corrente de ar quente ascendente, juntamente com este aumento de poluentes, pode até gerar chuvas ácidas sobre o meio urbano.

A cidade é o local de maior concentração de energia, seja esta consumida ou desperdiçada. Este desperdício encontra-se diretamente relacionado com a distância existente entre o local de procedência ou de produção da energia e seu local de consumo, os processos de beneficiamento, estocagem e distribuição para dentro dos assentamentos humanos, bem como com a estrutura espacial e com os hábitos de consumo da população (MASCARÓ, 1996, p. 34).

O microclima dentro de uma escala climática, segundo Oke (1982, *apud* STRAMANDINOLI, 2008), possui um raio de influência de até 1 (um) quilômetro. Diferentemente das áreas rurais, nas cidades as condições climáticas gerais estão modificadas, transformando-se em um microclima característico destas áreas, denominado “microclima urbano”.

Monteiro (2003) elaborou um quadro didático (Quadro 2) que relaciona as categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano. Ao observar o quadro, é possível afirmar que o estudo do microclima, por ser a menor escala climática, se apresenta como a base, sendo fundamental para o início de outros estudos climáticos.



Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
				Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
Milhões de Km	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
Milhões de Km	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
Centenas de Km	1:1.000.000 1:5.000.000	Sub-Regional	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapeamento sistemático
Dezenas de Km	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico Rede complementar	Integração geológica Ação antrópica	Análise espacial
Centenas de metros	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande, bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis	Urbanismo	Especiais
Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade, bairro ou subúrbio de cidade	Registros móveis	Arquitetura	Especiais
Metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação Habitação Setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	Especiais

Quadro 2 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano. Fonte: adaptado de Monteiro, 2003, p. 29.

Os fatores fundamentais para a formação do microclima urbano são: o sítio, a função e a morfologia urbana, sendo que o sítio é o local, no sentido topográfico, onde a cidade está inserida; a função refere-se à atividade principal desenvolvida; e a morfologia urbana é composta pelos seguintes elementos: solo, edifícios, lote, quarteirão, fachadas, logradouros, traçado, ruas, praças, monumentos, vegetação e mobiliário (LAMAS, 1992). Assim, nota-se que tais fatores são modeláveis pelo homem e que este, por sua vez, tem o poder de alterar as características atmosféricas e ecológicas de um lugar (MONTEIRO e GONÇALVES, 2003).

Nas áreas urbanizadas, os processos de troca de energia e umidade entre o solo e o ar assumem ampla complexidade, em decorrência da diversidade espacial que as superfícies urbanas apresentam e da dinâmica das atividades desenvolvidas nas cidades (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Estes processos de troca de energia auxiliam na formação de um microclima, neste caso, representado por um notório aumento de temperatura, podendo denominar-se “ilha de calor”.

### 2.3.1 Ilhas de calor

Muitos são os estudos a respeito das ilhas de calor, sendo a seguir apresentada a síntese dos principais aspectos sobre este fenômeno a partir da análise de alguns pesquisadores previamente selecionados:

- **O conceito de ilha de calor e suas características**

Segundo Oke (1972) *apud* Lombardo (1985), ilha de calor é o resultado das modificações dos parâmetros da superfície e da atmosfera pela urbanização, sendo um fenômeno que constitui parte do estudo do clima urbano.

Gartland (2010) apresenta cinco principais características:

- Após o pôr do sol, as ilhas de calor são geralmente mais quentes, sendo mais frescas após o amanhecer. O ar no dossel urbano, ou seja, abaixo das copas das árvores e edifícios, pode ser até 6°C mais quente do que o ar em áreas rurais;
- A temperatura do ar é elevada em consequência do aquecimento das superfícies artificiais, que absorvem mais calor solar do que a vegetação natural;
- As diferenças de temperatura são realçadas quando os dias estão calmos e claros;
- São mais intensas nas áreas onde há maior desenvolvimento urbano e menor quantidade de vegetação; e

- O ar mais quente das ilhas de calor apresenta-se na “camada limite”, ou seja, a camada de ar que abrange até 2000m de altura da superfície. Este efeito é provocado pela inversão térmica<sup>1</sup>.

Oliveira (1998) considera importante ressaltar que a ilha de calor continua existindo à noite, pois nesse período, ocorre a dissipação da energia térmica armazenada durante o dia pela estrutura urbana, sendo que no inverno o efeito é ainda mais acentuado que no verão. Assim como Oke (1987) *apud* Gartland (2010), que relata a existência de magnitudes de pico de uma ilha de calor de até 7°C e complementa que esses picos geralmente acontecem cerca de 3 a 4 horas após o pôr do sol, dependendo dos materiais urbanos.

- **Como as ilhas de calor são formadas**

A ilha de calor é formada devido a fatores como: a transformação de energia no interior das cidades, através das formas construídas, com diversas cores e materiais que conduzem calor; pela redução do efeito de resfriamento causado pela evaporação, devido a pouca presença de vegetação; e pela produção de energia antropogênica, ou seja, a energia produzida pelas atividades humanas, indústrias, habitações e trânsito (ERIKSEN, 1978 *apud* LOMBARDO, 1985).

Para a formação deste fenômeno, Mascaró (1996) afirma que a forma e a posição das edificações são mais importantes que a distância percorrida pelo vento sobre a cidade ou a população que ocupa (Figura 6).

---

<sup>1</sup>Inversão térmica é um fenômeno natural que acontece devido ao rápido aquecimento e resfriamento da superfície em alguns locais. O ar frio, como é menos denso, tende a ficar retido pela camada de ar quente que está acima dele e a reter todos os poluentes consigo, uma vez que o ar não circula mais. Assim, o fenômeno é agravado nos grandes centros urbanos devido à presença de poluentes como o gás carbônico (FARIA, 2008).

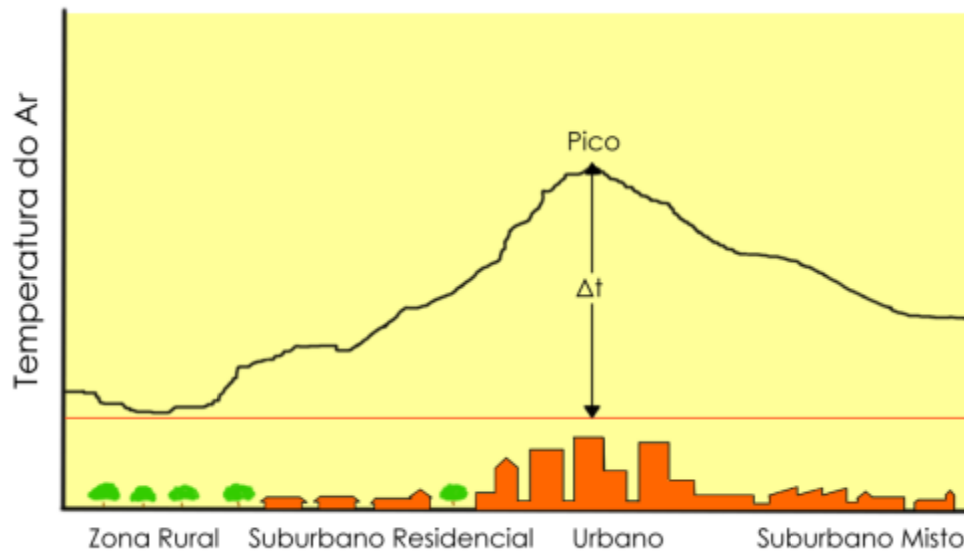


Figura 6 - Corte de uma típica ilha de calor urbana. Fonte: Oke, 1976 *apud* Mascaró, 1996.

Para Gartland (2010) as ilhas de calor são formadas nas áreas urbanas e suburbanas por razões como:

- Nos ambientes urbanos não há umidade suficiente para dissipar o calor solar, pois a maior parte dos materiais de construção é impermeável e estanque;
- A concentração de pavimentos e revestimentos escuros, no plano horizontal e vertical, que absorve e armazena mais energia solar; e
- Grande quantidade de calor antropogênico, ou seja, energia produzida pelo homem, que é intensificado com as menores velocidades do vento e poluição do ar existente nas áreas urbanas.

As principais características dos ambientes urbanos que contribuem para a formação do fenômeno e alteram o balanço de energia sobre a superfície terrestre seguem listadas no Quadro 3.

Características que contribuem para a formação de ilhas de calor		Efeitos sobre o balanço de energia
1	Falta de vegetação	Reduz evaporação
2	Utilização difundida de superfícies impermeáveis	Reduz evaporação
3	Maior difusividade térmica dos materiais urbanos	Aumenta o armazenamento de calor
4	Baixa refletância solar dos materiais urbanos	Aumenta saldo de radiação
5	Geometrias urbanas que aprisionam o calor	Aumenta saldo de radiação
6	Geometrias urbanas que diminuem as velocidades dos ventos	Reduz convecção
7	Aumento dos níveis de poluição	Aumenta saldo de radiação
8	Aumento da utilização de energia	Aumenta o calor antropogênico

Quadro 3 - Características urbanas e suburbanas importantes para a formação de ilhas de calor e seus efeitos no balanço de energia sobre a superfície terrestre. Fonte: Elaborado a partir de Gartland (2010).

- **Impactos negativos das ilhas de calor**

Os impactos negativos das ilhas de calor normalmente são facilmente perceptíveis, visto que podem causar desconforto às pessoas, bem como diversos problemas de saúde, devido ao calor ou à poluição, despesas elevadas com energias e redução na qualidade de vida.

As ilhas de calor podem modificar as correntes de vento e quando o dia está calmo, as cidades recebem ventos da periferia em direção ao centro, aumentando a possibilidade de concentração de poluentes no ar. Altera, também, a quantidade de precipitação, podendo aumentar de 5 a 10% e, devido ao efeito da rugosidade das construções, o ar quente ascendente e ocorre o aumento dos núcleos de condensação (LOMBARDO, 1985).

- **Como mitigar as ilhas de calor**

A maioria dos pesquisadores consultados que buscam soluções para amenizar as ilhas de calor ressalta a importância da utilização de coberturas frescas, pavimentos frescos e ampla adoção de vegetação que, certamente, são estratégias eficientes para a mitigação deste fenômeno. Contudo, Gartland (2010) apresenta em sua obra “Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas”, estratégias que uma comunidade pode seguir para desenvolver e executar um plano de ação com este intuito, como motivar ações que possam embasar uma resolução, investigar estatisticamente a estrutura urbana e os materiais utilizados pela comunidade e, conscientizar as pessoas através de um amplo sistema de informações sobre o referente assunto.

### 3 A CONFIGURAÇÃO URBANA E O CLIMA

Na análise ambiental urbana, conforme Lombardo (1985), é necessário considerar o espaço tridimensional, ou seja, planos horizontais e verticais (incluindo o espaço aéreo, o solo da cidade e o espaço subterrâneo) e as características do meio natural (sol, vegetação, vento, água e geomorfologia), para, então, relacioná-las com as variáveis climáticas influentes (temperatura, umidade, vento, radiação solar, etc.).

A partir do conhecimento dos perfis climáticos e de suas mudanças em decorrência da urbanização, é possível elaborar soluções arquitetônicas convenientes para cada região, facilitando assim o processo do planejamento. Segundo Serra (2003, *apud* STRAMANDINOLI, 2008), o entorno próximo, denominado “microclima de um lugar”, é tão importante quanto o clima geral de uma região.

O conforto térmico e visual dos espaços abertos é fortemente dependente do projeto urbano. As decisões do arquiteto urbanista podem transformar o microclima, tornando-o confortável ou insuportável. Assim, o clima local será determinante nas decisões de projeto (CORBELLA, 2003, p. 25).

Com a finalidade de sintetizar a influência das variáveis climáticas e do meio natural em um assentamento urbano, Higuera (2006) elaborou os quadros a seguir expondo as principais considerações relacionadas a estas variáveis:

	Fator	Condicionantes de desenho	Influências no planejamento
Influência da variável sol e radiação solar em um assentamento urbano	Número de horas de sol	Insolação	Desenho urbano e traçado de ruas
	Ângulo máximo de obstrução solar	Orientações que podem variar dependendo da latitude	Altura da edificação e largura das ruas para diferentes orientações Usos do solo, para regular a quantidade de horas de sol
	Orientações planta	Inverno e Verão	Orientação ótima das redes viárias e das edificações
	Sombras	Inverno: manhã e tarde Verão: manhã e tarde	Condiciona os usos e a plantação de árvores
	Radiação difusa	Albedo do solo Número de dias nublados	Condiciona os usos do solo Influi na iluminação natural segundo os acabamentos de superfície
	Fatores de localização que influenciam a radiação solar direta	Latitude Situações de abrigadas de vento Fundo de vale	Condiciona a localização dos assentamentos e seu crescimento

Quadro 4 - Síntese da variável sol e radiação solar em um assentamento urbano. Fonte: elaborado a partir de Higuera (2006, p. 102, tradução nossa).

	Fator	Condicionantes de desenho	Influências no planejamento
Influência da variável água em um assentamento urbano	Umidade relativa ambiental	Inverno / Verão	Localização de zonas verdes e espaço livres. Usos do solo. Aptidão para plantar vegetação.
	Balanco hídrico	Precipitação – potencial de evaporação	Seleção de acabamentos de superfícies urbanas
	Fatores que favorecem a umidade	Existência de vegetação Existência de água superficial ou subterrânea	Controle do microclima urbano para melhorar as condições de conforto Acabamentos de superfícies de espaços livres urbanos Controle de permeabilidade do solo e do escoamento de águas pluviais
		Escoamento superficial Impermeabilidade (capacidade)	Oportunidade de desenhos de fontes, espelhos d'água, etc., nos espaços urbanos

Quadro 5 - Síntese da influência da variável água em um assentamento urbano. Fonte: elaborado a partir de Higuera (2006, p. 102, tradução nossa).



	Fator	Condicionantes de desenho	Influências no planejamento
Influência da variável vegetação em um assentamento urbano	Vegetação ótima para:	Melhorar a umidade: espécies, densidade, tipo de folha	Situação das zonas verdes urbanas para melhorar os condicionantes do microclima Controle da radiação solar direta Usos urbanos
		Radiação solar: espécies, densidade, tipo de folha, porte, orientação solar	Determina as zonas sombreadas e expostas para usos urbanos
		Controle frente ao vento: espécies, densidade, tipo de folha, porte, distribuição	Melhora as condições do microclima e o bem estar da população
		Controle frente ao ruído: espécies, densidade, tipo de folha, porte, distribuição	Espécies perenes com talude de terra
		Controle frente a contaminação e qualidade do ar: função clorofílica, densidade, tipo de folha, porte	Espécies residentes a contaminação atmosféricas e partículas em suspensão

Quadro 6 - Influência da variável vegetação em um assentamento urbano. Fonte: elaborado a partir de Higuera (2006, p. 103, tradução nossa).

	Fator	Condicionantes de desenho	Influências no planejamento
Influência da variável vento em um assentamento urbano	Existência geral de ventos	Montanha – Vale Brisas	Orientação da trama urbana para determinar sua canalização ou controle, dependendo das estações. Usos do solo
	Ventos dominantes locais	Inverno / Verão	
	Ventos moderadores locais	Inverno / Verão	
	Ventos nulos	Inverno / Verão	Localização das zonas abrigadas para a rede de espaços livres no inverno
	Fatores que modificam a velocidade do vento	Acabamento superficial Altitude Presença de obstáculos naturais ou urbanos	Orientação da malha urbana para determinar sua canalização e controle Escolha dos acabamentos de superfícies urbanas Situação ou eliminação de barreiras naturais ou artificiais

Quadro 7 - Influência da variável vento em um assentamento urbano. Fonte: elaborado a partir de Higuera, 2006 (p. 103, tradução nossa).

A materialidade física da cidade e as atividades nela decorrentes, portanto, promovem alterações nos balanços energético, térmico e hídrico, trazendo como consequência modificações importantes nas propriedades do meio natural,

propiciando, assim, a criação de condições climáticas que serão determinantes para a qualidade ambiental.

### **3.1 A qualidade ambiental no contexto urbano**

O tratamento da questão ambiental em meio urbano tem se tornado um grande desafio, e atualmente, como acelerado desenvolvimento das cidades, a preocupação com a qualidade ambiental dos espaços utilizados pelo ser humano vem se destacando consideravelmente.

Para Higuera (2006), o urbanismo bioclimático, ou seja, aquele que visa à qualidade ambiental, se enquadra dentro do planejamento sustentável, cujo objetivo é melhorar a qualidade de vida das pessoas aproveitando ao máximo os recursos disponíveis e controlando os efeitos negativos sobre o meio ambiente nas suas diversas escalas (recursos da superfície, do clima, energéticos, paisagísticos e socioeconômicos).

A correta gestão ambiental da cidade, segundo Folch (2003), é ter a preocupação com quatro necessidades básicas: a de garantir a atividade socioeconômica; a de garantir a qualidade ambiental urbana; a de estruturar o território produtivo; e a de evitar a deterioração da periferia urbana.

Garcias (2001) atenta para a questão do uso dos recursos naturais, o qual provoca a perda de equilíbrio do meio ambiente. De acordo com o autor, o equilíbrio sustentável pode ser atingido através da racionalidade da forma e da quantidade desse uso, logo, o desempenho ambiental poderia ser medido com o resultado da relação entre os recursos financeiros obtidos e consequentes perdas ambientais (Figura 7).

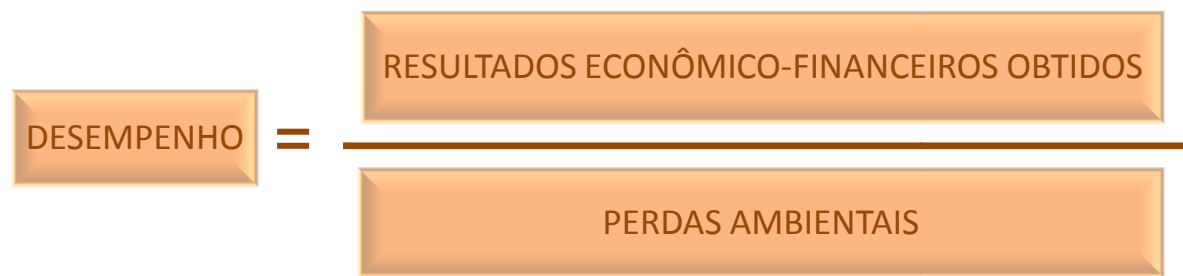


Figura 7 - O desempenho ambiental medido através da relação entre os recursos financeiros obtidos e as perdas ambientais. Fonte: adaptado de Garcias, 2001, p. 276.

Com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de instrumentos informativos e medidas que reflitam os princípios da sustentabilidade e que sejam capazes de guiar as tomadas de decisão de planejamento, Miana (2000) selecionou um conjunto de indicadores<sup>2</sup> da qualidade ambiental nas cidades e estabeleceu cinco categorias, sendo cada uma composta por três indicadores que têm relação direta com o desenho urbano, abordando aspectos ambientais e, também, resultados econômicos/sociais da intervenção urbana. Conforme descritas no Quadro 8, as categorias analisadas são: compacidade; mobilidade; espaço público e área verde; eficiência no uso dos recursos naturais, água e energia; e diversidade urbana e expressão arquitetônica.

<sup>2</sup> Segundo Garcias (2001, p. 277) “Entende-se por indicador aquela informação que explicita o atributo que permite a qualificação das condições dos serviços”.

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE URBANA	
Categoria 1	Relacionados à <b>COMPACIDADE</b> :
	<b>Densidade edificada</b> : número de habitações por hectare.
	<b>Compacidade absoluta</b> : relação do volume edificado com o território, apresentando a altura média da edificação de uma determinada área.
	<b>Proximidade de usos e funções urbanas</b> : possibilidade de atingir o modelo compacto sustentável.
Categoria 2	Relacionados à <b>MOBILIDADE</b> :
	<b>Acesso ao transporte público</b> : acesso inferior a 300m de qualquer ponto da cidade (equivalente a 5 minutos a pé até um ponto de parada de transporte público).
	<b>Incentivo ao transporte sustentável (a pé ou bicicleta)</b> : ciclovias e caminhos de pedestres interligados ao transporte público e áreas destinadas a estacionamentos.
	<b>Inibir o uso de automóveis</b> : redução e especificação do espaço de estacionamento e restrição ao acesso de determinados locais como o interior de quadras e pequenas vias.
Categoria 3	Relacionados à <b>ESPAÇO PÚBLICO E ÁREA VERDE</b> :
	<b>Relação da porcentagem da superfície de viário público destinado ao transporte motorizado e destinado ao espaço livre</b> : porcentagem de viário público para o tráfico de automóveis de passeio e de transporte público de superfície, em comparação com a porcentagem de viário público destinado aos espaços livres.
	<b>Qualidade e habitabilidade dos espaços públicos (conforto térmico e acústico)</b> : relação do tempo de uso útil do espaço público em que uma pessoa se encontra em condições críticas tolerantes ou de conforto térmico em função da estrutura urbana e do microclima. Através da observação da presença de fatores que possam interferir no conforto térmico e acústico, como: árvores, fontes de ruídos ou poluição, distância das vias, etc.
	<b>Quantidade e acesso dos cidadãos às áreas verdes</b> : proporção de área verde com relação a toda área analisada e sua distribuição e, o acesso às áreas verdes a uma distância equivalente a cinco minutos a pé.
Categoria 4	Relacionados à <b>EFICIÊNCIA NO USO DOS RECURSOS NATURAIS, ÁGUA E ENERGIA</b> :
	<b>Eficiência energética</b> : redução do consumo de energia adotando estratégias arquitetônicas.
	<b>Geração de energia renovável</b> : incentivo a geração e uso de energias renováveis.
	<b>Consumo de água</b> : adoção de estratégias para aproveitamento de águas do âmbito urbano e incentivo à redução do consumo de água.
Categoria 5	Relacionados à <b>DIVERSIDADE URBANA E EXPRESSÃO ARQUITETÔNICA</b> :
	<b>Diversidade de usos</b> : acesso a diversos usos, principalmente, aos serviços básicos.
	<b>Diversidade social</b> : interação da moradia da população de baixa renda.
	<b>Diversidade edificatória e expressão arquitetônica</b> : integração entre arquitetura, tecnologia, natureza e diversidade.

Quadro 8 - Resumo das categorias e indicadores estabelecidos para a avaliação qualitativa dos projetos urbanos. Fonte: adaptado de Miana, 2000, p. 152.

Moyano (1991 *apud* BASSANI, 2001) também salienta a vantagem de analisar a qualidade ambiental urbana através de indicadores. Os indicadores podem ser utilizados com o auxílio de índices<sup>3</sup>, que medem efetivamente critérios como a qualidade do ar, da água, do transporte, da disponibilidade de água potável, etc. Bassani (2001), por sua vez, salienta a necessidade de aplicação de metodologias que avaliem o ambiente de acordo com a percepção das pessoas.

Ao apresentar um estudo de avaliação de moradia em uma determinada amostragem territorial, Wiesenfeld (1995 *apud* BASSANI, 2001), sob a perspectiva da psicologia ambiental, salienta o conceito de qualidade ambiental como indicador da qualidade de vida. A autora afirma que a qualidade ambiental é um termo complexo e multidimensional que se baseia em noções extraídas da referência pessoal do indivíduo.

Percebe-se, então, que através da quantidade de pesquisas baseadas nas percepções humanas que analisam a qualidade de vida nas cidades é algo que está cada vez mais presente no trabalho de psicólogos. Por isso, Moyano (1991 *apud* BASSANI, 2001), propõe que se utilize nos estudos e nas intervenções urbanas, o conceito de qualidade ambiental urbana e não de qualidade de vida, por considerar ser este um conceito muito amplo e de difícil mensuração.

O conhecimento dos espaços urbanos pode ser obtido através de fontes de informações precisas, como os mapas cartográficos e plantas baixas de projetos urbanísticos, contudo, as pessoas são capazes de aprender o traçado e a forma das cidades que residem ou frequentam não somente através da memorização de dados gráficos, mas também a partir de suas próprias experiências cotidianas, observando os edifícios, ruas, cruzamentos, etc. Bassani (2001) explica que estas informações são codificadas e integradas como uma representação coerente, desta forma, o conhecimento espacial não é apenas o registro visual das informações do meio ambiente, mas implica igualmente nos sentidos subjetivos em relação aos locais e o significado pessoal atribuído aos diferentes lugares.

---

<sup>3</sup> “Entende-se por índice o parâmetro que mede o indicador, atribuindo-lhe valores numéricos. Ou seja, o índice tem referência, sendo, portanto, a medida em relação a um certo referencial qualquer daquele indicador, obtido ou desejado em um determinado caso.” (GARCIAS, 2001, p. 277).

Lynch (1960) afirma que cada indivíduo, através de um processo de taxonomia cognitiva, vai filtrando a informação e um modelo individual do mundo, funcionando como marco de referência ambiental. A representação interna desta informação ambiental, conforme Peixoto (1991 *apud* BASSANI, 2001) recebeu múltiplas denominações, sendo as três mais utilizadas: imagem, esquema e mapa cognitivo.

Os mapas cognitivos têm sido uma ferramenta bastante útil para entender, e conseqüentemente, aprimorar as estratégias do planejamento urbano visando à qualidade ambiental, uma vez que esta linha de pesquisa está sendo amplamente estudada dentro da psicologia ambiental, com extrapolações importantes no campo dos estudos que procuram melhorar a orientação espacial individual (ORNSTEIN; BRUNA; ROMÉRO, 1995).

A questão da qualidade de vida nas cidades está diretamente ligada aos problemas ambientais, podendo ser citado como exemplo à questão da população que reside em um meio urbano com alto nível de densidade, que geralmente está mais propensa ao contágio de doenças, devido a constante falta de infraestrutura básica. Tal situação se agrava com a falta de ventilação, insolação e luz natural do ambiente urbano e, com a má qualidade da habitação e do entorno, como a presença de resíduos sólidos nos espaços de convivência (ALCIOLY e DAVIDSON, 1998).

Para McHarg (2000) as doenças físicas – como as doenças do coração, tuberculose, diabetes, sífilis e cirroses –, e as doenças sociais – como suicídios, usos de drogas, alcoolismo, roubo, violação, delinquência juvenil e mortalidade infantil –, apresentam maior concentração em áreas adensadas da cidade e menor qualidade ambiental, contudo, vale ressaltar que esta afirmativa, provavelmente, se deve ao fato da comum correlação destas características à questão econômica, a qual tem maior influência na saúde da sociedade.

Quanto ao desenho urbano adequado para um lugar que possui clima quente-úmido (caso do Brasil), segundo os princípios bioclimáticos propostos por Romero (2000), este deve ser de forma a diminuir a temperatura, aumentar o movimento do ar, evitar a absorção de umidade, proteger das chuvas e promover o escoamento rápido. Inicialmente, devem-se priorizar os lugares altos e a morfologia do tecido urbano deve ser disperso, aberto e extenso, para permitir a ventilação, favorecendo o acesso dos ventos e o rápido escoamento da água.

Ao planejar a cidade em busca de um equilíbrio ambiental, o homem, diante deste processo, realiza processos de trocas térmicas com o meio para, também, estabelecer um adequado equilíbrio. Esta percepção térmica do corpo humano ocorre devido às manifestações climáticas que seu organismo não está preparado para controlar. Os processos de trocas térmicas (Figura 8) podem ser de diversas formas, dentre elas, está a radiação, a condução, a convecção e a evaporação, todas agindo para manter a temperatura interna do corpo em torno de 37°C aproximadamente (ROMERO, 2000).

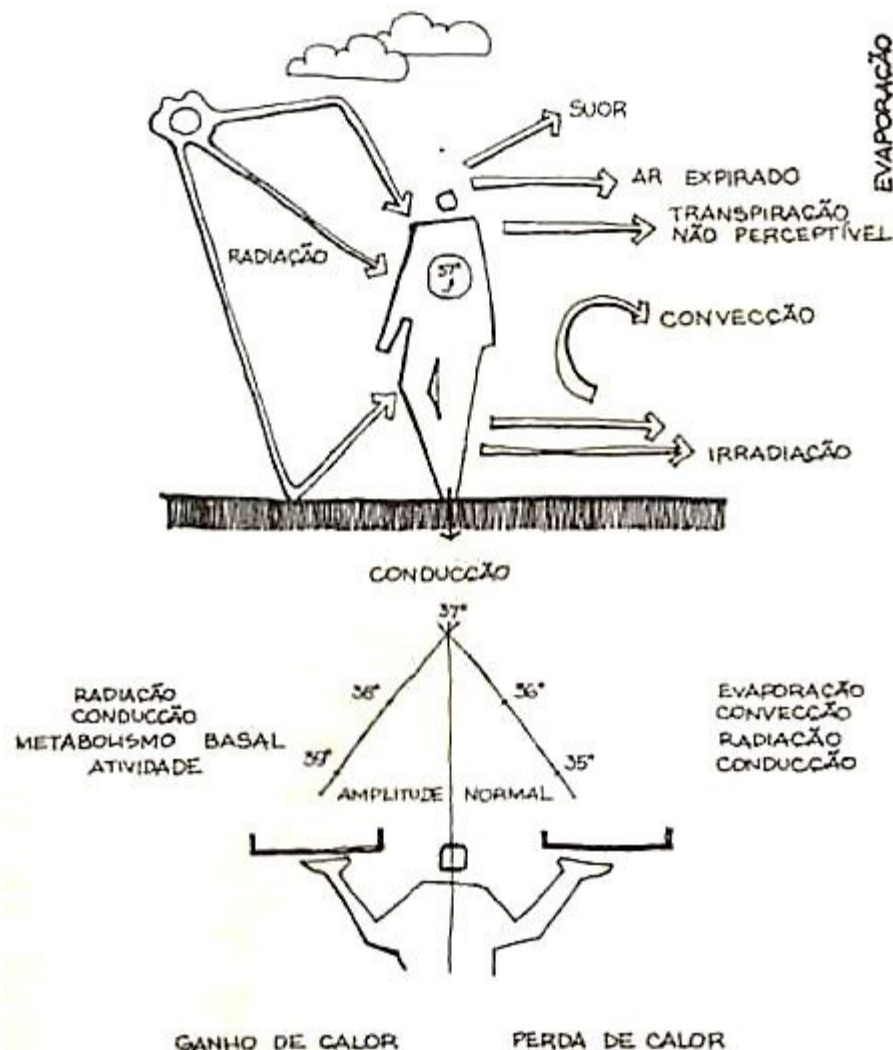


Figura 8 - Equilíbrio térmico do homem. Fonte: Romero, 2000, p. 49.

Portanto, a qualidade ambiental está relacionada a uma série de critérios e conceitos que refletem as ações das pessoas nos diversos ambientes por elas usados, bem como as percepções elaboradas sobre tais ambientes.

### 3.2 A influência da forma urbana nos microclimas

Em grande escala, a forma urbana, a topografia, a radiação solar e a ventilação combinam-se para produzir microclimas que acentuam certas características do macroclima da área. Estes microclimas fazem com que certas localizações dentro de uma área sejam mais vantajosas do que outras, conforme o clima e a estação. Assim, a implantação de grupos de edificações pode aumentar o conforto e a produtividade, alterar a duração das estações de aquecimento ou esfriamento e reduzir a demanda de energia (BROWN e DEKAY, 2004).

Oke (1976 *apud* DUARTE, 2000) afirma que a geometria urbana e as propriedades térmicas das superfícies construídas têm mais influência na magnitude e na configuração da ilha de calor do que o vento ou a densidade da população. Para demonstrar tal afirmação, o autor apresentou um modelo que relaciona a intensidade da ilha de calor com o fator de céu visível ou com a relação H/W (altura, largura) nos *canyons* urbanos<sup>4</sup>.

Nas áreas densamente construídas, edifícios de diferentes alturas permitem maior mobilidade do ar; já nas áreas menos densas, o ideal é a implantação de massa de vegetação, que proporcionem sombreamento e absorção da radiação solar. O sombreamento deve ser prevalectionado também através da orientação das ruas, dos elementos construtivos— como portais e marquises — e no adequado dimensionamento dos espaços públicos, visto que, quando muito grandes, não há um bom aproveitamento das sombras (ROMERO, 2000). Conforme a orientação das ruas, o ângulo de incidência do sol e a direção dos ventos agem de maneiras diferentes e, juntamente com as características térmicas dos materiais de construção e de sua morfologia, geram os diversos microclimas (MASCARÓ, 1996).

---

<sup>4</sup>Segundo Santos (2004), um *canyon* urbano é uma forma de disposição espacial das edificações quando estas estão enfileiradas ao longo de ambos os lados de uma rua. Trata-se de um conjunto de superfícies que determinam um volume de ar em seu interior, sendo limitado pelas paredes das edificações e pelo solo e aberto nas extremidades lateral e superior.



A forma urbana, conforme Oliveira (1998) se torna condicionante do clima urbano através de características como: rugosidade e porosidade, densidade construída, ocupação do solo, horizontalidade e verticalidade, permeabilidade do solo, propriedades dos materiais e, presença de massas d'água e vegetação.

### 3.2.1 Rugosidade e porosidade

A rugosidade do solo é um fator redutor da velocidade dos ventos em superfície, uma vez que desempenha um efeito de fricção sobre os ventos. Assim, as superfícies marítimas favorecem a formação de ventos velozes, enquanto os continentes, devido à heterogeneidade da cobertura de suas superfícies (vegetação e presença de cidades) e às suas características geomorfológicas, tendem a reduzi-la (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Para Lombardo (1985), a rugosidade urbana, quando associada à grande condutibilidade térmica dos materiais, causa efeitos de reflexões da radiação muito complexos, pois essas superfícies aquecidas interagem com o ar, proporcionando um sistema altamente eficiente para aquecer grandes volumes de ar.

A Figura 9 mostra a variação da velocidade dos ventos em função da altura, quando se considera a rugosidade do terreno. “O valor da velocidade do vento mede-se a uma altura de 10 m, e o gráfico indica, de forma relativa, que valor atribuir quando se varia essa altura” (CORBELLA, 2003, p 52).

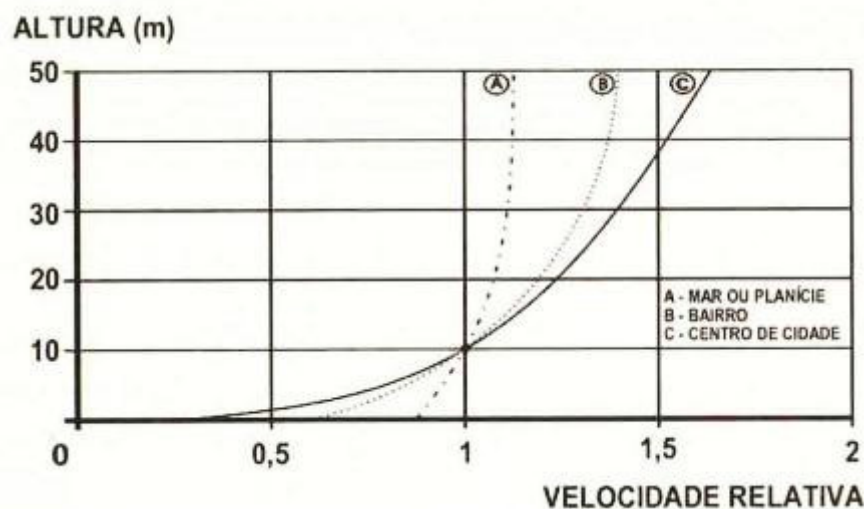


Figura 9 - Modificação da velocidade dos ventos pela rugosidade do terreno. Fonte: Corbella, 2003, p. 52.

A porosidade de um tecido urbano é o espaçamento entre as edificações e/ou arranjos morfológicos permitindo o livre fluxo dos ventos, sendo que esta é definida de acordo com as características da malha urbana (VIDAL, 1991 *apud* ALMEIDA, 2006).

### 3.2.2 Densidade e ocupação do solo

As densidades urbanas representam o número total da população de uma área urbana específica, expressa em habitantes por unidade de terra ou solo urbano, que afetam diretamente os processos de desenvolvimento urbano, exercendo um impacto significativo na saúde, no meio ambiente, na produtividade das cidades e no processo de desenvolvimento humano como um todo (ALCIOLY e DAVIDSON, 1998).

Acioly e Davidson (1998) afirmam que os ambientes urbanos muito densos com pouco espaço livre e áreas verdes, reduzem significativamente o montante de terra a ser consumido por atividades urbanas, podendo ser prejudicial à qualidade ambiental. Contudo, os assentamentos de baixa densidade, demandam uma considerável quantidade de terra e infra-estrutura para um número relativamente pequeno de habitantes. Cria-se, então, um dilema envolvendo o desempenho climático e a sustentabilidade econômica da cidade.

A densidade é o fator chave da sustentabilidade, que ligada ao modelo de ocupação e organização da cidade tem consequência direta sobre: o uso eficiente do transporte público e da infra-estrutura em geral; a congestão e a complexidade urbana; a ocupação do solo; o consumo de recursos naturais, água e energia; a geração de resíduos sólidos; a contaminação da água, do ar e do solo; a porcentagem da área permeável; ao clima urbano; a permeabilidade do vento; o ruído urbano; o acesso ao sol e a disponibilidade de luz natural (MIANA, 2010, p. 109).

Os territórios densamente construídos possuem maior quantidade de superfícies artificiais, contribuindo para a elevação da temperatura, que por sua vez, se agrava quando a forma urbana não contribui para a dissipação do calor através dos movimentos do vento. Estas alterações no microclima urbano intensificam o fenômeno da ilha de calor, podendo afetar o conforto térmico nos espaços externos

e, colaborar na elevação do consumo de energia elétrica para o condicionamento artificial das edificações.

### 3.2.3 Horizontalidade e verticalidade

A altura das edificações pode alterar a temperatura do ar, pois é determinante no grau de insolação sobre as superfícies de um recinto urbano. A relação entre largura e altura de um recinto urbano, define o fator de céu visível (Figura 10). Segundo Oke (1982) *apud* Brandão (2009), o fator de céu visível é a medida mais apropriada para a geometria de radiação de um determinado local, pois representa a fração de céu disponível para a troca de calor. É uma estimativa da área visível do céu a partir de um ponto de observação na malha urbana, sendo definido como a razão entre a radiação total recebida por uma superfície plana e aquela recebida por todo o ambiente radiante. Desta forma o fator de céu visível é uma das principais causas da ilha de calor urbana, porque o resfriamento das superfícies terrestres é proporcional à área de céu visível a partir desta superfície.

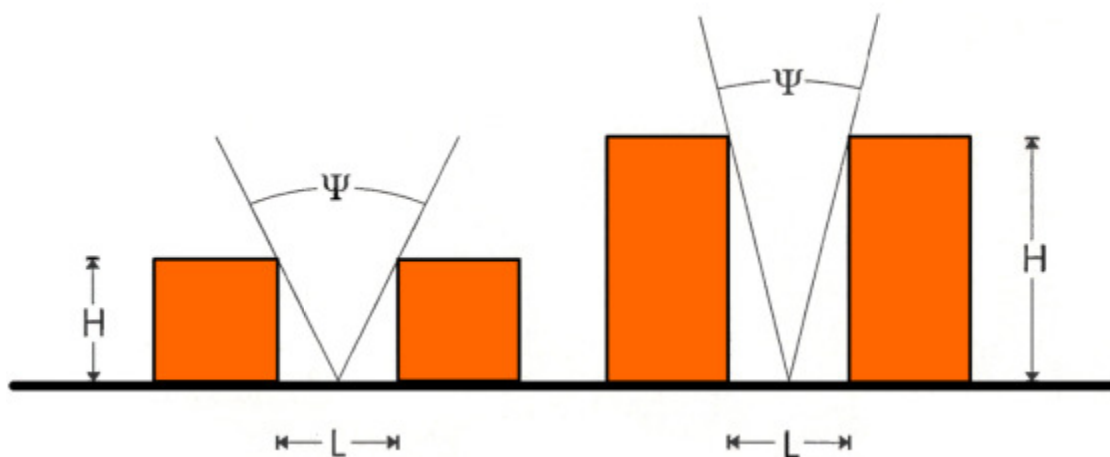


Figura 10 - Fator de céu visível (%) em recintos urbanos. Fonte: Oke, 1976 *apud* Mascaró, 1996.

Gartland (2010), entretanto, afirma que a verticalização cria sombras ao redor dos edifícios que são benéficas em algumas áreas urbanas durante o verão, proporcionando assim, áreas mais frescas durante algumas horas do dia.

### 3.2.4 Permeabilidade

A textura e estrutura determinam a composição granulométrica do solo, que estão diretamente relacionados à sua capacidade de reter ou filtrar a água, isto é, seu grau de permeabilidade. As características da permeabilidade segundo o tipo de solo são determinantes para outras considerações, como o crescimento vegetal, a vulnerabilidade dos aquíferos e a retenção da água no solo, a qual pode causar possíveis inundações, assim, o conhecimento das características do solo se torna fundamental, especialmente para as ações vinculadas ao planejamento urbano (HIGUERAS, 2006).

O solo tem uma influência decisiva também nas condições da camada de ar junto à superfície, pois o solo absorve e emite radiações, evapora e condensa a água e dificulta o movimento do ar (GEIGER, 1961).

A acelerada urbanização provoca a substituição do solo natural por materiais artificiais de pavimentação, gerando extensas superfícies horizontais impermeáveis, por isso, Gartland (2010) sugere, entre outras providências, a utilização de pavimentos fabricados com materiais porosos e frescos e, sempre que possível, utilizar a vegetação ou manter o solo natural.

### **3.2.5 Propriedades dos materiais**

No ambiente urbano ocorre um aumento de energia, através da radiação emitida – de ondas longas – pelos materiais das superfícies horizontais e verticais que constituem a cidade, tais como o concreto, o tijolo, o asfalto e outros materiais de construção (LOMBARDO, 1985).

Gartland (2010) ressalta a influência dos materiais para a intensidade das ilhas de calor, constatando que as cidades construídas com materiais que liberam calor mais rapidamente – como os solos secos e a madeira, por exemplo –, atingem o pico de intensidade da ilha de calor logo após o pôr do sol e, cidades construídas com materiais que liberam calor mais lentamente, como o concreto e a rocha, podem atingir seus picos somente ao amanhecer.

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o albedo é outra propriedade física importante, o qual se caracteriza pela capacidade que os corpos apresentam de refletirem a radiação solar, dependendo de suas cores – albedo máximo nos corpos brancos e mínimo nos corpos pretos – e da sua constituição. Consequentemente,

um corpo com elevado albedo possui baixa capacidade de absorção de energia, uma vez que a maior parte desta é refletida.

Segundo Gartland (2010), a temperatura de superfícies escuras e secas pode chegar a 88°C durante o dia, sendo que as superfícies com vegetação e solo úmido, sob as mesmas condições, chegam a atingir apenas 18°C. Superfícies urbanas como coberturas e calçadas, podem ter suas temperaturas de cerca de 27°C a 50°C mais quentes do que o ar, sendo facilmente perceptível a interferência das superfícies na temperatura resultante nos espaços públicos da cidade.

### **3.2.6 Massas d'água e vegetação**

A presença de massas d'água próximas a um ambiente urbano pode gerar uma brisa local, ocasionando uma interferência microclimática, através do movimento do ar úmido. Esta influência é benéfica para locais de clima seco, porém em áreas quentes e úmidas, no verão, altos valores de pressão de vapor juntamente com o aumento da radiação de ondas longas, produzem a sensação desconfortável de ar quente e úmido (LOMBARDO, 1985).

Já a vegetação é importante numa cidade por proporcionar sombreamento, atenuando os efeitos da radiação solar, além de seu papel depurador do ar, amenizando a concentração de poluentes e temperaturas extremas. Entretanto, a escolha das espécies define a eficácia do desempenho da vegetação, como por exemplo, em regiões com o inverno frio, é aconselhável a escolha de árvores que perdem as folhas nesta época do ano (caducas), permitindo a passagem da radiação solar (ROMERO, 2000). Já em locais de clima quente e úmido, como é o caso de Vitória, o sombreamento constante em todas as épocas do ano é salutar para otimizar a condição de conforto, embora a vegetação do tipo caduca possa ser um importante instrumento auxiliar no combate à poluição atmosférica.

Conforme Mascaró (1996), parte da radiação solar que incide na vegetação é refletida, dependendo do albedo da superfície foliar, e outra absorvida, dependendo da pigmentação das folhas, em média, 50% da radiação de onda curta e 95% da radiação de onda longa. Ainda conforme o autor, através destas propriedades delimita-se o controle da radiação solar pela vegetação, lembrando que outras características como a transparência, cor e espessura das folhas, distribuição e

adensamento dos troncos e ramos, definem a quantidade da radiação a atingir o solo, sendo geralmente, 20% do fluxo incidente sobre a cobertura vegetal e 46% de forma difusa.

A temperatura do ar sob grupamentos arbóreos é de 3°C a 4°C menor que nas áreas expostas à radiação solar, sendo que esta diferença é ainda mais acentuada com a redução do deslocamento do ar entre as áreas sombreadas e ensolaradas. A disposição dos elementos arbóreos e a composição formada por estes através de diferentes portes (Figura 11), também auxiliam na diminuição da temperatura do ar, afinal, a umidade é elevada e a amplitude térmica é reduzida (MASCARÓ, 1996).

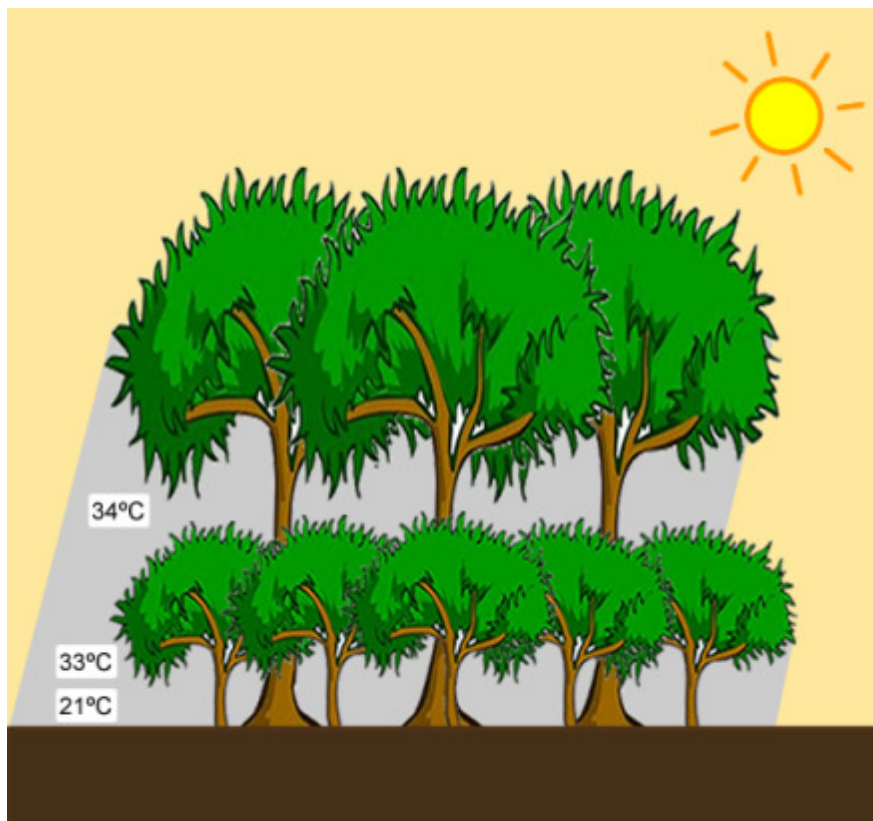


Figura 11- Variação diária da temperatura do ar (°C) sob grupamento composto por espécies vegetais com porte diferente. Fonte: adaptado de Robinette, 1972 *apud* Mascaró, 1996.

Os resultados do esfriamento através do uso da vegetação são obtidos com o efeito conjunto do sombreamento com a evapotranspiração. As árvores reduzem a temperatura do ar ao mesmo tempo que aumentam a sua umidade. O efeito refrescante da vegetação obtido em climas quentes advém predominantemente da evapotranspiração, enquanto que nos climas quentes e úmidos o efeito proporcional do sombreamento é mais significativo. O efeito do

sombreamento varia entre 15 e 35% das economias totais de energia com resfriamento obtidas com o uso de árvores (BROWN e DEKAY, 2004, p. 145).

Robinette (1972) *apud* Mascaró (1996) evidencia a importância da distribuição da vegetação no espaço urbano, pois é capaz de alterar o fluxo dos ventos, que por sua vez, exerce um importante papel na ambiência e na sensação de conforto. Segundo o autor, os efeitos básicos exercidos pela barreira vegetal (Figura 12) são: obstrução (bloqueia o fluxo de ar), deflexão (desvia a direção do fluxo de ar), filtragem (reduz a velocidade do fluxo de ar), e condução (direciona o fluxo de ar).

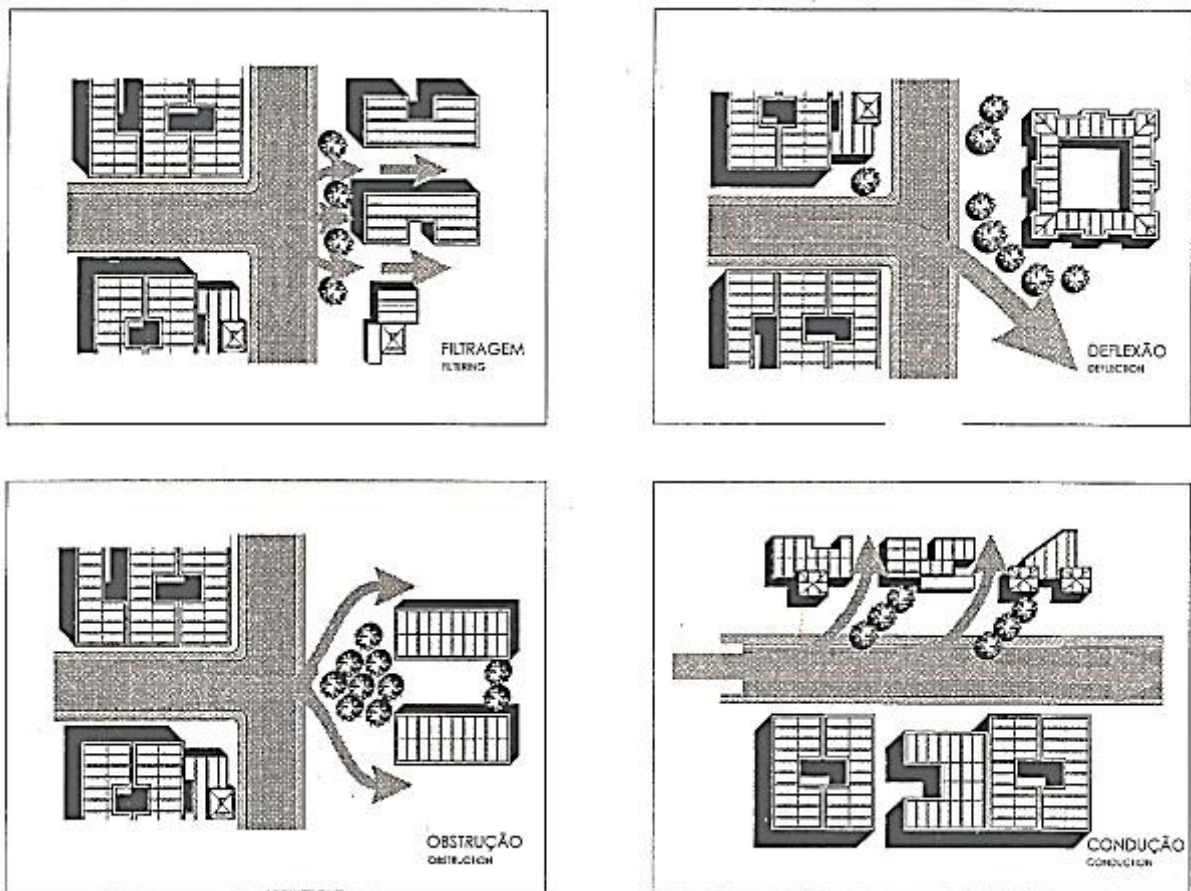


Figura 12- Efeitos básicos da barreira vegetal. Fonte: Robinette, 1972 *apud* Mascaró, 1996.

Geiger (1961) destaca ainda que a vegetação é uma zona de transição entre a superfície do solo e a atmosfera, visto que recebe e emite radiação solar assim como o solo e permite a passagem parcial do fluxo de ar, ou seja, constitui uma parte especial da camada de ar junto ao solo.

## 4 O PLANEJAMENTO URBANO SUSTENTÁVEL ATRAVÉS DO ESTUDO DOS MICROCLIMAS

Atualmente, a sustentabilidade é um assunto global, sendo amplamente discutido em diversas áreas de estudo, inclusive no urbanismo, onde se utiliza o termo planejamento urbano sustentável. São várias as interpretações teóricas a respeito deste termo, revelando algumas imprecisões e ambiguidades, porém todos, de alguma forma, assim como interpreta Folch (2003), procuram assegurar à cidade, a permanência e a continuidade – a médio e longo prazo – dos avanços e melhorias na qualidade de vida, da organização econômica e social e, da conservação do meio ambiente.

Assim, o planejamento urbano sustentável deve se constituir de elementos imprescindíveis para o bem estar da população, uma vez que a qualidade de vida urbana influencia diretamente na saúde física e mental das pessoas. Para que o planejamento urbano seja corretamente desenvolvido, Romero (2000) afirma que é necessária a organização e a instrumentalização das informações sobre os elementos físicos-ambientais, em especial sobre o clima, já que este cria o cenário, expressando-se em dados de temperatura, umidade, precipitação, velocidade e direção do vento, e insolação.

É importante que o planejamento seja entendido como um processo, baseado na multidisciplinaridade, no qual é necessário, primeiramente, um estudo das problemáticas que podem surgir em uma determinada configuração urbana. A partir daí, aplica-se o conhecimento de forma a garantir a continuidade, possibilitando a constante retroalimentação e conservação do propósito inicial.

Quando se inicia o assunto da problemática ambiental, é comum associar tal questão aos aspectos relacionados à vegetação, seja por sua ausência, seja como elemento capaz de minorar os impactos verificados. Entretanto, apesar de desempenhar um importante papel regulador de umidade e de temperatura, a vegetação é apenas uma das opções para o planejamento urbano sustentável.

O desenho do tecido urbano, a forma do traçado inscrito no relevo, a disposição e a proporção das ruas e das quadras edificadas, o desenho urbano de cada bairro e suas formas de conexão com os bairros adjacentes, a conformação e a situação das grandes infraestruturas, o tratamento das principais arteriais e vias de



comunicação, dimensão, localização e natureza das zonas verdes, etc. são elementos carregados de informação histórica, política e ambiental, imprescindíveis para a compreensão da realidade socioecológica global. Em suma, o espaço urbano é uma parte capital do território real, com tanto significado ecológico como as florestas e afloramentos rochosos, talvez até mais (FOLCH, 2003, p. 27 e 28).

Higuera (2006) apresenta um esquema que sintetiza as relações que estabelecem – ou deveriam estabelecer – qualquer processo de desenvolvimento sustentável (Figura 13), onde, a princípio, a sustentabilidade é a soma do meio ambiente e do desenvolvimento.

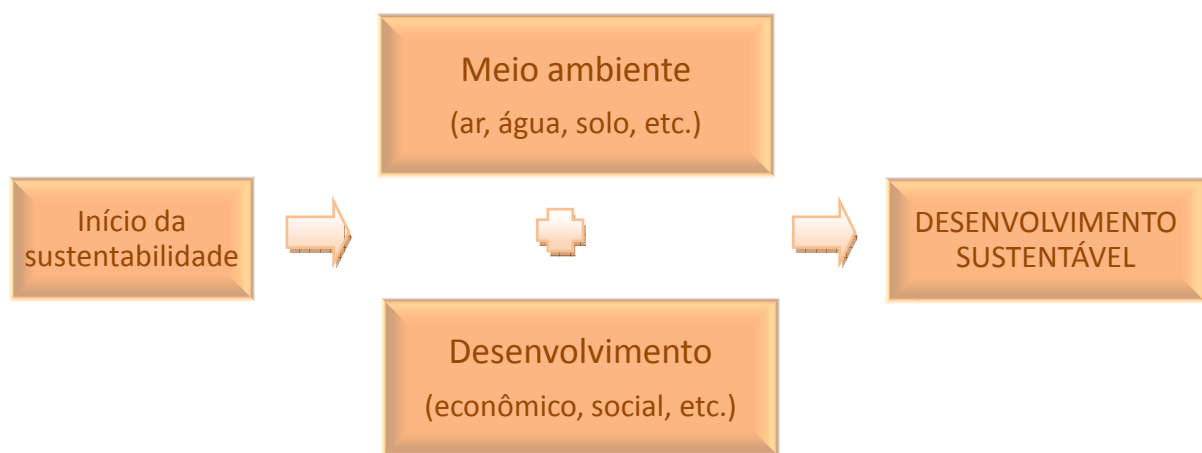


Figura 13 - Síntese das relações que estabelecem um processo de desenvolvimento sustentável. Fonte: adaptado de Higuera, 2006.

Os principais objetivos do planejamento urbano com princípios do desenvolvimento sustentável apontado por Higuera (2006) são:

1. Desenvolvimento socioeconômico equilibrado das regiões;
2. Melhoria da qualidade de vida;
3. Gestão responsável dos recursos naturais e proteção do meio ambiente; e
4. Utilização racional do território.

A questão do “desenvolvimento socioeconômico equilibrado das regiões” envolve amplos conceitos, critérios, estatísticas, recortes temporais e territoriais, que embora sejam de fundamental importância, não interferem na análise desta pesquisa, sendo definido como recorte de abordagem somente os aspectos relacionados com as questões que envolvem o urbanismo, o meio ambiente e o clima.

O objetivo do planejamento urbano “melhoria da qualidade de vida”, também está relacionado ao desenvolvimento socioeconômico das cidades, contudo, notoriamente, está relacionado às consequências ambientais do planejamento urbano, que deve ser condicionado através do estudo dos microclimas, da classificação do solo, da adequabilidade do traçado da rede viária ao meio, do sistema de zonas verdes e de espaços livres e, da ordenação das edificações. Outros critérios referentes à qualidade de vida são abordados no Subcapítulo 3.1- A qualidade ambiental no contexto urbano.

Atendendo a questão da “gestão responsável dos recursos naturais e proteção do meio ambiente”, Higuera (2006) enfatiza a importância dos critérios bioclimáticos de planejamento que priorizam o fechamento dos ciclos ecológicos de matéria e energia, minimizam os impactos negativos sobre o ar, a água e o solo e, também, utilizam de modo eficiente as energias disponíveis.

Segundo Trigueiro (2003) o Brasil é reconhecido como uma potência na área de energias renováveis, além da grande vantagem em poder desfrutar da energia eólica, da energia solar e de biomassa, sendo ainda o país campeão mundial em água doce, tendo 85% da matriz energética proveniente da hidroeletricidade.

O Proálcool ou Programa Nacional do Álcool se firmou como o maior programa de energia renovável do mundo, tendo sido criado no início da década de 70 do século passado com a proposta de reduzir a dependência do petróleo. O programa, entre outros resultados, ampliou a comercialização do biodiesel no País, utilizando como combustível diversos tipos de óleos vegetais, como os retirados da mamona, do babaçu, da amêndoa e do côco (TRIGUEIRO, 2003). Outra opção para reduzir o uso de combustíveis fósseis de acordo com Trigueiro (2003), seria desfrutar da energia nuclear, visto que possui a vantagem de não contribuir para o efeito estufa e também ser uma energia “limpa”, entretanto o Brasil ainda não tem soluções tecnológicas viáveis para resolver a questão do lixo radioativo, dos dejetos e do armazenamento. Se estas energias forem geradas em grande escala e devidamente aproveitadas, contribuiriam para o equilíbrio energético de maneira sustentável e acarretaria uma possível redução no aumento da temperatura global.

De acordo com Greenpeace (2007), as vantagens no uso das fontes renováveis de energia são: aumentar a diversidade da oferta de energia; assegurar a sustentabilidade da geração de energia a longo prazo; reduzir as emissões

atmosféricas de poluentes; fortalecer a garantia de fornecimento, porque diferentemente do setor dependente de combustíveis fósseis, não requerem importação; e diminuir o desmatamento.

A “utilização racional do território” pode se basear nos princípios básicos do urbanismo bioclimático sustentados por Higuera (2006), que podem ser resumidos conforme a Figura 14.

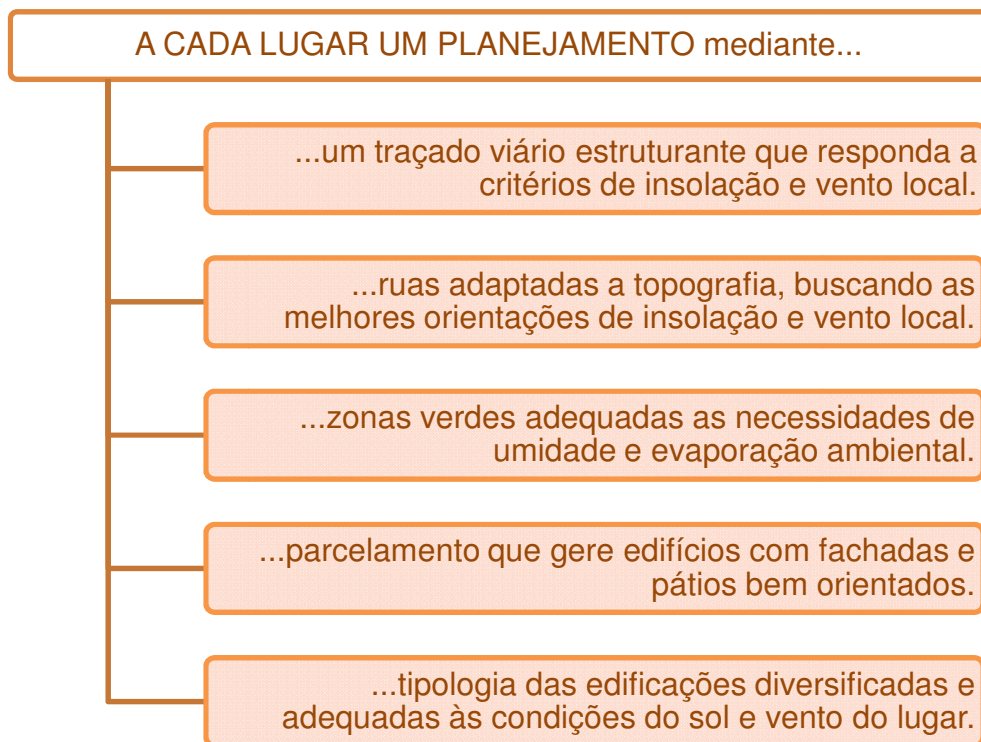


Figura 14 - Princípios básicos do urbanismo bioclimático. Fonte: elaborado a partir de Higuera (2006).

Parte-se do conceito de Corbella (2003) de que a arquitetura sustentável é a continuidade mais natural da bioclimática, visto que considera também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano na edificação e no seu entorno, integrando as características naturais e climáticas locais e consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental, para legar um mundo menos degradado para as futuras gerações. O urbanismo bioclimático se enquadra dentro do planejamento sustentável, como afirma Higuera (2006, p. 16) ao ressaltar que “o objetivo é

melhorar a qualidade de vida das pessoas aproveitando ao máximo todos os recursos disponíveis e controlando os efeitos negativos sobre o meio ambiente”.

#### **4.1 Estratégias de planejamento urbano bioclimático**

O objetivo dos processos de planejamento urbano é ordenar a cidade e seu crescimento no tempo e no espaço, tendo em vista as circunstâncias e características de cada sociedade. O planejamento com princípios do urbanismo bioclimático, por sua vez, considera a importância do equilíbrio deste crescimento com o meio ambiente.

Para garantir que em cada lugar a ordenação da cidade seja coerente com o meio ambiente em que o planejamento é desenvolvido, Higuera (2006) propõe os seguintes procedimentos:

1. Estabelecer uma síntese dos condicionantes do meio através de planos ou textos sintéticos de diagnósticos;
2. Estabelecer os determinantes que condicionam o microclima local, principalmente quanto ao vento e ao sol, a fim de quantificar as necessidades locais e, assim, poder elaborar as principais estratégias para conseguir atingir os objetivos; e
3. Por último, estas estratégias gerais devem ser refletidas nos documentos de planejamento territorial ou urbano, adequando os sistemas urbanos, como as redes viárias, equipamentos, redes de zonas verdes e espaços livres e, a ordenação do meio ambiente.

É possível notar, portanto, que o autor enfatiza a importância da observação das características dos microclimas para obter as estratégias ambientalmente adequadas a cada cidade, uma vez que a metodologia se inicia através dos mesmos, como pode ser observado na Figura 15.



Figura 15 - Síntese da sequência de procedimentos da metodologia do urbanismo bioclimático. Fonte: adaptado de Higuera (2006).

O conhecimento do meio e do clima permite a adoção de estratégias visando à prevenção de indesejáveis modificações microclimáticas futuras, além de poder servir como guia à legislação normativa de construção às diversificadas zonas (CORBELLA, 2003). Uma vez que as variáveis do meio natural são corretamente diagnosticadas, as estratégias a serem adotadas para o planejamento bioclimático podem ser inicialmente embasadas em um instrumento proposto por Higuera (2006), que consiste em uma matriz de interação que resume a relação entre o meio natural e o meio urbano (Quadro 9).

Variáveis do meio natural						
Variáveis do meio urbano	Critérios de otimização do meio ambiente	Sol	Vegetação	Vento	Água	Geomorfologia
	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	

Quadro 9 - Matriz de interação entre o meio natural e o meio urbano. Fonte: elaborado a partir de Higuera (2006, p. 97, tradução nossa).

O planejamento urbano é um instrumento essencial para minimizar as consequências oriundas dos fenômenos ambientais de diversos tipos, dentre eles destacam-se as inundações, o desmatamento, o aumento do nível do mar, os incêndios florestais, os terremotos e os desmoronamentos de terra. Algumas recomendações, portanto, devem ser seguidas ao projetar um ambiente urbano, como planejar o sistema de portos marinhos de forma a não comprometer a estabilidade das praias, não modificar o fluxo e a dimensão das superfícies de água existentes, preservar redes de zonas verdes, estabelecer zonas de amortecimento entre as zonas urbanas e rurais, não edificar em encostas e, estabelecer medidas de manutenção das áreas verdes para evitar o abandono, o processo erosivo e a seca (HIGUERAS, 2006).

Além das questões do desenho urbano atentas para os critérios bioclimáticos, também é importante desenvolver esse planejamento com a concepção cultural da sociedade, ou seja, permitir que a cidade funcione nos âmbitos ambientais e, também, sociais. Gouvêa (2002) enfatiza o desenvolvimento da malha urbana de forma que permita sobrepor usos compatíveis e induza o encontro das pessoas nos espaços públicos, evitando a setorização rígida das atividades e minimizando os processos de segregação social. O arranjo espacial, segundo o autor, deve possibilitar a acessibilidade a todas as partes do parcelamento, principalmente, aos equipamentos comunitários, equipamentos de lazer público e postos de trabalho.

Gouvêa (2002) ainda ressalta que a organização da malha urbana deve ser de forma a minimizar resíduos, reutilizar e reciclar materiais, além de buscar a redução significativa dos trajetos principais percorridos pela população, como tentativa de criar situações ideais para que o cidadão resolva todas as suas atividades sem utilizar transporte mecânico. Observa-se que dentre as pesquisas relacionadas à melhoria da qualidade de vida da população contemporânea, o fato de caminhar a pé é prioritário, visto que contribui à concepção da cidade para a redução de gastos com a saúde.

Considerando a importância do tema na pesquisa, o capítulo 4 – O planejamento urbano sustentável através do estudo dos microclimas, trata das principais estratégias e observações visando o urbanismo bioclimático, afinal, conforme Corbella (2003, p. 172), “a posição das ruas com relação às trajetórias solares e aos ventos dominantes, a altura dos edifícios com relação à largura das ruas, a presença de vegetação e água, as cores da pavimentação e das fachadas, as reflexões da energia solar sobre as pessoas, são alguns dos elementos determinantes das modificações do microclima urbano”.

#### **4.1.1 Traçado da rede viária**

As cidades causam um impacto significativo nos padrões eólicos regionais metropolitanos, principalmente quando as correntes regionais de vento são calmas, através dos efeitos de ilhotas térmicas, ativas principalmente à noite, provocando padrões eólicos centrípetos que se movem das áreas de baixa densidade até as de alta densidade (GIVONI, 1998).

Para as regiões de clima quente-úmido, Romero (2000) afirma que o tecido urbano deve ser disperso, solto, aberto e extenso, para permitir a ventilação nas formas construídas. Brown e Dekay (2004) também colocam como prioridade, para este tipo de clima, a obtenção de ventos em todas as estações, e posteriormente, a vasta disponibilização de sombra. Para isso, os autores recomendam que o traçado seja orientado com 20-30° de rotação em relação aos ventos de verão (Figura 16) e que se maximizem as ruas preferenciais, dessa forma, as edificações ainda são beneficiadas com a ventilação cruzada.

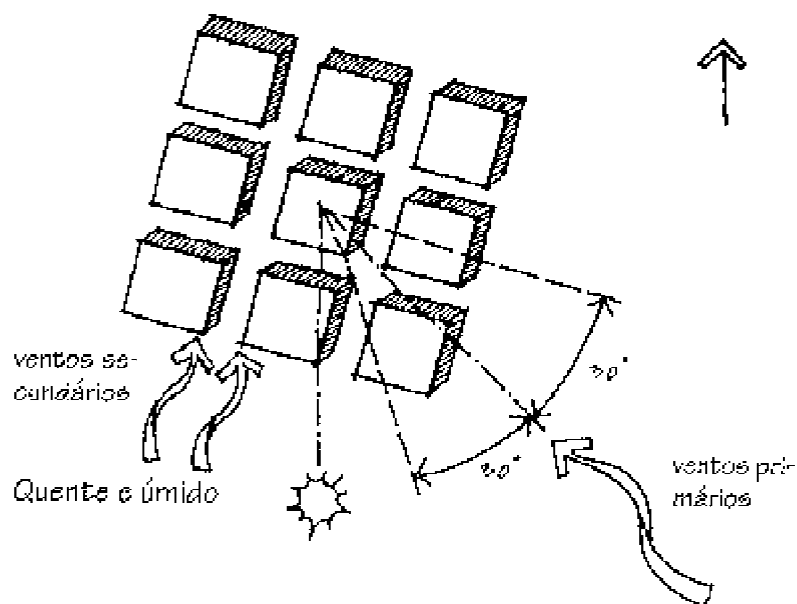


Figura 16 - Padrão urbano recomendável para clima quente e úmido. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 125.

Ruas sentido leste-oeste mais amplas possibilitam uma melhor insolação de inverno, ao passo que ruas mais largas na direção dos ventos predominantes promovem uma melhor ventilação através da cidade. Ruas norte-sul estreitas podem resultar no sombreamento de uma edificação sobre as demais do outro lado da rua. [...] Plantas baixas com rotação de 22,5° apresentam um melhor sombreamento das ruas e, ao mesmo tempo, respondem às questões de orientação solar, podendo ser adequadas a um clima temperado. À medida que se aumenta a rotação em relação aos pontos cardeais, as edificações tendem a projetar menos sombras umas sobre as outras e precisam mais de elementos ou estratégias próprias de proteção solar (BROWN e DEKAY, 2004, p.126).

Thurrow (1983 *apud* BROWN e DEKAY, 2004), por sua vez, afirma que basta organizar as ruas e as quadras perpendicularmente aos ventos de verão para



contribuir à ação dos ventos em ambientes urbanos, e alterná-las com áreas abertas, com dimensão mínima de 400x400m, o que permitirá o vento alcançar sua velocidade máxima sem obstruções.

Através do lançamento do traçado com a sua devida orientação, a sombra pode ser obtida, permitindo, assim, a permanência no espaço público, porém, em situações opostas, a solução é a implantação de elementos que proporcionem tal fator fundamental nas regiões tropicais. Segundo Romero (2000) os elementos podem ser a vegetação, os portais, as marquises, o alargamento de determinados trechos e as dimensões diferenciadas das calçadas. No entanto, deve ser observado que para cidades com altos índices de umidade relativa, as sombras são desejáveis quando associadas à ação dos ventos, visto o potencial desenvolvimento de fungos em locais onde não há incidência direta da radiação solar.

#### **4.1.2 Zonas verdes e Espaços livres**

Conforme visto no subcapítulo 3.2 – A influência da forma urbana nos microclimas, a vegetação influencia diretamente nas condições microclimáticas de ambientes urbanos, por isso, deve ser corretamente utilizada para que realize efetivamente seu papel de depurador, proporcione o sombreamento necessário e auxilie no controle da ação dos ventos para cada situação. A eficácia do desempenho da vegetação depende das espécies escolhidas, da quantidade e da disposição no solo.

Conforme Brown e Dekay (2004), como as áreas com grande densidade construída produzem e armazenam mais calor durante o dia do que as áreas com baixa densidade, e também retêm o calor por mais tempo, ocorre o aumento do diferencial de temperatura entre as áreas de alta densidade e as áreas abertas que as circundam, à medida que estas esfriam durante a noite.

Um sistema de bulevares ou corredores verdes (Figura 17) com organização convergente e com um ou mais centros é uma alternativa para auxiliar as áreas densas minimizando o calor e seus poluentes. O sistema possui dois principais elementos: a) um cinturão verde, ou seja, uma faixa de solo menos edificada e arborizada no perímetro, que possa servir como fonte de ar fresco, e b) amplos corredores que possam funcionar como caminhos para que este ar fresco possa deslocar-se das áreas mais densas às menos densas. Os corredores,

preferencialmente, devem estar conectados aos cinturões verdes do perímetro das áreas mais densamente construídas, sendo que a área do cinturão verde deverá corresponder a 40-60% do tamanho da área urbana a ser resfriada (BROWN e DEKAY, 2004).

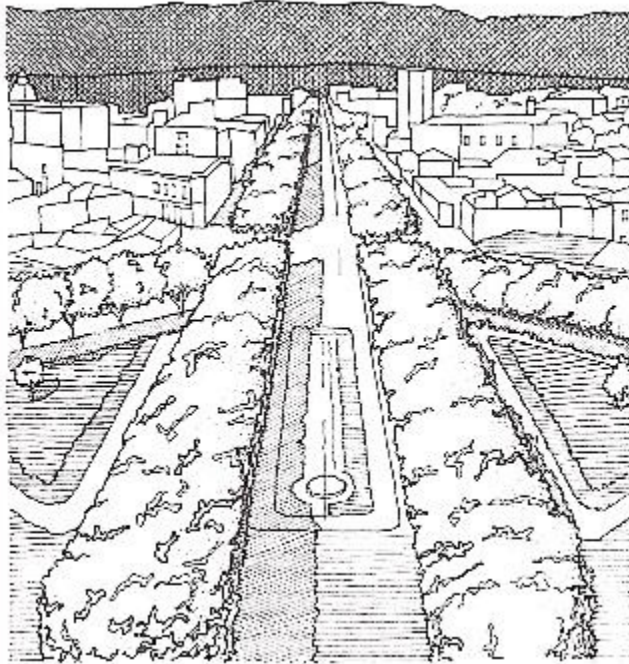


Figura 17 - Representação do Bulevar existente em Belo Horizonte - Brasil. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 105.

Outra alternativa sugerida pelos autores é a implantação de parques em áreas densas, visto que as áreas arborizadas podem apresentar temperaturas entre 6°C e 8°C inferiores às áreas construídas – devido a combinação da evapotranspiração, reflexão, sombreamento e armazenamento do frio – e dessa forma, podem ser criados padrões de circulação do ar, ou seja, à medida em que o ar aquecido é elevado sobre as áreas densas das ilhotas térmicas, este é substituído pelo ar mais frio oriundo das áreas com vegetação.

Quanto às áreas de circulação, Romero (2000) explica que para os caminhos somente para pedestres, a sombra deve ser densa e para o caminho de pessoas e veículos, a sombra pode ser mais leve, tomando-se o cuidado com a escolha das espécies para evitar o acúmulo de poluentes logo abaixo das copas das árvores.

Gouvêa (2002) traça algumas diretrizes para a disposição da vegetação no sistema viário:

- Nas ruas com até 10m de faixa de domínio, implantar árvores de pequeno porte e intercalar com as de médio porte quando os espaços se alargam (faixa de domínio maior que 16m ou calçadas maiores que 3 m);
- Plantar nas calçadas das vias e estacionamentos, no lado que recebe a radiação solar direção Norte e Oeste, árvores de folhagem densa e perene, de médio e grande porte. No lado que recebe a radiação Sul e Leste, o plantio de árvores de pequeno porte, com folhagens pouco densas ou caducas (Figura 18).



Figura 18 - Representação do tipo de árvore adequado de acordo com o posicionamento em relação à radiação solar. Fonte: adaptado de Gouvêa, 2002, p. 93.

- Nas vias principais, particularmente, nos canteiros ou próximo a pontos de ônibus, vegetação arbórea de copa colunar ou palmeira, visando o livre fluxo dos veículos de grande porte (Figura 19) e, ainda, sombrear as áreas asfaltadas, reduzindo a temperatura do calçamento.

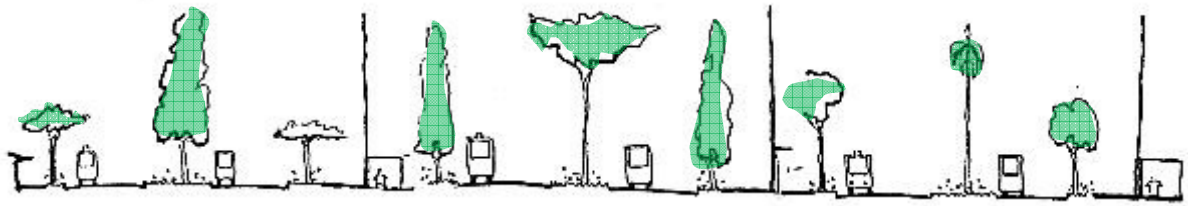


Figura 19 - Sombreamento das vias com tráfego de veículos de grande porte. Fonte: Gouvêa, 2002, p. 93.

- Nas ruas locais ou coletoras, atentar para a implantação de arborização de copa horizontal, que facilite a penetração do vento nas edificações (Figura 20) e folhagem perene, que não acumule grande quantidade de folhas no sistema de drenagem pluvial provocando entupimentos (Figura 21).

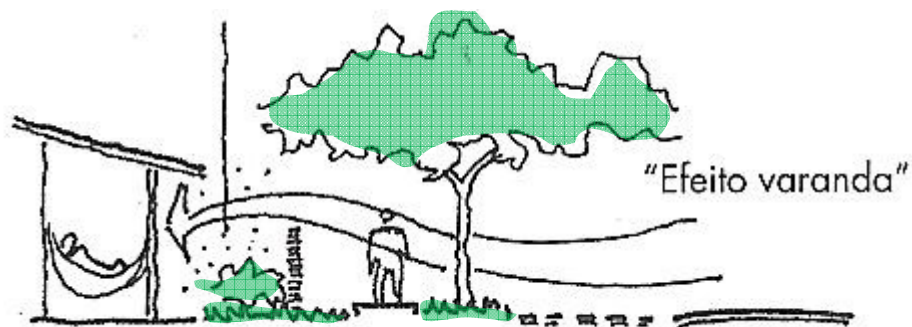


Figura 20 - Efeito provocado pelo posicionamento da arborização correta próxima a edificação. Fonte: adaptado de Gouvêa, 2002, p. 95.

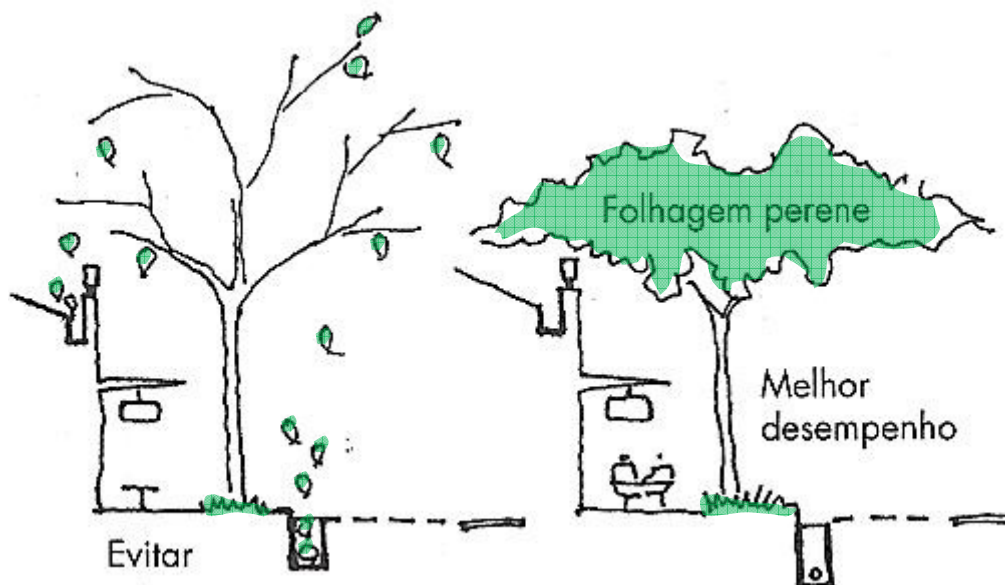


Figura 21 - Desempenho da arborização perante o sistema de drenagem de acordo com a espécie. Fonte: adaptado de Gouvêa, 2002, p. 95.

Muitos estudos são realizados para analisar o comportamento da vegetação no meio urbano, dentre eles, o estudo relacionado ao Parque La Fontaine, em Montreal, no Canadá, o qual mostra que a redução de temperatura obtida com a vegetação é maior nos quarteirões próximos à área aberta, contudo, avança até 200-400m nas áreas construídas (Akbariet *al.*, 1992; Thurow, 1983 *apud* BROWN e DEKAY, 2004). Portanto, vários espaços abertos menores, mas distribuídos uniformemente podem ter um maior efeito de esfriamento do que grandes parques.

Estudos hipotéticos sugerem que, para uma cidade com um milhão de habitantes, as temperaturas urbanas não diminuirão se as superfícies de evaporação, ou seja, as áreas verdes forem inferiores a 10-20% da área da cidade. A temperatura mínima do ar diminui entre 3,3 e 3,9°C e a temperatura máxima diminui entre 5 e 6,5°C se a área de evaporação aumentar de 20 para 50% da área da cidade (MYRUP, 1969, p. 918 *apud* BROWN e DEKAY, 2004, p.145).

Gouvêa (2002) define os espaços livres como um sistema composto por ruas, largos, praças, parques, áreas livres e reservas florestais, sendo estabelecidos em função dos usos e na proporção de 40% para espaços públicos e 15% para as áreas verdes, aproximadamente.

De acordo com Romero (2000) os espaços públicos não devem ser de grandes dimensões, já que a sombra é um elemento fundamental nestes climas e, em espaços de grandes dimensões, não é possível seu aproveitamento. Entretanto,

Gouvêa (2002) atenta para a questão do crescimento das cidades, lembrando que é importante possibilitar ampliações futuras (Figura 22), além de contribuir para as atividades de uso cotidiano.

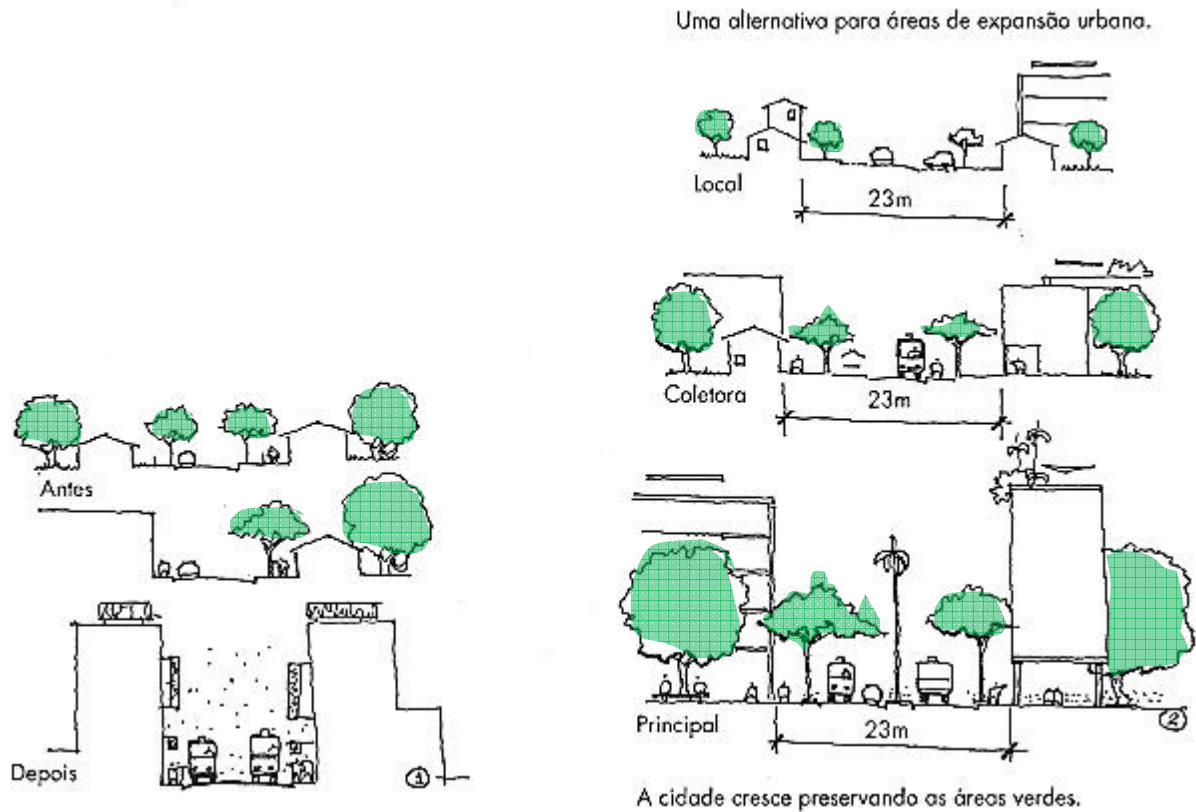


Figura 22 - À esquerda, representação de uma área urbana que não teve preocupação ambiental com a futura expansão. À direita, o dimensionamento adequado atento a esta questão. Fonte: Gouvêa, 2004, p. 70.

#### 4.1.3 Inserção das edificações

As estratégias para o planejamento em escala urbana são de difícil implementação porque os projetistas geralmente não têm controle do padrão urbano ou do entorno da obra, porém, estas estratégias são de importância fundamental no projeto na escala da edificação, por controlarem o acesso ao sítio dos recursos de insolação, ventilação e iluminação e, por terem um grande impacto na redução ou no aumento das cargas de aquecimento, esfriamento ou iluminação às quais as edificações estão sujeitas.

[...] mesmo naqueles projetos cujo escopo se limita a um único prédio, o arquiteto deveria considerar as estratégias dos grupos de edificações, pois cada prédio e sítio contribui ao longo do tempo de

forma crescente para a criação de um padrão urbano maior. [...] a forma e a localização daquela edificação criam um conjunto particular de relações com a rua e com as edificações vizinhas, configura espaços abertos entre ela e outras edificações e cria microclimas distintos ao seu redor (BROWN e DEKAY, 2004, p. 103).

Corbella (2003) afirma que se a proporção entre o gabarito de uma área urbana e a largura das ruas for elevada, formará cânions com dificuldade de dissipar o calor antropogênico e contribuirá à formação de ilhas de calor, além de intensificar a poluição do ar na altura do pedestre e o desconforto visual e acústico, contribuindo, conseqüentemente, para uma queda na qualidade de vida dos cidadãos.

Estes cânions urbanos determinam a exposição de grupos de edifícios à radiação solar. Ainda que vários edifícios recebam muita sombra durante alguns períodos devido aos prédios do entorno, isto não diminui a necessidade de tomar providências para o controle solar (CORBELLA, 2003).

Segundo Brown e Dekay (2004) quando as fachadas estão na sombra, suas temperaturas superficiais estão mais baixas, assim, as edificações recebem menos calor e usa menos energia para o esfriamento, ou seja, quando as ruas e calçadas também estão sombreadas, as temperaturas radiantes diurnas médias são inferiores, criando mais conforto para os pedestres.

Romero (2000) apresenta alguns critérios quanto à organização das edificações no espaço urbano:

- Nas áreas densamente construídas, a construção de edifícios altos entre edifícios baixos favorece a ventilação (Figura 23);

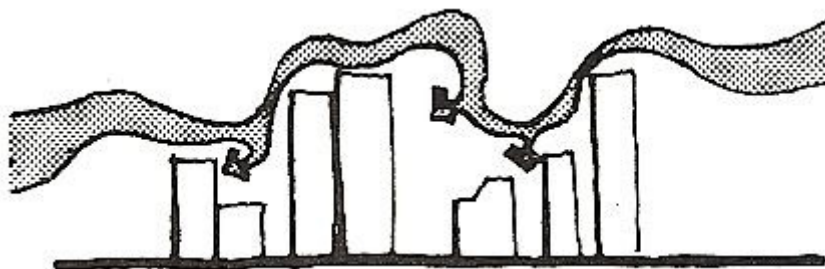


Figura 23 - Situação favorável à ventilação na área urbana. Fonte: Romero, 2000, p. 108.

- Quando todos os edifícios possuem a mesma altura, forma-se uma barreira que desloca o ar, sem que este penetre no tecido urbano (Figura 24);

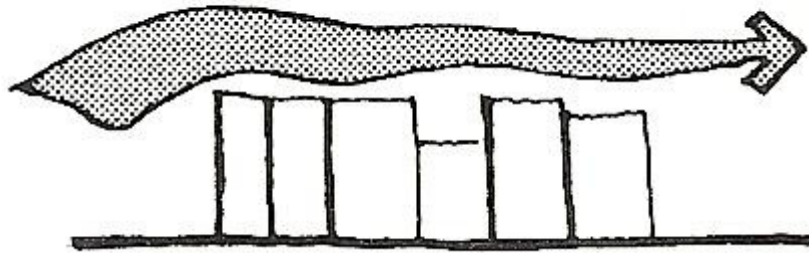


Figura 24 - Situação sem ventilação na área urbana. Fonte: Romero, 2000, p. 108.

- Devem ser deixados espaços entre os edifícios e entre porções do tecido urbano, para que a ventilação seja conduzida através deste (Figura 25);



Figura 25 - Espaço entre as porções do tecido urbano favorecendo a ventilação. Fonte: Romero, 2000, p. 108.

- Atentar para um conjunto de edifícios com fachadas irregulares, juntamente a coberturas vizinhas não planas, a fim de contribuir para minorar os efeitos de reflexão da radiação solar (Figura 26).



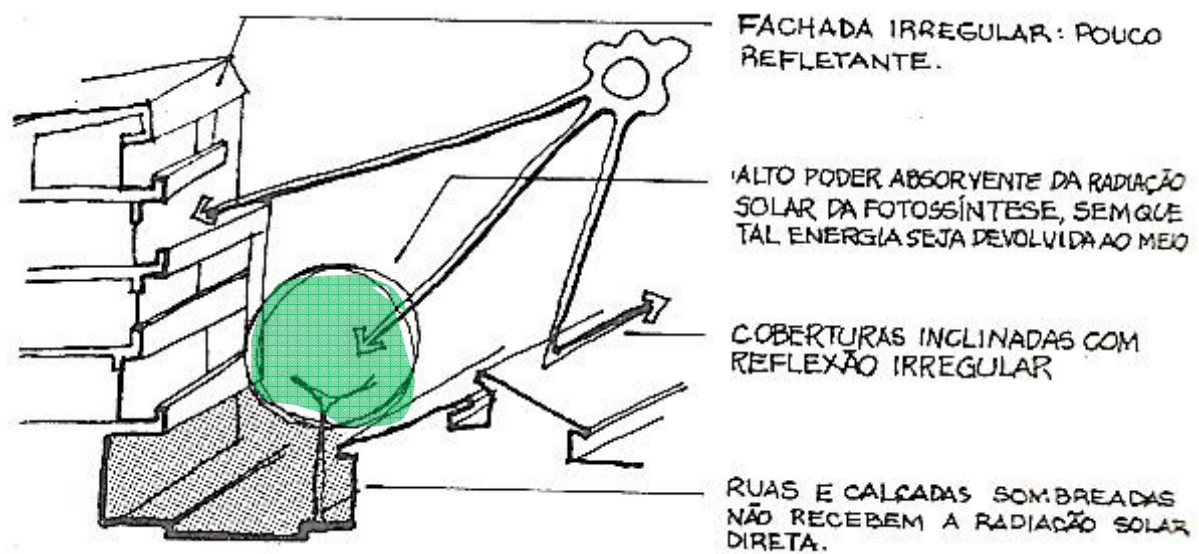


Figura 26 - Fachadas irregulares e coberturas não planas contribuem para minimizar os efeitos da radiação solar. Fonte: Romero, 2000, p. 90.

Nas situações com edificações de alturas semelhantes, Brown e Dekay (2004) observam que as ruas mais largas criam maiores oscilações de temperatura nos cânions do que as ruas estreitas. Estudos realizados em Dhaka, Bangladesh, indicam que as ruas com uma razão entre altura das edificações e largura da rua (H/L) de 1/1 podem apresentar uma temperatura máxima diurna no verão 4°C mais alta do que as ruas com uma razão (H/L) de 3/1 (AHMED, 1994).

Os edifícios altos, também chamados de “edifícios-torre”, geram correntes descendentes e turbulentas de vento em direção ao nível da rua, que podem ser benéficas ou prejudiciais, conforme o clima. De acordo com Brown e Dekay (2004), em lugares com climas frios, isso diminui o conforto dos pedestres, mas em climas quentes e úmidos, aumenta o conforto, pois ameniza a temperatura das ruas. Devido a suas alturas, os edifícios-torre estão expostos a rajadas de ventos mais fortes, que ocasionam vários distúrbios no padrão eólico urbano, como o efeito turbilhão descendente (Figura 27), o efeito de canto (Figura 28) e o efeito esteira (Figura 29).

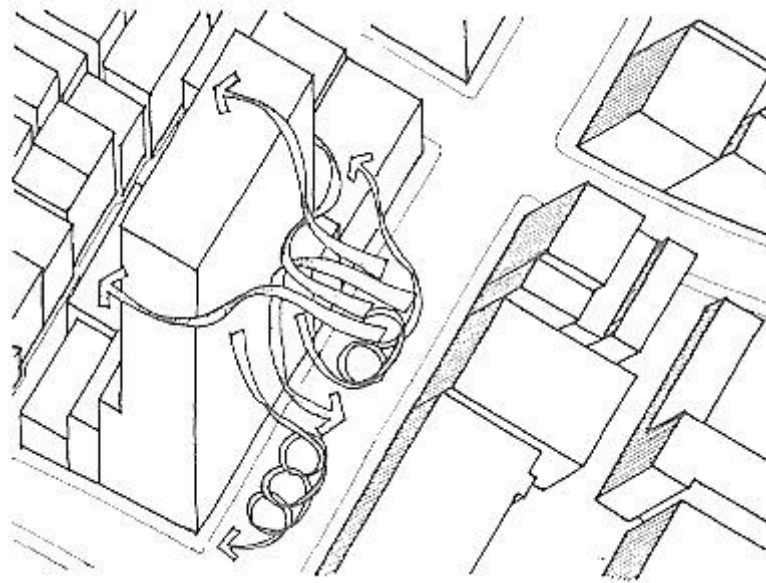


Figura 27 - Efeito turbilhão descendente. Criado pela alta velocidade do vento no topo da edificação criando uma pressão maior e fazendo o vento deslocar-se para a área de baixa pressão. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 122.

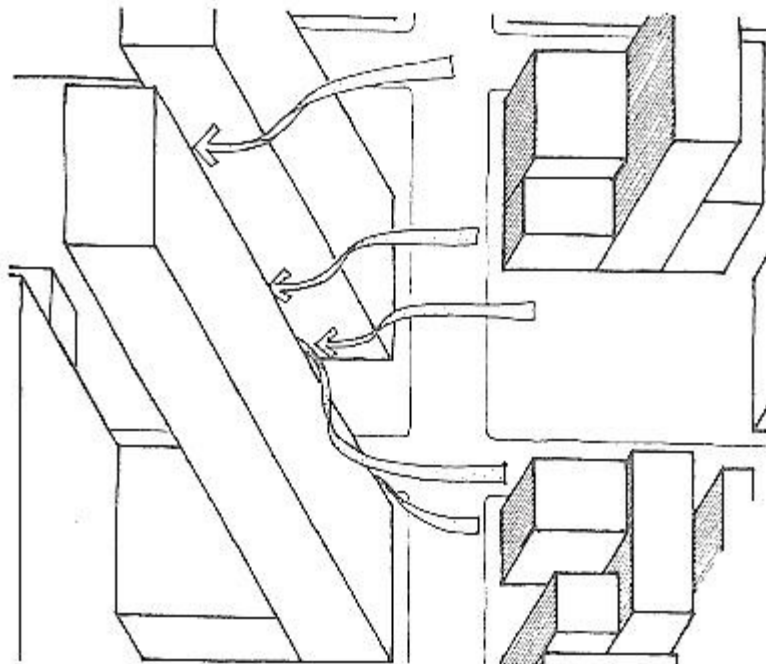


Figura 28 - Efeito de canto. Provocado pelo aumento da velocidade do vento devido aos ventos que circundam a edificação. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 122.

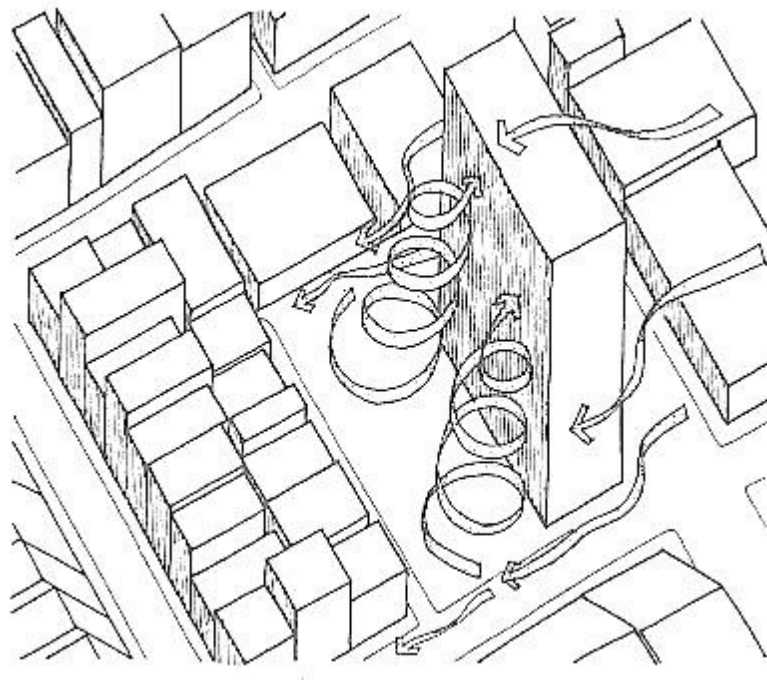


Figura 29 - Efeito esteira. Originado pela diferença de gabarito entre o edifício-torre e seu entorno, gerando ventos ascendentes, erráticos e espirais. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 122.

Para Gouvêa (2002) outros pontos importantes quanto à inserção das edificações são: propor a diversidade tipológica; desenvolver quarteirões que tenham as frentes das edificações voltadas para as vias; priorizar o comércio e os serviços nas vias principais, nas vias coletoras e nas praças, reservando as áreas interiores, menos ruidosas, para as residências.

#### 4.1.4 Materiais de superfícies

O albedo provindo das superfícies de revestimento é de extrema importância, pois determina tanto a disponibilidade de luz natural quanto o projeto dos dispositivos de controle da radiação solar (CORBELLA, 2003). Para Romero (2000), a combinação do albedo das superfícies com a disposição geométrica, traz como consequência a média de albedos urbanos 0,15 mais baixos que os da maioria das paisagens rurais. A radiação que incide nas fachadas é parcialmente refletida nas outras paredes dos edifícios vizinhos e a percentagem de radiação solar emanada das paredes pode ser grande – de 20% a 80% – dependendo da cor dessas superfícies.

Uma edificação localizada em um clima quente recebe uma grande carga térmica do sol por unidade de área de superfície. Contudo, se a edificação tiver sua forma e orientação planejadas de maneira a reduzir a área exposta ao sol; se as vidraças estiverem protegidas e as paredes tiverem isolamento térmico, pode-se diminuir os requisitos de esfriamento de uma parte considerável daquela carga solar (BROWN E DEKAY, 2004).

A principal justificativa das grandes áreas envidraçadas dos edifícios europeus e norte-americanos é permitir a entrada da iluminação natural nos ambientes internos devido ao céu pouco luminoso. Essas grandes entradas também beneficiam o conforto térmico, pela conversão em calor da radiação solar introduzida, porém, na região tropical essas aberturas devem ser ponderadas (CORBELLA, 2003).

Observa-se que a temperatura sobre uma superfície de grama em dias ensolarados de verão fica reduzida entre 5° a 7°C em relação à superfície construída (OLGYAY, 1968), portanto, as superfícies gramadas devem substituir as pavimentadas, sempre que possível, para reduzir a absorção da radiação solar e a reflexão sobre as superfícies construídas.

Quando é necessário o calçamento, os pavimentos tipo intertravados podem ser assentados de forma tal que fiquem espaços preenchidos com grama ou, quando não for possível, estes tipos de calçamento ainda são vantajosos por não contribuírem para um maior aquecimento do ambiente, pois auxiliam eficazmente o dreno e aceleram o escoamento das águas pluviais devido à rugosidade que apresentam (ROMERO, 2000).

#### **4.1.5 Exemplos de projetos com ênfase em qualidade ambiental**

Conforme visto nos capítulos anteriores, alguns dos mais importantes princípios do planejamento bioclimático e sustentável são: ordenar a cidade de acordo com as variáveis ambientais; fechar o ciclo da água; utilizar de forma racional a energia, a água e os materiais; valorizar o uso da vegetação e incorporar a natureza ao ambiente urbano; adaptar as construções ao clima prezando o conforto térmico; e prezar os espaços livres dotados de serviços básicos e equipamentos urbanos que permitam a qualidade da vida cotidiana.

Com o objetivo de expor a aplicação destes princípios em projetos ou intervenções urbanas que na prática trouxeram benefícios à cidade e aos seus residentes, neste subcapítulo são apresentados dois denominados “ecobairros” que foram avaliados por Miana (2000) na pesquisa que culminou com sua tese de doutoramento.

Os ecobairros podem ser identificados por fatores como: tamanho controlado com acessibilidade aos espaços verdes e aos pedestres, transporte público adequado, uso misto, diversidade social e reaproveitamento de resíduos sólidos em terras agrícolas (ANDRADE, 2005). Para Higuera (2009), os ecobairros são fragmentos urbanos que prezam pela eficiência energética estabelecendo uma adequada relação com o território e a paisagem, reduzindo, assim, a deteriorização do ar, da água e do solo.

- **Exemplo 1 – GWL - Gemeentewaterleidingen**

O GWL – que na tradução significa “água municipal” – se localiza em Amsterdam, na Holanda (Figura 30), tendo sido projetado pelo arquiteto e urbanista *Kees Christiaanse* e finalizado em 1998. O ecobairro é predominantemente de uso misto e conta com 600 habitações distribuídas em uma área de 6 (seis) hectares, baseado nos princípios sociais e ecológicos do desenvolvimento sustentável, o projeto consiste na revitalização de uma zona industrial obsoleta, na qual estava instalada a antiga companhia municipal de água potável de Amsterdam. Na revitalização, houve a preocupação de manter alguns edifícios históricos, que com a implantação do projeto, foram transformados em uma área de comércio, serviços e lazer contribuindo para o caráter do bairro e atraindo moradores de áreas vizinhas (KCAP, 2011).

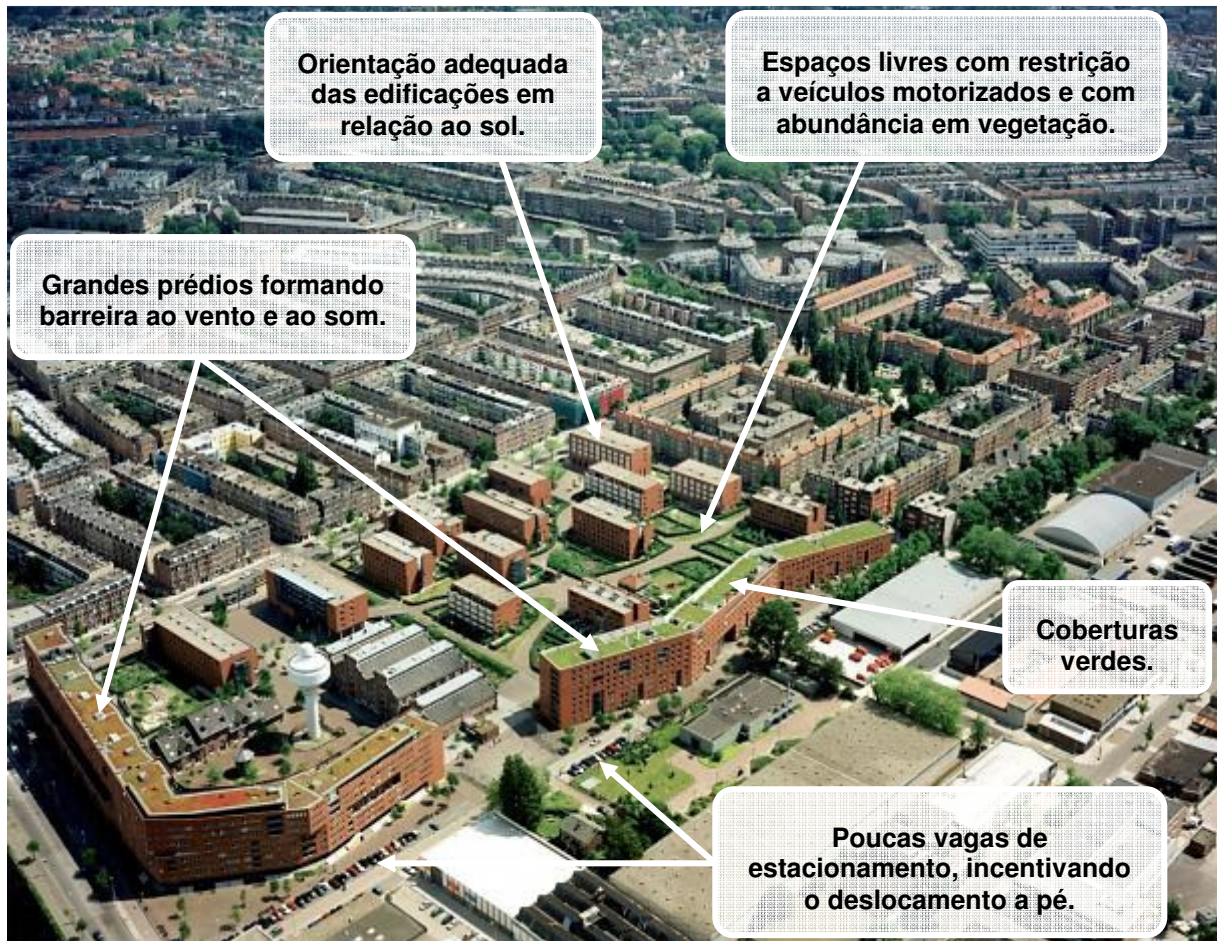


Figura 30 - Foto aérea de GWL com notas explicativas dos aspectos relacionados à sustentabilidade. Fonte: adaptado de KCAP, 2011.

O bairro é compreendido por duas áreas predominantes – residencial e industrial –, sendo que a separação entre estas consiste em dois grandes blocos de apartamentos de nove andares, os quais atuam também como barreira acústica para os ruídos provenientes de uma avenida principal próxima, além de proteger o interior do bairro dos ventos dominantes. Segundo a *Empresa Municipal de Vivienda y Suelo* – EMVS (2011) os grandes blocos residenciais correspondem a aproximadamente 57% das habitações do bairro, possibilitando uma construção mais dispersa no interior do conjunto, onde foram implantados 14 edifícios lâminas de quatro e cinco pavimentos, e diversos espaços públicos e privados. Através da montagem elaborada na Figura 31 é possível observar alguns edifícios e espaços públicos do ecobairro.



Figura 31 - Edifícios e espaços públicos do ecobairro GWL. 1- Amplos espaços livres destinados ao uso do transporte sustentável. 2- Vista aérea do bairro por outro ângulo. 3- Destaque para o transporte público organizado e adequado. 4- Canal natural de armazenamento de águas pluviais. 5- Edificação com brises e entorno com vegetação. 6- Destaque para a arborização da rua. Fonte: adaptado de ISTP, 2011.

Miana (2010) faz uma análise qualitativa do projeto GWL baseando-se em indicadores ambientais, conforme apresentado no Subcapítulo 3.1 e sintetizado no Quadro 10.

INDICADORES AMBIENTAIS	ECOBAIRRO GWL
<b>Compacidade</b>	Densidade considerada alta para os padrões locais, além de possibilitar o percurso por toda a sua extensão a pé, permitindo o acesso a diversos usos.
<b>Mobilidade</b>	Avaliação positiva devido à eliminação de veículos motorizados, à quantidade e organização do transporte público e à qualidade das ruas com ciclovias. No bairro há apenas 135 vagas de estacionamento, sendo 110 vagas para residentes e 25 para visitantes, ou seja, atende a menos de 20% das habitações, gerando uma média de 0,3 veículos por habitação.
<b>Espaço público e área verde</b>	A medida de reduzir o uso dos veículos motorizados favorece a qualidade ambiental, devido à redução do ruído urbano, a melhoria da qualidade ar e o aumento da área destinada para a vegetação e para o espaço público.
<b>Eficiência no uso dos recursos naturais, água e energia</b>	Apresenta grande preocupação com insolação e ventilação nas edificações e nos espaços externos, com o correto uso e tratamento da vegetação, com o aproveitamento das águas pluviais, com o tratamento dos resíduos, com a utilização de materiais mais sustentáveis e com o bom isolamento dos edifícios. O abastecimento é realizado a partir de um sistema de gestão de águas onde o ciclo é fechado, a água da chuva é absorvida pela área verde ou reutilizada nos jardins e sanitários e, parte também é encaminhada por uma rede a um canal, que funciona como reserva natural.



INDICADORES AMBIENTAIS	ECOBAIRRO GWL (continuação)
Diversidade urbana e expressão arquitetônica	Há uma diversidade de tipologias edificatórias, de usos e de rendas; pois as edificações apresentam uma identidade arquitetônica, sendo 300 habitações, ou seja, metade do projeto são habitações sociais destinadas à população mais pobre de Amsterdam, além de 150 habitações com preço abaixo do mercado e as outras 150 com preço de mercado.

Quadro 10- Análise do ecobairro GWL de acordo com os indicadores ambientais. Elaborado a partir de Miana (2010).

- **Exemplo 2 – Solar City**

O ecobairro Solar City se localiza em Linz, na Austria, projetado pelo arquiteto e urbanista *Rowland Rainer*, tendo sido finalizado em 2005. O projeto (Figura 32) inclui 1317 habitações em uma área de 32 hectares, sendo de uso misto, contando com lojas, escola, parque esportivo e demais serviços básicos, porém, predominantemente residencial. O projeto foi diversas vezes premiado: em 1998, recebeu o prêmio *“the Best Practice”* na categoria de Progresso Ambiental das Nações Unidas; em 1999, recebeu o prêmio *“Environmental Award 2001”* da *“EarthSociety Foundation”*; e em 2000, o projeto foi considerado entre os cinco melhores em concepções inovadoras (*“innovative building concepts”*) na competição Casa do Futuro, *“Haus der Zukunft”*(LINZ, 2011).



Figura 32 - Foto aérea de Solar City com notas explicativas dos aspectos relacionados à sustentabilidade. Fonte: adaptado de NZZ, 2008.

O Solar City é formado por edifícios de dois a quatro pavimentos, orientados no sentido norte e sul, com fachadas principalmente para o sul, sendo dispostos de forma a reduzir as distâncias permitindo o percurso a pé e dispostos em torno de uma praça central dotada de serviços de transporte público, a fim de reduzir o uso do automóvel. No ecobairro também há blocos residenciais lineares de três andares, com 16 metros de profundidade, 2 e 4 dormitórios, orientados para leste e oeste; blocos lineares de três pavimentos, com 15 metros de profundidade, 3 dormitórios, orientados para nordeste e sudoeste; blocos quadrados de quatro pavimentos, com suas fachadas principais orientadas para sudeste e sudoeste; e blocos delgados de mini apartamentos, com a fachada principal orientada para sudoeste (RUANO, 2000 *apud* MIANA, 2010). A Figura 33 apresenta algumas edificações e espaços públicos construídos conforme o projeto.



Figura 33 - Edifícios e espaços públicos de Solar City. 1- Estação do transporte público eficiente e a 300 metros das residências. 2 e 3- Edificações com elementos de sombreamento e entorno com vegetação. 4- Canal de captação e armazenamento das águas pluviais. Fonte: adaptado de Rinovability, 2011.

Miana (2010) destaca que apesar dos edifícios não estarem todos implantados na orientação mais favorável para insolação, os projetistas souberam adaptar, trabalhando com a forma, o entorno e o *layout*, sem perder o foco principal de aproveitar ao máximo os recursos naturais. A autora também realiza a análise da qualidade ambiental através dos indicadores referentes às categorias apresentadas no Exemplo 1 e sintetizados no Quadro 11.

INDICADORES AMBIENTAIS	ECOBAIRRO SOLAR CITY
<b>Compacidade</b>	Apresenta uma densidade construtiva de aproximadamente 40 habitações/ha e uma densidade populacional de 187,5 pessoas/ha, ou seja, a compacidade absoluta foi considerada média, entretanto, permite o acesso à diferentes usos e funções urbana devido a proximidade.
<b>Mobilidade</b>	Conta com um sistema de transporte público eficiente e diversificado, com estações a 300 metros das residências, sendo que as áreas de estacionamento de veículos são subterrâneas, separadas das áreas de convivência, os quais são priorizados para o livre uso das bicicletas e caminhadas a pé.
<b>Espaço público e área verde</b>	O uso restrito de automóveis interfere positivamente para o conforto acústico e a qualidade do ar nos espaços externos e enfatiza que o projeto é integrado com a natureza, visto que possui jardins na cobertura, um parque e a vegetação é utilizada também para amenizar as condições climáticas e proteger a biodiversidade.
<b>Eficiência no uso dos recursos naturais, água e energia</b>	Tanto o desenho urbano, quanto o arquitetônico, foram desenvolvidos baseados nos fundamentos da "arquitetura solar", utilizando a energia solar passiva, aproveitando a radiação solar direta para a permanência de pessoas nos espaços externos durante o período de frio e geração de energia renovável. Tais princípios foram atingidos com o auxílio de coletoras solares e painéis fotovoltaicos, do uso de biomassa e estratégias para coleta e reuso das águas da chuva.
<b>Diversidade urbana e expressão arquitetônica</b>	Apresenta um projeto compacto e uma diversidade tipológica, além de grande expressão arquitetônica.

Quadro 11 - Análise do ecobairro Solar City de acordo com os indicadores ambientais. Elaborado a partir de Miana (2010).

## 5 ESTUDO DE CASOS

Para identificar a influência das configurações urbanas nos microclimas, adotou-se como procedimento metodológico avaliar uma amostragem territorial através de medições específicas, visando estabelecer a correlação entre tipologia e microclima urbano. Para tanto, foi escolhida a cidade de Vitória – ES, cujas características e processo de medição seguem detalhados.

### 5.1 Aspectos climáticos e geográficos de Vitória-ES

O município de Vitória (Figura 34), situado no estado do Espírito Santo (20°19'09' de latitude sul e 40°20'50' de longitude oeste), conta com uma população total de 327.801 habitantes conforme censo do IBGE (2010), cuja densidade demográfica é de 3.327,73 hab/Km<sup>2</sup>, em uma extensão de 93,38 km (IBGE, 2010). Segundo o Governo do Estado do Espírito Santo (2011), o estado possui clima tropical úmido, com temperaturas médias anuais de 23°C e volume de precipitação superior a 1.400 mm por ano, especialmente concentrada no verão.



Figura 34 - Localização do Município de Vitória no Brasil. Fonte: PMV, 2011.

O Instituto Jones dos Santos Neves - IJSN<sup>5</sup> (2011) constata que o Espírito Santo vive um momento de grande desenvolvimento econômico, o que impõe intensas transformações socioeconômicas e urbanas para todo o Estado. As estatísticas do perfil da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) retratam essas transformações, desenhando um novo perfil para a sociedade capixaba, sendo que essa nova realidade gera grandes desafios para os formuladores de políticas públicas. Um deles é compatibilizar o êxito dos projetos econômicos regionais previstos de maneira a minimizar possíveis impactos negativos e absorver as demandas geradas por esse processo, assegurando um desenvolvimento econômico ambientalmente sustentável e espacialmente equilibrado e inclusivo do ponto de vista social.

<sup>5</sup>O Instituto Jones dos Santos Neves, vinculado à Secretaria de Estado de Economia e Planejamento (SEP) do Espírito Santo, tem como finalidade produzir conhecimento e subsidiar políticas públicas através da elaboração e implementação de estudos, pesquisas, planos, projetos, programas de ação e organização de bases de dados estatísticos e geo-referenciados, nas esferas estadual, regional e municipal, voltados ao desenvolvimento socioeconômico (IJSN, 2011).

O território do Estado é compreendido por duas regiões naturais distintas: o litoral - que se estende por 400 km - e o planalto. Ao longo da costa Atlântica encontra-se uma faixa de planície que representa 40% da área total do Estado, e à medida que se penetra em direção ao interior, o planalto dá origem a uma região serrana, com altitudes superiores a 1.000 metros, onde se eleva a Serra do Caparaó ou da Chibata. Nesta região encontra-se o Pico da Bandeira, com 2.890 metros de altura, o terceiro mais alto do País e o mais alto do Estado. Entretanto, o município de Vitória, tem a maior parte de sua extensão povoada em planície, ou seja, na região extrema litorânea, com a vegetação característica dessa região (GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2011).

No caso do município de Vitória, os ecossistemas – estuarino, marinho e terrestre – são os principais componentes da paisagem natural (Figura 35) e da identidade do município, embora parte da vegetação nativa tenha sido perdida ao longo da história, como a diversidade de espécies da Mata Atlântica, da restinga e dos mangues. A distribuição das áreas verdes na cidade capixaba é considerada irregular na malha urbana, pois há uma maior concentração nos bairros mais antigos e uma deficiência maior nos bairros formados pela ocupação desordenada, como as áreas de mangues e morros, onde muitas vezes o espaço para a arborização é restrito. Observa-se também um número de parques e praças insuficiente para atender às necessidades do desenvolvimento social de todas as comunidades (AGENDA 21, 2003).



Figura 35 - Vista parcial de Vitória (ao fundo, após a Terceira Ponte, o município de Vila Velha). Fonte: PMV, 2011.

Quanto ao clima de Vitória, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER (2011) apresenta em forma de gráficos alguns dados médios da série histórica da estação meteorológica localizada na cidade, dentre eles, está o da Média Mensal da Temperatura Máxima e Mínima (Figura 36) e o da Média Mensal da Precipitação e de Dias Chuvosos (Figura 37), ambos relacionados ao período de 1976 a 2009.



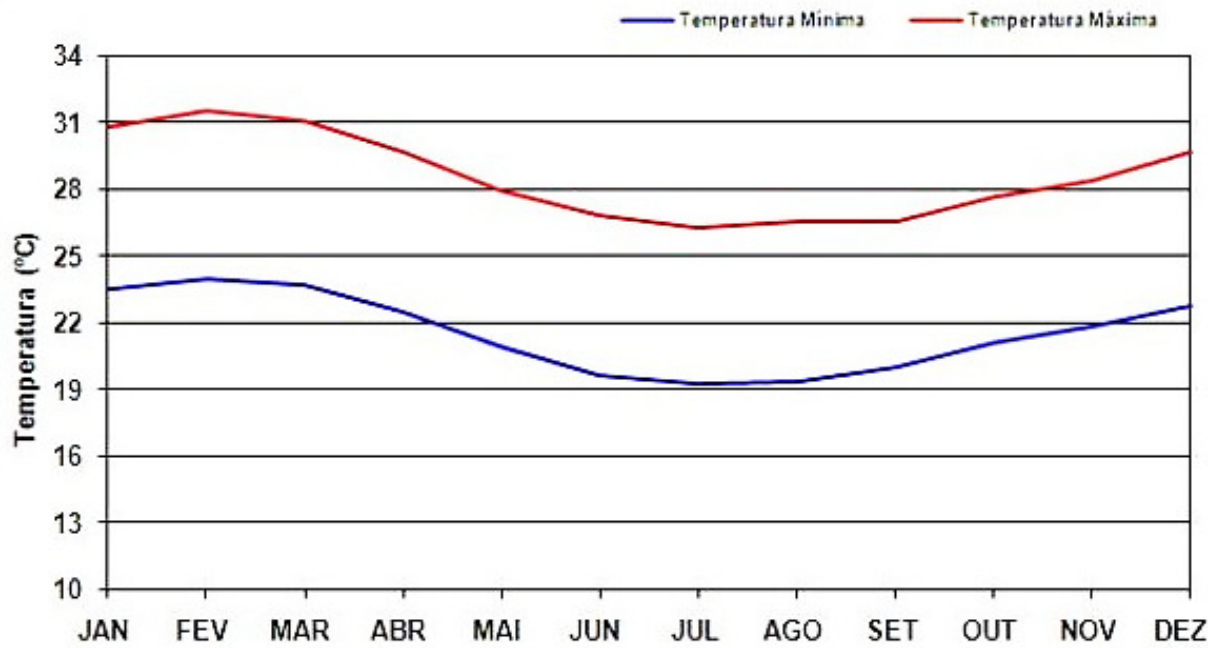


Figura 36 - Média Mensal das Temperaturas Máxima e Mínima no período de 1976 a 2009. Fonte: INCAPER, 2011.

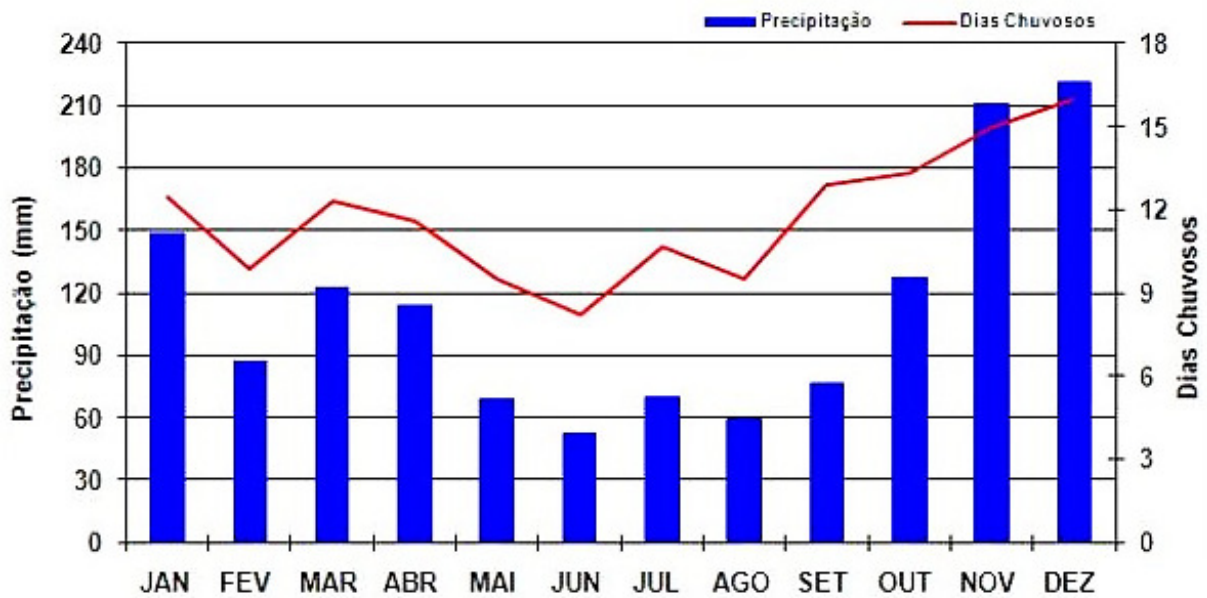


Figura 37 - Média Mensal da Precipitação e de Dias Chuvosos no período de 1976 a 2009. Fonte: INCAPER, 2011.

## 5.2 Análise quantitativa: medição microclimática

Os dados climáticos de uma zona, geralmente, são tomados pelo Serviço de Meteorologia em pontos que representam uma média de características do lugar, porém, não é possível utilizar estes dados para estudos em relação às grandes cidades, porque a urbanização pode criar microclimas, localizados em pequenas regiões, que eventualmente apresentam parâmetros bastante diferentes dos informados pela estação meteorológica. Para o estudo dos atributos meio ambientais de prédios e espaços externos na região urbana, os pesquisadores têm investido na realização de séries de medições a fim de analisar o comportamento térmico dos edifícios, dos cânions urbanos e demais espaços (CORBELLA, 2003).

A metodologia de medição microclimática utilizada neste trabalho é baseada nas experiências de diversos pesquisadores previamente selecionados, tais como Brandão (2009), Vilela e Assis (2009), Silveira (2007) e Silva (2009), que adotam como procedimento metodológico a seleção de pontos com diferentes feições urbanas para realizarem as medições através de equipamentos que coletam informações de temperatura e umidade do ar, possibilitando, assim, desenvolver a análise quantitativa dos recortes urbanos.

### 5.2.1 Metodologia de medição

Uma vez obtidos os dados de temperatura e umidade do ar de cada ponto representativo, juntamente com os dados de temperatura, velocidade e direção dos ventos captados pela estação automática de Vitória (INMET, 2010), torna-se possível realizar uma análise dos resultados correlacionados a estas variáveis que influenciam os microclimas. Assim, foram elaborados gráficos comparativos entre os dados medidos e os oriundos da estação meteorológica automática, visando, inicialmente avaliar a exequibilidade e confiabilidade do método, cujos procedimentos seguem detalhados.

- **Instrumentos**

Os equipamentos utilizados para a medição da temperatura e da umidade do ar foram do modelo HOBO *data logger* U12013, os quais foram posicionados de acordo com a norma ISO:7726 (1998) e instalados dentro de abrigos meteorológicos de múltiplas placas, semelhante ao modelo AME da marca *Electron*, confeccionados para protegê-los da radiação solar direta e da chuva (Figura 38).



Figura 38 - Processo de montagem do abrigo meteorológico. a- Corte dos pratos de isopor; b- Montagem dos pratos com barras rosqueadas e espaçadores de PVC; c- Numeração dos aparelhos de medição; d- Colocação dos aparelhos no interior do abrigo; e- Fixação do abrigo em haste e base de ferro; f- Detalhe do abrigo concluído.

- **Recorte territorial e temporal da amostragem**

Considerando as variadas tipologias topográficas e de ocupação em Vitória, a amostragem selecionada, inicialmente, foi compreendida por uma faixa territorial da cidade (Figura 39 e Figura 40), que abrange diversos pontos representativos de diferentes tipos de configuração urbana, no intuito de verificar se em uma pequena extensão territorial e com tipologia de ocupação diversificada configuram-se microclimas urbanos diferenciados. A escolha dos pontos foi baseada nos atributos da forma urbana definidos em Oliveira (1988), como a rugosidade e porosidade, densidade construída, permeabilidade do solo, presença de massas de água e áreas verdes.



Figura 39 - Faixa territorial inicialmente selecionada no município de Vitória-ES. Fonte da imagem: adaptado de Google Earth, 2011.



Figura 40 - Detalhe ampliado da faixa amostral com destaque para os pontos escolhidos nos bairros envolvidos na área considerada. Fonte da imagem: adaptado de Google Earth, 2011.

O Quadro 12 apresenta a síntese das características dos pontos selecionados para a medição na faixa amostral considerada.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
<b>CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS ANALISADOS</b>						
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Rua das Palmeiras - Itararé	Av. Leitão da Silva - Santa Lúcia	Av. Nossa Sr <sup>a</sup> da Penha - Santa Lúcia	Rua Moacyr Avidos - Praia do Canto	Praça dos Namorados - Praia do Canto	Rua João Vieira Simões - Ilha do Frade
<b>USO</b>	Misto	Comercial	Comercial	Residencial	Lazer	Residencial
<b>DENSIDADE CONSTRUÍDA</b>	Alta	Média	Média	Alta	Baixa	Média
<b>GABARITO (pavimentos)</b>	1 a 3	1 a 4	2 a 10	7 a 12	1	1 a 3
<b>COBERTURA VEGETAL</b>	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Alta
<b>FLUXO VEÍCULOS</b>	Médio	Alto	Alto	Médio	Baixo	Baixo

Quadro 12 - Características dos pontos analisados.

Segundo Lombardo (1985), uma das mais significativas expressões da alteração climática na cidade diz respeito aos valores de temperatura e concentração de poluentes da atmosfera, assim, para esta pesquisa, a análise da influência da configuração urbana nos microclimas será embasada, principalmente, nos valores de temperatura. Parte-se do pressuposto que a temperatura se altera conforme as ações das demais variáveis, como a umidade e o vento, que são modificadas conforme a configuração e tipologia urbana.

### 5.2.2 Teste 1 da metodologia

Após o reconhecimento e a descrição dos locais de amostra, os materiais e os equipamentos foram preparados para as medições simultâneas nos seis pontos, que foram realizadas enquanto primeiro teste metodológico, durante 5 (cinco) dias consecutivos do mês de setembro de 2010 de 9h00 às 17h00, sendo os equipamentos programados para registrar as medições a cada 30 minutos, afim de obter maior quantidade de dados climáticos possível.

Ao final de cada dia de medição, os dados foram compilados e comparados. No primeiro dia não houve grande variação de temperatura entre os pontos analisados (Gráfico 1), devido à ocorrência de chuva fraca intermitente ao longo do dia, mantendo a umidade do ar entre 70% e 94%. Nestas condições, geralmente, a ambiência térmica se equilibra mesmo em diferentes espaços urbanos. As temperaturas iniciais extremas representadas no gráfico ocorreram devido ao atraso na instalação dos equipamentos.

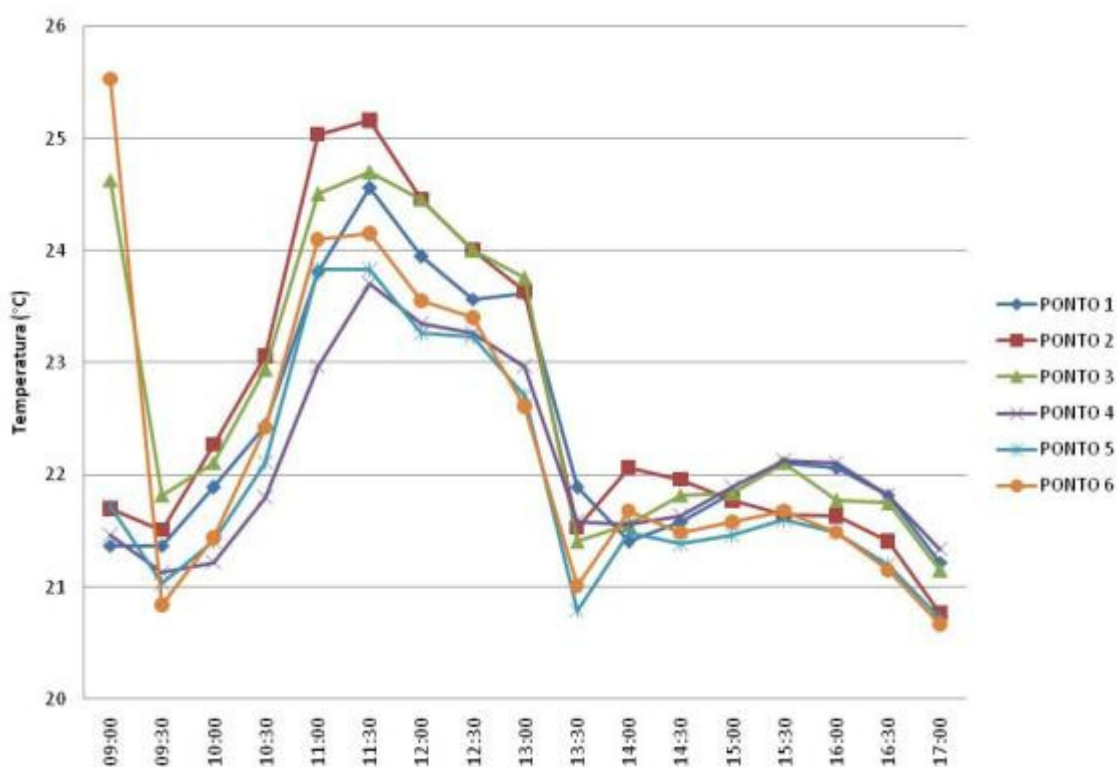


Gráfico 1 - Registro do primeiro dia de medição da temperatura nos seis locais considerados observando-se a pequena variação entre os pontos.

Os resultados no segundo dia também não foram significantes para demonstrar a influência da configuração urbana nos microclimas, uma vez que as condições foram semelhantes ao dia anterior com umidade entre 67% e 95%, logo, também não houve grande variação de temperatura (Gráfico 2). A queda de temperatura dos pontos até o horário de 12h explícita no gráfico se justifica pela mudança da direção do vento, que a partir da referida hora, passa a ter direção aproximada a 30°, quando a média se mantinha na direção 300°.

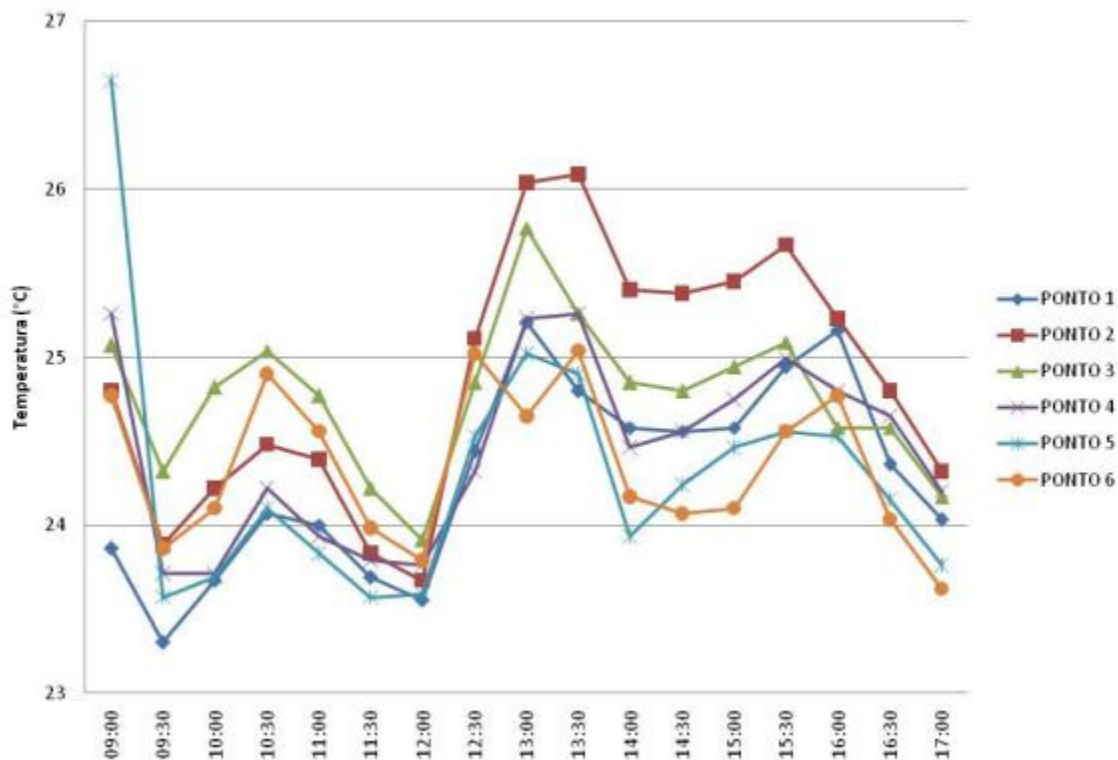


Gráfico 2 - Registro do segundo dia de medição da temperatura nos seis locais considerados observando-se a pequena variação entre os pontos.

O terceiro dia se manteve ensolarado, resultando em uma grande variação de temperatura entre os pontos de medição (Gráfico 3). O ponto 1 (Rua das Palmeiras) e o ponto 4 (Rua Moacyr Avidos) apresentaram um notório aumento de temperatura no decorrer do dia, possivelmente devido às características de alta densidade construída e pouca vegetação, que favorecem a troca e o acúmulo de calor absorvido pela grande quantidade de superfícies construídas do entorno. Os pontos 2, 3 e 6 – localizados respectivamente na Av. Leitão da Silva, Av. Nossa Sr<sup>a</sup> da Penha e Rua João Vieira Simões – apresentam semelhante variação, onde observa-se apenas um aumento de temperatura nas horas mais quentes do dia, devido à ampla exposição ao sol destes locais de análise. Entretanto, o ponto 6 mostra uma estabilidade dos dados por se tratar de uma praça com poucos elementos construídos e muita arborização, proporcionando menor amplitude térmica ao manter a temperatura amena.

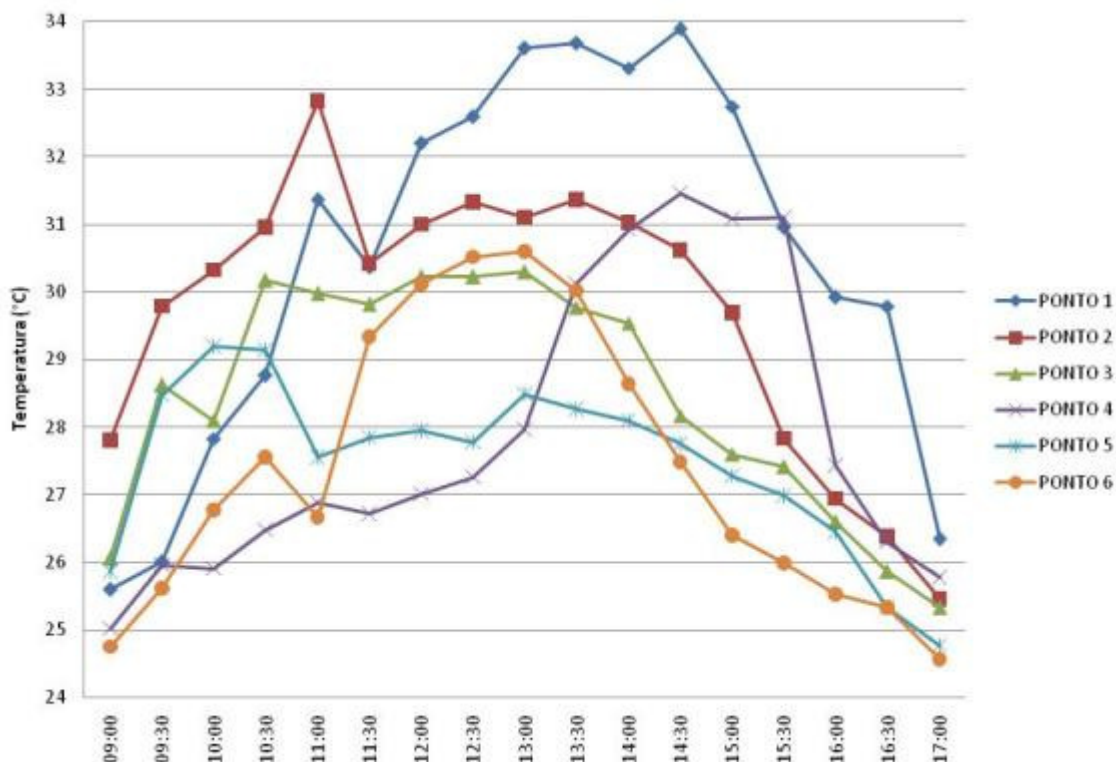


Gráfico 3 - Registro do terceiro dia de medição da temperatura nos seis locais considerados observando-se uma relativa variação entre os pontos.

No quarto dia de medição, o sol manteve-se exposto, auxiliando a queda da umidade que chegou a 41% e evidenciando as diferenças dos dados obtidos entre os locais de amostra (Gráfico 4). Por meio do gráfico elaborado, destaca-se a elevada temperatura no ponto 2 durante o período matutino, possivelmente devido ao intenso fluxo de veículos que ocorre próximo ao local de medição. Também é notória a perceptível queda de temperatura em todos os pontos após 15h, justificada pela mudança de direção do vento, passando de 352° para 47°, e de intensidade, já que antes se mantinha em média 1,8 m/s e passou a atingir até 5,1 m/s.



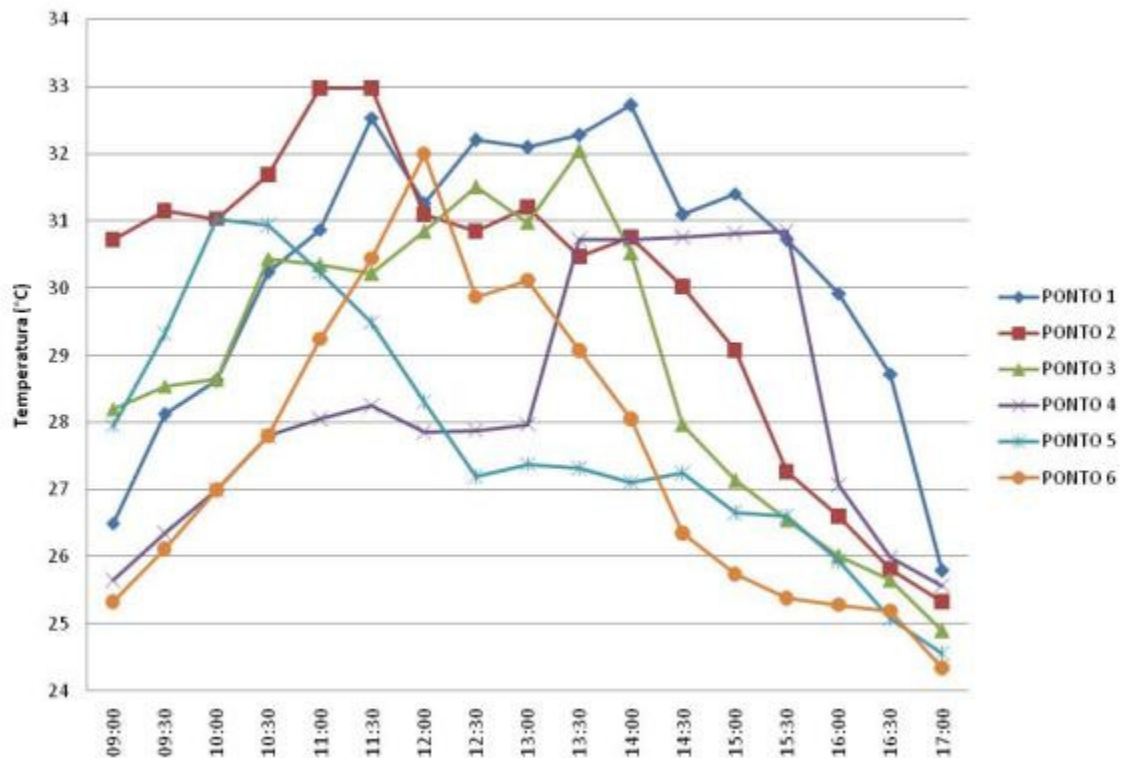


Gráfico 4 - Registro do quarto dia de medição da temperatura nos seis locais considerados observando-se a variação entre os pontos e a perceptível redução da temperatura após 15h.

O quinto dia foi instável e dificultou a análise comparativa dos pontos, pois algumas nuvens encobriram o céu e os ventos variaram de direção e intensidade a cada hora do período de medição (Gráfico 5). Porém, evidencia-se ainda a constante média de temperatura do ponto 5, correspondente à Praça dos Namorados.

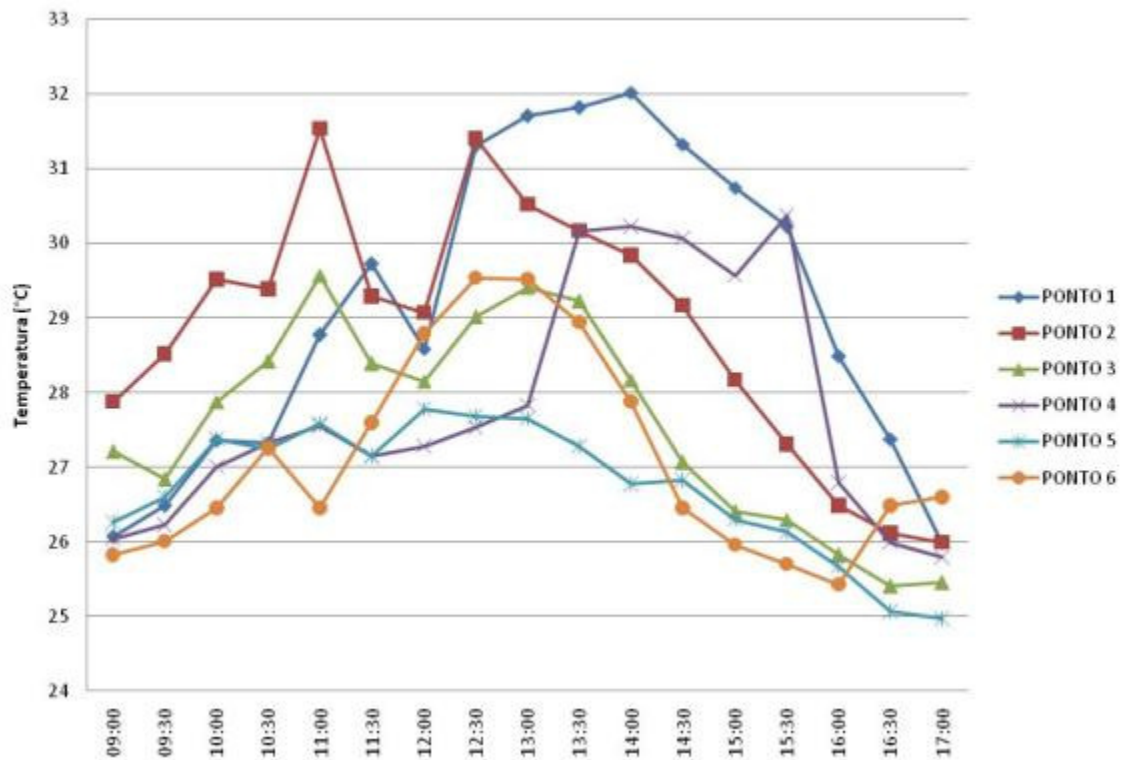


Gráfico 5 - Registro do quinto dia de medição da temperatura nos seis locais considerados observando-se a menor variação no ponto 5.

Com a finalidade de melhor interpretar as diferenças dos microclimas urbanos analisados, foi elaborado um gráfico final com as médias de temperatura por hora de cada ponto nos cinco dias (Gráfico 6), no qual evidencia as observações feitas individualmente nos gráficos anteriores.

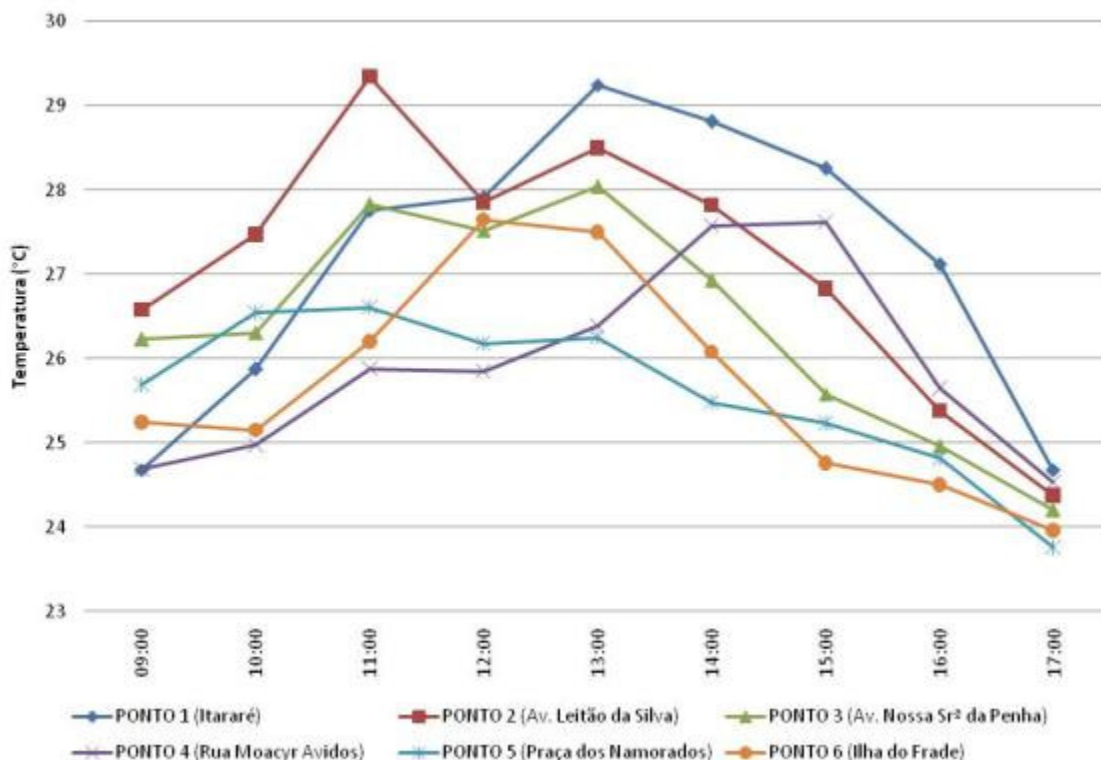


Gráfico 6 - Médias de temperatura dos cinco dias de medições.

Pode-se observar através dos gráficos, gerados pelas informações microclimáticas, que os resultados apontaram algumas incoerências devido à grande quantidade de variáveis influentes nas medições, possivelmente geradas pela presença de sombreamento em determinadas horas do dia em apenas alguns equipamentos. Dessa forma, considerando que as condições diferenciadas de exposição dos sensores poderiam interferir na confiabilidade dos dados obtidos na amostragem territorial, a metodologia de medição foi aprimorada.

### 5.2.3 Teste 2 da metodologia

Neste segundo teste de medições, optou-se por realizar coletas de dados não simultâneos prevendo-se que a análise deveria ser realizada comparando-se os dados medidos em cada ponto individual com os dados da estação automática de Vitória. Dessa forma, em cada ponto foram instalados quatro equipamentos de medição, a fim de obter uma média de temperaturas do local com maior confiabilidade, além de solucionar o problema detectado no primeiro teste da metodologia, ou seja, a interferência das sombras. Logo, tornou-se necessária a

escolha de dias com comportamentos climáticos semelhantes, considerando, conforme Gartland (2010), que as diferenças de temperatura são realçadas quando os dias estão calmos e claros.

Para a realização do teste metodológico foi elaborada a medição em um dia do mês de Maio de 2011 no local denominado P5, localizado na Praça dos Namorados, onde a coleta de dados foi realizada pelos quatro aparelhos de medição instalados em parte de sua extensão (Figura 41). Os equipamentos foram estrategicamente posicionados, sendo que um deles recebeu radiação solar direta e outro permanece na sombra durante todo o período de medição, sendo que os demais foram instalados considerando as características do entorno próximo aos aparelhos. No intuito de captar informações climáticas após o pôr do sol, o período de medição estendeu-se até 19h, sendo o início às 10h, para que houvesse uma amostra de todos os pontos ausentes de radiação solar direta.



Figura 41 - Localização dos aparelhos instalados no ponto P5 - Praça dos Namorados.  
Fonte da imagem: adaptado de Google Earth, 2011.

As características do entorno próximo a cada aparelho de medição seguem sintetizados no Quadro 13.

Aparelho	Solo	Entorno	Exposição ao sol
a	Sobre pavimento intertravado	Sem edificações dentro de um raio de 65m	Exposto ao sol durante todo o dia
b	Sobre pavimento intertravado	Próximo à vegetação rasteira, arbustiva e de grande porte da praia	Protegido sob sombra durante a manhã e exposto ao sol durante a tarde até o pôr do sol
c	Sobre pavimento intertravado	Próximo à edificação existente (guarita)	Sombra durante todo o dia
d	Sobre solo natural (terra)	Sob uma grande composição de árvores densas	Sombra durante todo o dia

Quadro 13 - Características dos locais de instalação dos aparelhos de medição.

No dia da medição, o sol manteve-se totalmente exposto até 15h e a partir deste horário houve formação de grandes nuvens encobrindo o céu, auxiliando o aumento da umidade que chegou a 79% na última hora de medição, enquanto na primeira hora o índice era de 56%. O gráfico elaborado (Gráfico 7) representa a variação de temperatura ao longo do dia por cada aparelho instalado, no qual é possível observar a referida mudança climática, tornando todos os dados muito semelhantes apesar do diferenciado posicionamento dos aparelhos.

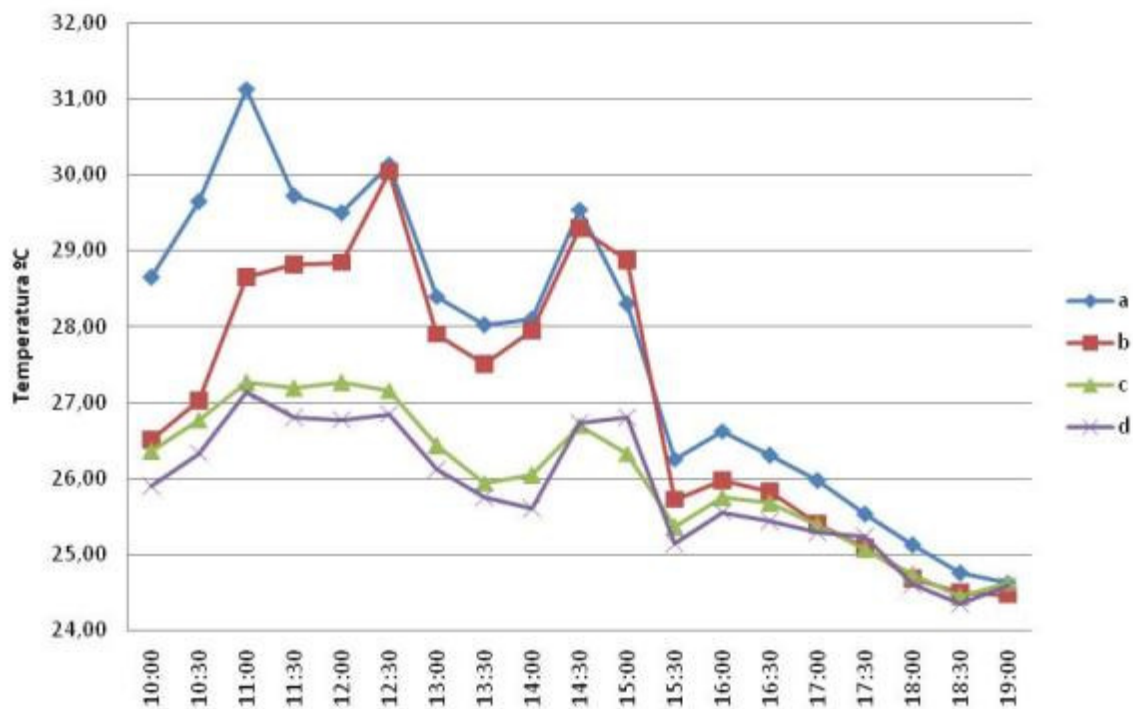


Gráfico 7 - Variação de temperatura de acordo com a localização dos aparelhos.

Com a média das temperaturas coletadas por todos os aparelhos elaborou-se o Gráfico 8, objetivando a comparação entre os dados da estação automática de Vitória, que representa a temperatura da cidade e da Praça dos Namorados. Destacam-se as baixas temperaturas no período matutino devido à presença de vegetação, proximidade ao mar e ampla extensão territorial com baixa densidade construída. Entretanto, no período vespertino, quando as trocas de calor por ondas longas são intensificadas provocadas pela grande quantidade de pavimentação e superfície marítima, as temperaturas se elevam.

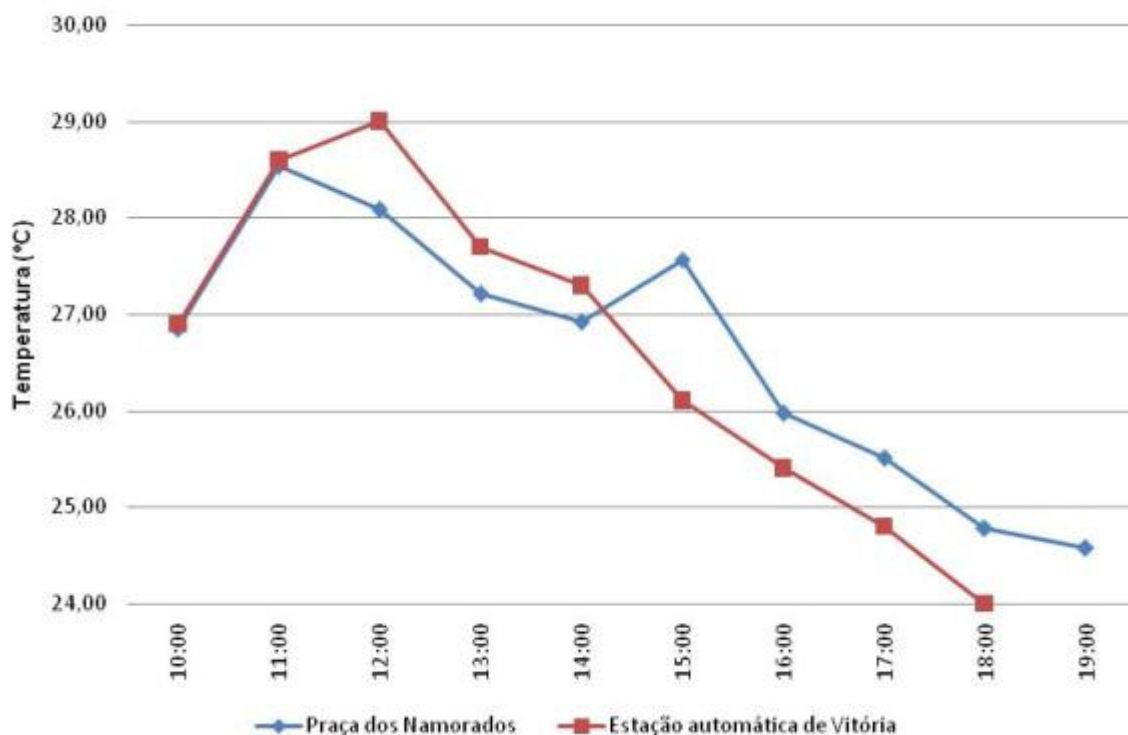


Gráfico 8 - Variação de temperatura média do denominado ponto5 em relação à estação automática de Vitória.

Apesar do objetivo de aumentara qualidade e a confiabilidade da amostragem climática de cada ponto medido ter sido alcançado, constatou-se que é de extrema importância à medição simultânea entre os pontos, visto que a comparação realizada entre os dados obtidos e os dados da estação automática de Vitória não possibilita uma gama de consideráveis discussões. Por isso, verificou-se a necessidade da realização de um novo aprimoramento metodológico.

#### 5.2.4 Teste 3 da metodologia

A metodologia foi novamente aprimorada através da mudança do recorte territorial e temporal, além de ter sido retomada a concepção de medição simultânea.

- **Novo recorte territorial e temporal**

Para este terceiro teste de medições, alguns pontos da faixa de amostragem territorial foram eliminados em relação ao primeiro recorte territorial (Figura 42) devido à semelhança de características existentes entre alguns pontos que

pudessem gerar resultados próximos, não representando uma efetiva contribuição para a discussão comparativa.



Figura 42 - Pontos medidos no terceiro teste da metodologia na faixa territorial de amostragem.

As medições foram realizadas em três dias no mês de novembro, durante uma hora do período mais quente do dia, de forma simultânea e com todos os equipamentos – programados para medir a cada 2 minutos – livres da interferência das sombras, com a finalidade de garantir a qualidade dos dados climáticos captados.

O período mais quente do dia é compreendido entre 11h e 14h devido à posição do Sol em relação à Terra. De acordo com Bittencourt (2004), as radiações das primeiras horas do dia incidem de forma inclinada ao plano do observador, enquanto que ao meio-dia, a direção das radiações é perpendicular, ocasionando uma maior concentração energética por área de superfície. Entretanto, a terra além de ganhar calor através de radiações solares, elimina-o na mesma proporção que recebe, ocasionando o chamado balanço energético da Terra (Figura 43), ou seja, entende-se que entre 13h e 14h seja o período que o calor concentrado pelas superfícies está sendo emitido em forma de ondas longas, além de ainda receber uma grande quantidade de radiação solar direta. Por isso, para essa nova série de teste da metodologia, foi considerado o período entre 14h e 15h como mais apropriado para as medições, visto que nos dias escolhidos para tal feito a cidade acabara de adotar o Horário de Verão, quando adianta-se uma hora no fuso horário oficial local.



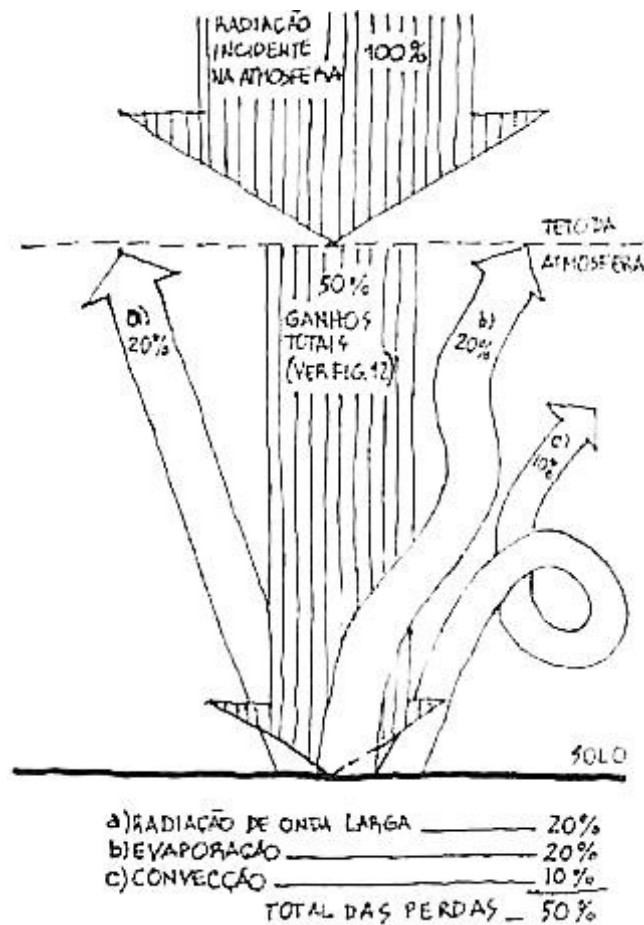


Figura 43 - Balanço energético entre o sol e a Terra. Fonte: Bittencourt, 2003, p. 25.

O mês que as medições foram realizadas, novembro, pertence à Primavera, quando no Estado do Espírito Santo, geralmente, há um aumento gradativo no índice pluviométrico, marcando a passagem da estação seca para a estação chuvosa, onde se iniciam as pancadas de chuva no final da tarde ou à noite devido ao aumento gradativo das temperaturas e dos índices de umidade. As temperaturas máximas médias ficam em torno dos 26°C na região serrana e 30°C nas demais regiões, e as temperaturas mínimas médias ficam em torno dos 16°C na região serrana e 20°C nas demais regiões (INCAPER, 2011).

O primeiro dia de medição, 4 de Novembro de 2011, pôde ser considerado um dia típico e ideal para a mensuração das condições microclimáticas, uma vez que estava claro e calmo, ou seja, o céu estava sem a presença de nebulosidade e os ventos se mantiveram amenos durante todo o dia. Os valores captados pela estação automática de Vitória encontram-se no Quadro 14.

Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m²)	Chuva (mm)
		Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.		
04/11/2011	00	18.9	19.9	18.7	79	82	74	15.2	15.7	15.0	1021.9	1021.9	1021.6	1.2	226°	2.4	-3.54	0.0
04/11/2011	01	17.9	19.0	17.8	86	86	78	15.4	15.4	15.0	1021.6	1021.9	1021.6	1.0	245°	2.3	-3.54	0.0
04/11/2011	02	17.6	17.8	17.4	90	90	86	15.9	15.9	15.2	1021.2	1021.6	1021.2	1.1	307°	2.0	-3.46	0.0
04/11/2011	03	19.1	19.1	17.6	78	90	78	15.1	16.5	15.1	1020.5	1021.2	1020.5	1.0	256°	2.5	-1.87	0.0
04/11/2011	04	20.0	20.0	19.1	70	78	70	14.4	15.1	14.3	1020.0	1020.5	1020.0	1.6	221°	4.3	-2.07	0.0
04/11/2011	05	19.8	20.0	19.8	70	71	69	14.2	14.6	14.0	1019.5	1020.0	1019.5	1.1	214°	4.1	-3.19	0.0
04/11/2011	06	19.7	19.9	19.7	71	71	69	14.2	14.3	14.1	1019.7	1019.7	1019.5	1.3	204°	4.3	-2.87	0.0
04/11/2011	07	19.1	19.1	19.1	73	74	70	14.2	14.3	14.2	1019.8	1019.8	1019.6	2.1	206°	6.1	-3.39	0.0
04/11/2011	08	19.6	19.6	19.0	71	73	71	14.2	14.4	14.0	1020.5	1020.5	1019.8	1.7	190°	5.5	3.365	0.0
04/11/2011	09	20.0	20.0	19.5	69	71	69	14.2	14.4	13.7	1021.2	1021.2	1020.5	1.4	256°	5.7	194.6	0.0
04/11/2011	10	22.7	22.7	20.0	58	69	58	13.9	14.8	13.7	1021.5	1021.5	1021.2	1.6	191°	4.0	1117.	0.0
04/11/2011	11	23.9	23.9	22.3	50	58	48	12.8	14.1	12.1	1021.6	1021.6	1021.5	2.9	181°	7.4	2150.	0.0
04/11/2011	12	25.0	25.2	23.8	46	51	43	12.7	13.5	11.2	1021.6	1021.8	1021.6	2.2	184°	7.4	2896.	0.0
04/11/2011	13	25.3	25.7	24.5	47	49	43	13.0	13.6	11.6	1021.2	1021.6	1021.2	2.8	150°	6.7	3461.	0.0
04/11/2011	14	25.5	26.0	25.0	48	49	43	13.7	13.7	12.1	1020.8	1021.2	1020.8	3.0	132°	7.9	3779.	0.0
04/11/2011	15	24.8	25.5	24.4	52	53	46	14.3	14.5	12.5	1020.0	1020.8	1020.0	3.2	128°	7.6	3670.	0.0
04/11/2011	16	24.7	25.5	24.0	50	53	45	13.4	14.9	12.4	1019.3	1020.0	1019.3	3.3	115°	9.6	3648.	0.0
04/11/2011	17	24.0	24.9	23.9	53	55	47	14.0	14.9	12.4	1018.9	1019.4	1018.8	3.8	129°	9.6	3162.	0.0
04/11/2011	18	23.7	24.2	23.4	57	57	51	14.6	14.8	13.0	1019.0	1019.0	1018.8	3.2	137°	8.5	2427.	0.0
04/11/2011	19	23.1	23.9	23.1	58	60	55	14.5	15.2	13.9	1019.3	1019.4	1018.9	3.0	134°	6.6	1630.	0.0
04/11/2011	20	22.1	23.1	22.0	62	62	58	14.5	14.7	13.9	1019.8	1019.9	1019.4	2.6	136°	7.1	415.2	0.0
04/11/2011	21	22.1	22.1	21.9	61	62	59	14.2	14.3	13.7	1020.3	1020.4	1019.8	1.6	129°	5.8	30.65	0.0
04/11/2011	22	22.1	22.1	22.0	62	62	60	14.4	14.5	13.9	1020.6	1020.6	1020.3	1.8	147°	5.3	-2.78	0.0
04/11/2011	23	22.1	22.1	22.0	60	62	57	14.0	14.5	13.3	1020.8	1020.8	1020.6	1.9	146°	5.2	-2.98	0.0

Quadro 14 - Valores das condições climáticas do primeiro dia registradas pela estação automática de Vitória. Fonte: INMET, 2011.

Durante o período de medição (14h às 15h no Horário de Verão) nos equipamentos instalados, conforme a metodologia apresentada registrou-se a seguinte variação de temperatura e umidade:

- Ponto 1 – Itararé: Temp.: 27,3°C a 30,7°C. Umidade: 37,6% a 45%.
- Ponto 2 – Reta da Penha: Temp.: 26,7°C a 28,3°C. Umidade: 42,7% a 47,5%.
- Ponto 3 – Praia do Canto: Temp.: 28,7°C a 29,9°C. Umidade: 39,5% a 43,2%.
- Ponto 4 – Praça dos Namorados: Temp.: 23,9°C a 25,7°C. Umidade: 53,4% a 60,5%.

O comportamento destas variações pode ser observado nos Gráfico 9 e Gráfico 10.

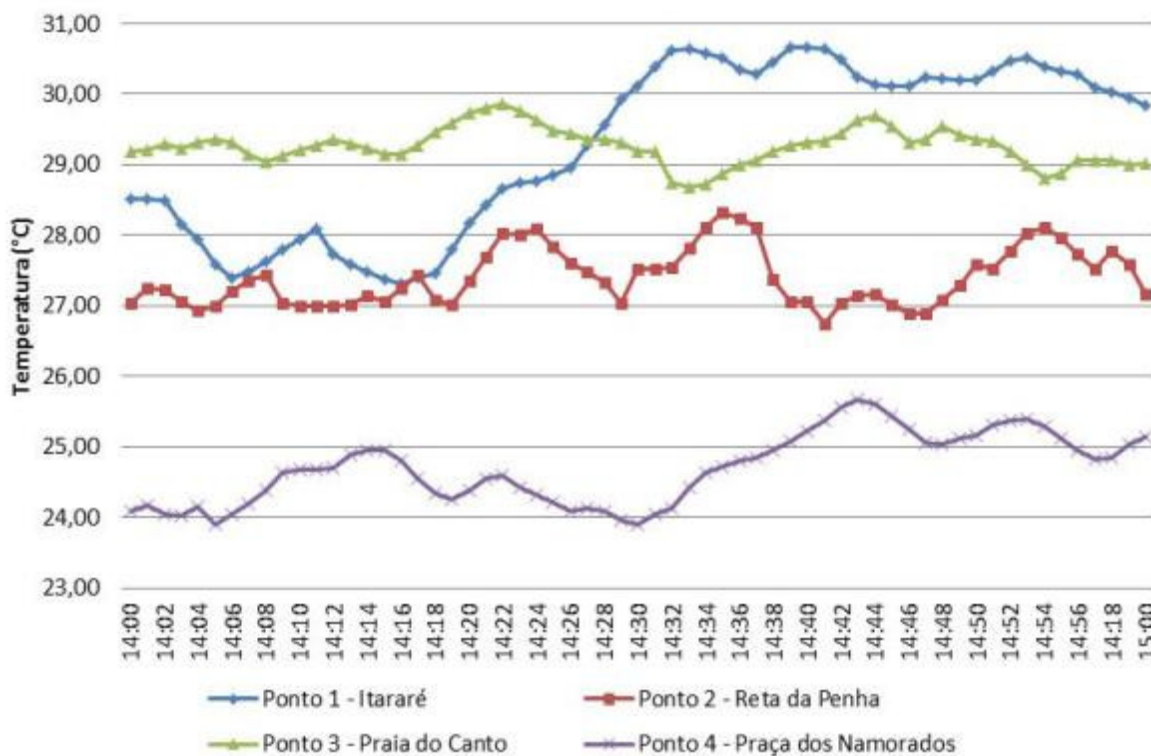


Gráfico 9 - Variação de temperatura registrada no primeiro dia de medições nos quatro pontos.

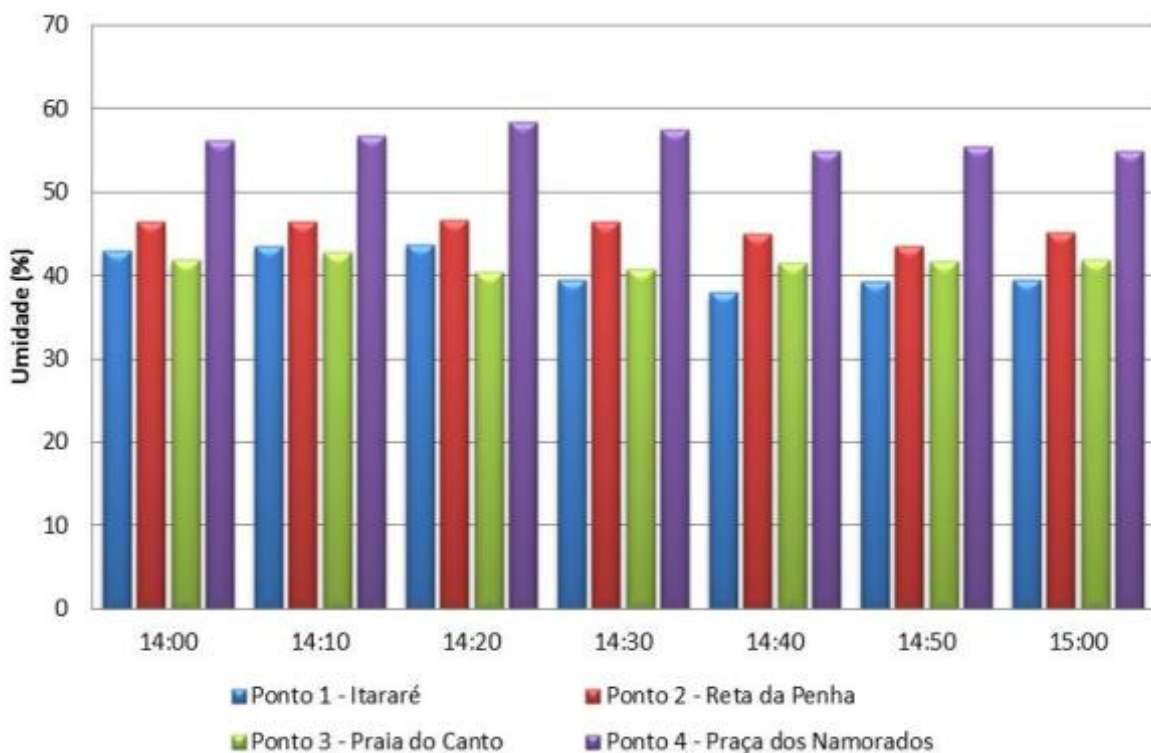


Gráfico 10 - Variação de umidade registrada no primeiro dia de medições nos quatro pontos.

No segundo dia de medição, 07 de Novembro de 2011, o céu estava parcialmente encoberto, sendo uma condição que prejudica notoriamente os resultados, visto que as dimensões das nuvens e o tempo que encobrem determinados pontos são inconstantes. Os valores captados pela estação automática de Vitória encontram-se no Quadro 15.

Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m²)	Chuva (mm)
		Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.		
07/11/2011	00	17.6	18.8	17.6	89	89	82	15.8	15.9	15.6	1017.4	1017.4	1016.8	0.5	276°	1.1	-3.54	0.0
07/11/2011	01	17.3	17.6	17.3	92	92	89	15.9	16.1	15.6	1017.1	1017.5	1017.0	0.8	335°	1.5	-3.53	0.0
07/11/2011	02	16.7	17.3	16.7	93	93	92	15.5	16.0	15.4	1016.7	1017.2	1016.7	0.7	340°	1.4	-3.54	0.0
07/11/2011	03	16.5	16.8	16.5	93	93	93	15.4	15.7	15.3	1015.9	1016.7	1015.9	0.7	315°	1.8	-3.54	0.0
07/11/2011	04	16.1	16.5	16.0	94	94	93	15.2	15.3	14.9	1015.4	1015.9	1015.4	0.9	304°	1.7	-3.54	0.0
07/11/2011	05	16.0	16.2	15.9	94	94	93	14.9	15.2	14.8	1014.7	1015.4	1014.7	1.0	309°	2.5	-3.53	0.0
07/11/2011	06	15.6	16.0	15.5	94	94	93	14.6	14.9	14.5	1014.8	1014.8	1014.5	1.0	315°	1.6	-3.48	0.0
07/11/2011	07	15.9	16.2	15.6	94	94	94	14.9	15.2	14.6	1014.7	1014.9	1014.7	1.1	336°	2.3	-3.44	0.0
07/11/2011	08	15.8	16.0	15.6	94	94	94	14.8	15.0	14.6	1015.5	1015.5	1014.7	1.1	299°	3.0	7.903	0.0
07/11/2011	09	18.8	18.8	15.8	77	94	77	14.7	15.4	14.4	1016.0	1016.0	1015.5	1.2	285°	3.0	456.2	0.0
07/11/2011	10	22.6	22.6	18.8	61	77	60	14.8	15.0	14.0	1016.5	1016.5	1016.0	2.1	308°	4.3	1335.	0.0
07/11/2011	11	24.7	24.7	22.6	56	62	55	15.4	15.5	14.5	1016.5	1016.6	1016.3	2.9	23°	7.1	2097.	0.0
07/11/2011	12	25.6	25.7	24.2	53	57	51	15.3	15.8	14.5	1016.3	1016.6	1016.2	3.3	10°	8.1	2639.	0.0
07/11/2011	13	26.6	27.0	25.5	47	54	47	14.5	16.2	14.1	1015.6	1016.3	1015.6	3.2	22°	7.0	3390.	0.0
07/11/2011	14	27.4	27.7	26.3	45	51	42	14.4	16.4	13.7	1014.9	1015.6	1014.9	2.6	356°	7.8	3470.	0.0
07/11/2011	15	27.1	28.0	26.7	54	54	43	17.1	17.1	14.1	1014.3	1014.9	1014.3	4.3	70°	8.7	3656.	0.0
07/11/2011	16	26.8	27.3	26.3	54	55	51	16.7	16.9	15.7	1013.6	1014.3	1013.6	4.0	53°	8.7	3066.	0.0
07/11/2011	17	25.8	27.4	25.6	55	57	51	16.1	16.9	15.9	1013.3	1013.6	1013.3	3.7	65°	9.2	2396.	0.0
07/11/2011	18	25.2	25.9	25.0	57	58	54	16.2	16.5	15.6	1013.3	1013.3	1013.1	3.8	58°	8.5	1645.	0.0
07/11/2011	19	24.3	25.8	24.2	60	61	54	15.9	16.5	15.0	1013.5	1013.5	1013.2	3.1	38°	7.6	967.5	0.0
07/11/2011	20	23.8	24.4	23.8	61	62	58	15.7	16.6	15.4	1013.9	1013.9	1013.5	3.0	47°	7.4	372.1	0.0
07/11/2011	21	23.2	23.8	23.1	63	64	60	15.6	16.2	15.5	1014.4	1014.4	1013.9	2.2	21°	5.8	32.95	0.0
07/11/2011	22	22.8	23.2	22.6	65	68	62	15.9	16.4	15.4	1015.2	1015.2	1014.4	1.7	15°	5.3	-3.37	0.0
07/11/2011	23	22.1	22.8	22.1	73	73	65	17.1	17.1	16.0	1016.0	1016.1	1015.2	0.4	350°	4.1	-3.17	0.0

Quadro 15 - Valores das condições climáticas do segundo dia registradas pela estação automática de Vitória. Fonte: INMET, 2011.

Durante o período de medição (14h às 15h no Horário de Verão) os equipamentos instalados conforme a metodologia apresentada constatou-se a seguinte variação de temperatura e umidade no segundo dia:

- Ponto 1 – Itararé: Temp.: 27,7°C a 32,8°C. Umidade: 34,8% a 52,4%.
- Ponto 2 – Reta da Penha: Temp.: 27,9°C a 29,9°C. Umidade: 48,8% a 54%.
- Ponto 3 – Praia do Canto: Temp.: 30°C a 32,2°C. Umidade: 42,8% a 47,8%.
- Ponto 4 – Praça dos Namorados: Temp.: 24,9°C a 25,9°C. Umidade: 60,1% a 66,2%.

O comportamento destas variações pode ser observado nos Gráfico 11 e Gráfico 12.

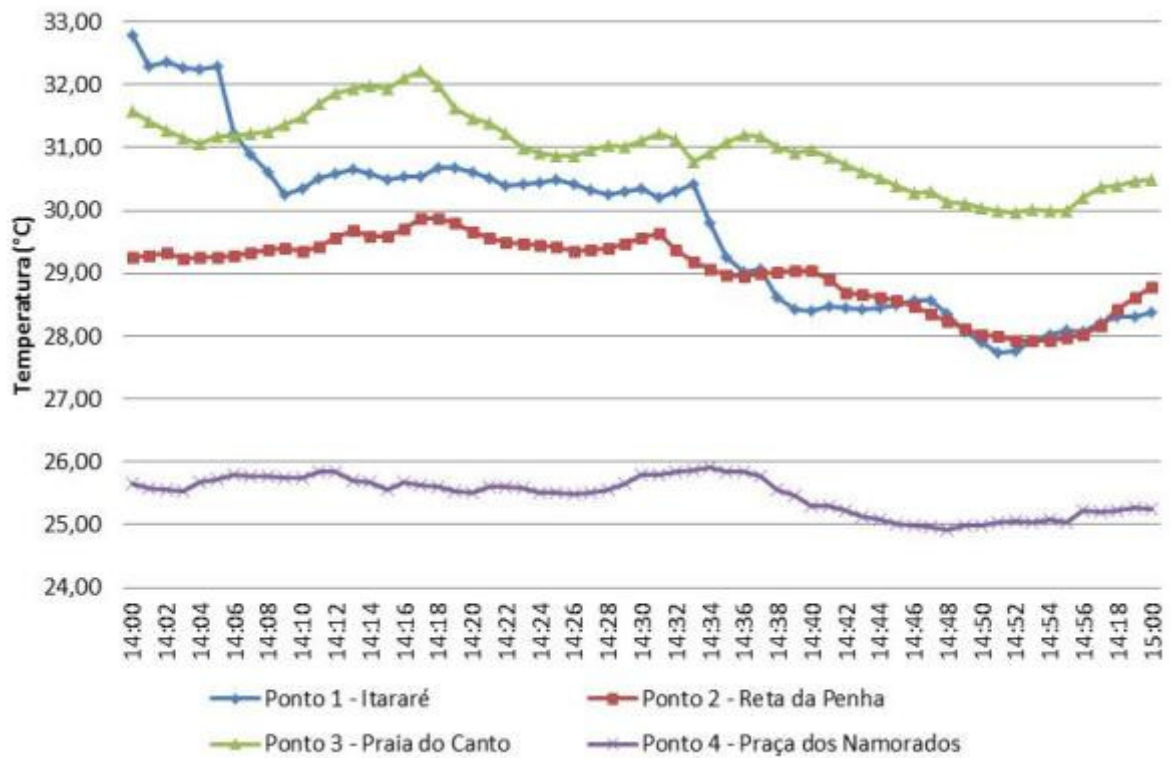


Gráfico 11 - Variação de temperatura registrada no segundo dia de medições nos quatro pontos.

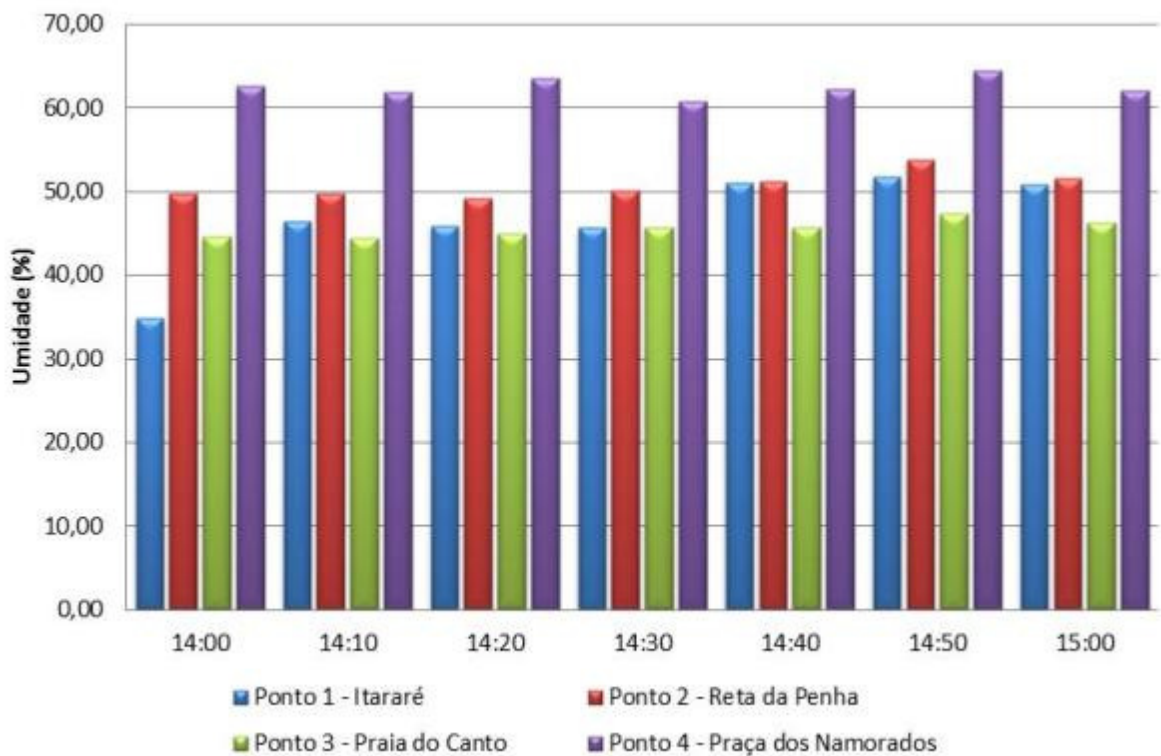


Gráfico 12 - Variação de umidade registrada no segundo dia de medições nos quatro pontos.

O terceiro dia de medição microclimática, 09 de Novembro de 2011, se manteve claro, porém, com a presença de algumas nuvens em determinados momentos. Os valores captados pela estação automática de Vitória encontram-se no Quadro 16.

Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m²)	Chuva (mm)
		UTC	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.		
09/11/2011	00	22.1	23.0	22.1	81	81	74	18.7	18.7	18.0	1016.5	1016.5	1016.0	0.9	323°	4.3	-3.19	0.0
09/11/2011	01	21.4	22.1	21.4	83	83	81	18.5	18.9	18.4	1016.4	1016.7	1016.4	0.7	354°	1.9	-3.32	0.0
09/11/2011	02	20.6	21.4	20.6	88	88	83	18.6	18.6	18.4	1016.1	1016.5	1016.1	0.3	307°	1.5	-3.52	0.0
09/11/2011	03	19.9	20.6	19.9	91	91	89	18.4	18.7	18.3	1015.7	1016.1	1015.6	0.7	319°	1.3	-3.53	0.0
09/11/2011	04	19.7	20.0	19.7	90	91	89	18.0	18.4	18.0	1015.1	1015.7	1015.1	0.7	321°	2.3	-3.48	0.0
09/11/2011	05	19.6	19.8	19.5	91	91	90	18.0	18.2	17.9	1014.5	1015.1	1014.4	0.7	326°	1.9	-3.53	0.0
09/11/2011	06	19.3	19.6	19.2	92	92	91	18.0	18.1	17.9	1014.5	1014.6	1014.4	0.6	287°	1.4	-3.53	0.0
09/11/2011	07	19.0	19.4	18.9	93	93	92	17.8	18.1	17.7	1014.8	1014.9	1014.5	0.2	11°	1.3	-3.31	0.0
09/11/2011	08	18.8	19.0	18.7	93	93	93	17.6	17.8	17.5	1015.4	1015.6	1014.8	1.0	293°	1.8	3.289	0.0
09/11/2011	09	19.8	19.9	18.8	89	93	89	17.9	18.3	17.6	1015.9	1015.9	1015.4	1.0	310°	2.1	161.6	0.0
09/11/2011	10	21.0	21.0	19.8	78	89	78	17.1	17.9	16.9	1016.8	1016.8	1015.9	1.1	296°	2.5	386.9	0.0
09/11/2011	11	24.3	24.4	21.0	67	78	67	17.9	18.5	16.7	1017.1	1017.1	1016.7	1.7	353°	3.9	1221.	0.0
09/11/2011	12	25.8	25.8	24.2	61	68	58	17.7	18.0	16.8	1016.9	1017.1	1016.9	2.4	3°	6.1	1589.	0.0
09/11/2011	13	27.4	28.1	25.8	53	61	52	17.0	18.8	16.7	1016.4	1016.9	1016.4	2.7	358°	6.7	2858.	0.0
09/11/2011	14	28.4	28.7	27.0	49	54	46	16.7	17.6	15.6	1015.9	1016.5	1015.9	3.2	7°	7.0	3441.	0.0
09/11/2011	15	27.5	29.2	27.5	54	55	44	17.5	18.0	15.2	1014.9	1015.9	1014.9	3.2	23°	7.5	2833.	0.0
09/11/2011	16	27.8	28.9	27.3	54	57	53	17.6	18.8	17.3	1013.9	1014.9	1013.9	3.7	60°	8.5	3310.	0.0
09/11/2011	17	27.9	29.1	27.8	57	57	52	18.5	19.1	17.7	1013.5	1014.0	1013.5	3.9	30°	9.4	2609.	0.0
09/11/2011	18	29.1	29.1	27.6	52	57	50	18.3	18.9	17.3	1013.0	1013.5	1013.0	3.4	24°	8.7	2027.	0.0
09/11/2011	19	27.0	29.0	27.0	62	62	51	19.0	19.2	17.2	1013.1	1013.2	1013.0	3.7	36°	8.7	1468.	0.0
09/11/2011	20	24.4	27.0	24.4	73	73	61	19.2	19.3	18.6	1014.0	1014.0	1013.1	4.2	34°	9.3	773.0	0.0
09/11/2011	21	23.2	24.4	23.2	77	78	73	18.8	19.2	18.8	1014.5	1014.5	1013.9	4.3	29°	11.0	34.29	0.0
09/11/2011	22	22.7	23.2	22.7	76	77	76	18.4	18.8	18.3	1015.1	1015.1	1014.5	3.8	23°	9.7	-3.54	0.0
09/11/2011	23	22.1	22.7	22.1	79	79	76	18.3	18.5	18.2	1015.7	1015.8	1015.1	2.8	9°	7.7	-3.53	0.0

Quadro 16 - Valores das condições climáticas do terceiro dia registrados pela estação automática de Vitória. Fonte: INMET, 2011.

Durante o período de medição (14h às 15h no Horário de Verão) os equipamentos instalados conforme a metodologia apresentada constatou-se a seguinte variação de temperatura e umidade no terceiro dia:

- Ponto 1 – Itararé: Temp.: 30,5°C a 32,6°C. Umidade: 45,2% a 51,8%.
- Ponto 2 – Reta da Penha: Temp.: 32,7°C a 33,9°C. Umidade: 44,2% a 47,5%.
- Ponto 3 – Praia do Canto: Temp.: 31,9°C a 33,8°C. Umidade: 44,3% a 49%.
- Ponto 4 – Praça dos Namorados: Temp.: 26,7°C a 27,7°C. Umidade: 61,8% a 69,7%.

O comportamento destas variações pode ser observado no Gráfico 13 e Gráfico 14, sendo que os resultados obtidos nos três dias de medições, considerando serem os de maior relevância para os resultados da pesquisa, seguem analisados e discutidos no capítulo 6 (Discussão dos resultados). No entanto, deve-se ressaltar que os resultados foram considerados adequados e os procedimentos metodológicos aprovados.

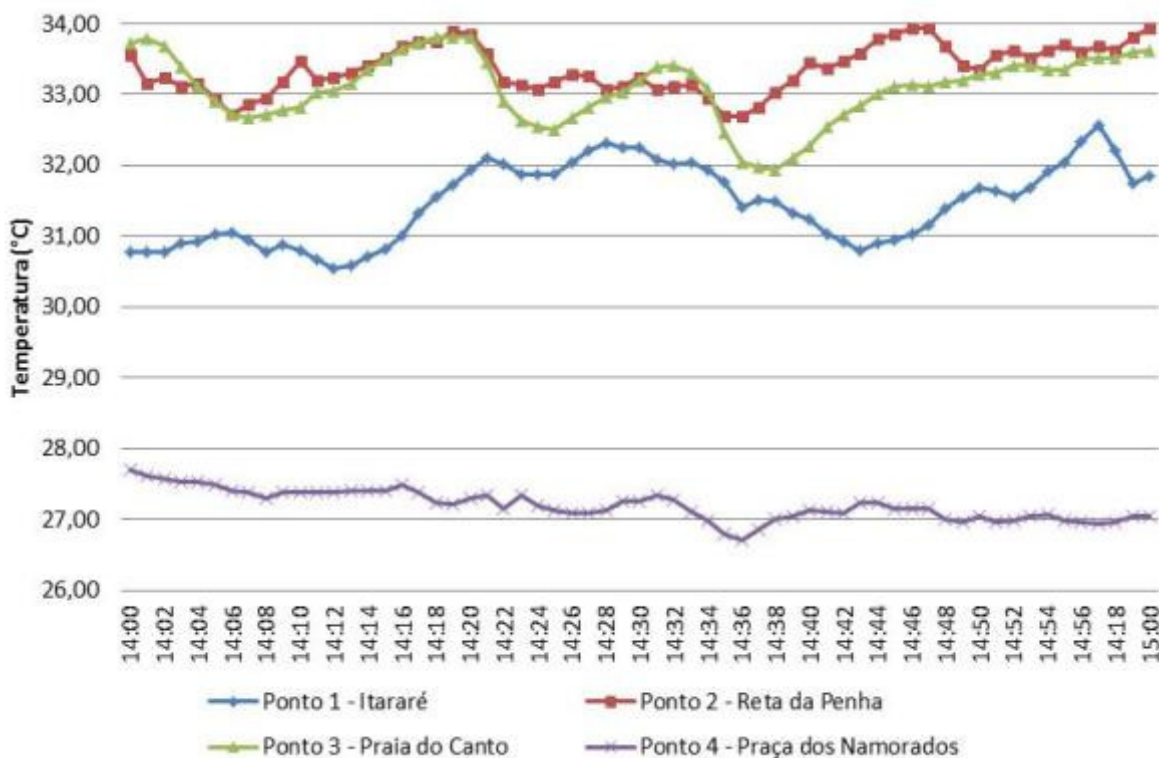


Gráfico 13 - Variação de temperatura registrada no terceiro dia de medições nos quatro pontos.

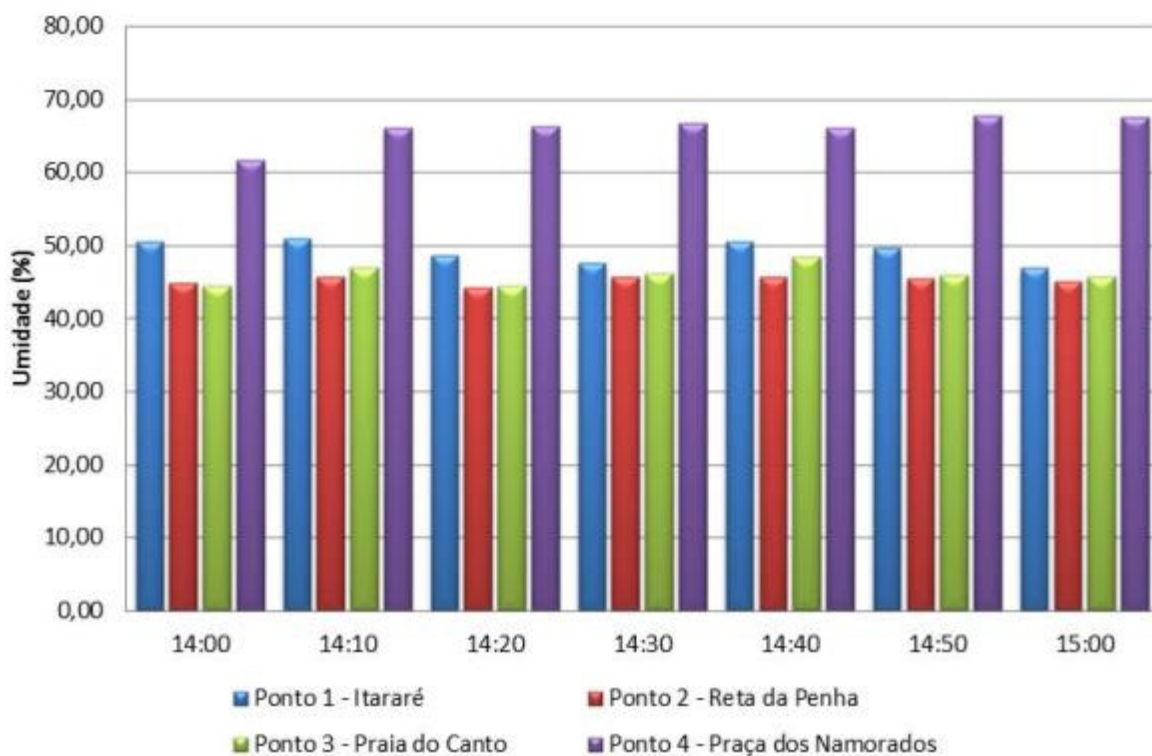


Gráfico 14 - Variação de umidade registrada no terceiro dia de medições nos quatro pontos.



### 5.3 Análise qualitativa

Diversos métodos e técnicas podem ser aplicados para analisar qualitativamente um ambiente, passíveis de serem executados a partir de uma coletânea de informações extraídas *in loco* ou não, por exemplo, através do auxílio de mapas, fotos, maquetes, medições ou apenas observações da percepção humana.

Brown e Dekay (2004) apresentam técnicas de avaliação qualitativa dos microclimas sem a necessidade de medições *in loco*, dentre elas, está a utilização do “quadrante solar” (Figura 44), que é usado com uma maquete para simular a posição variável do sol e de sua sombra durante o dia e ao longo do ano. Os resultados podem ser utilizados para avaliar os efeitos das condições existentes no sítio, os impactos da volumetria, o nível de penetração do sol e a eficiência dos elementos de sombreamento. Outra técnica é a representação da trajetória do sol na abóboda celeste como se estivesse projetado sobre uma superfície horizontal através da “carta solar” (Figura 44), utilizada junto à representação dos elementos existentes no sítio, podendo assim, determinar os horários do dia e do ano no qual o sol estará presente em determinado sítio.

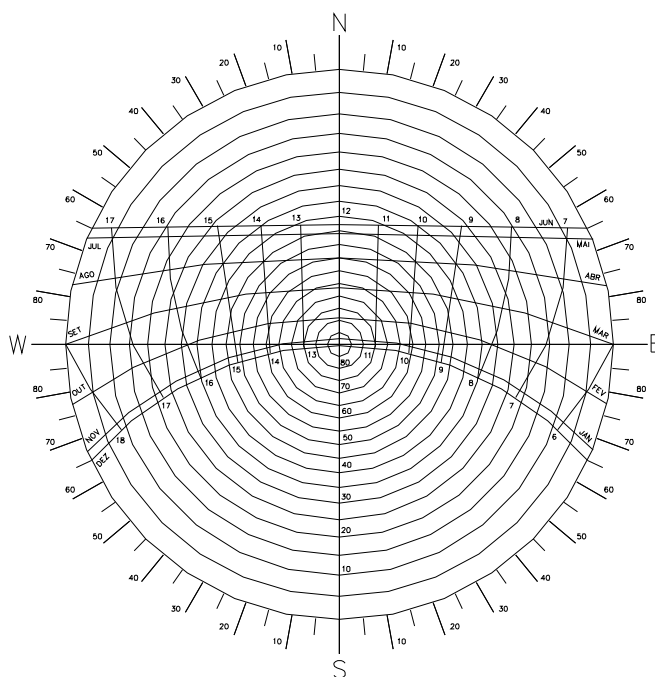


Figura 44 - Carta Solar de Vitória - ES (latitude 20° sul). Fonte: Alvarez, 2007, p. 4.

Quanto à ação dos ventos a “rosa-dos-ventos” (Figura 45) pode ser usada para fornecer informações detalhadas da orientação e da frequência, em relação a um mês ou ao ano, através dos dados obtidos por estações meteorológicas da cidade. Já a “carta de ventos” (Figura 46) pode fornecer informações mais específicas do que a rosa-dos-ventos, pois tabula, para períodos de três horas e para cada mês, a velocidade dos ventos predominantes, a orientação dos ventos predominantes naquela velocidade e o percentual de horas que o vento sopra naquela direção (BROWN e DEKAY, 2004).

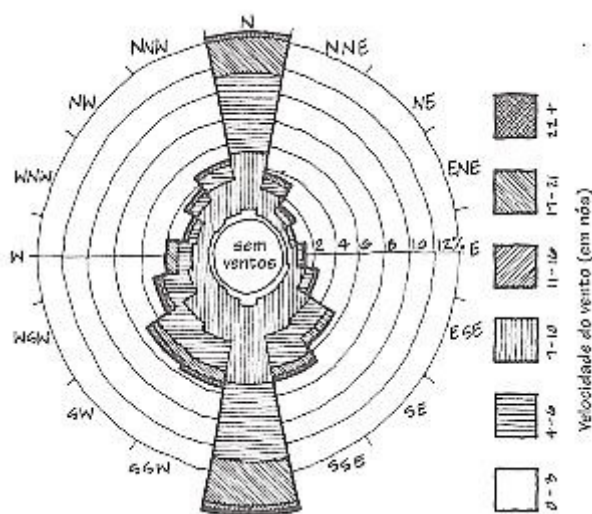


Figura 45 - Exemplo de Rosa-dos-ventos anual (orientação e velocidade). Eugene, Oregon, EUA. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 37.

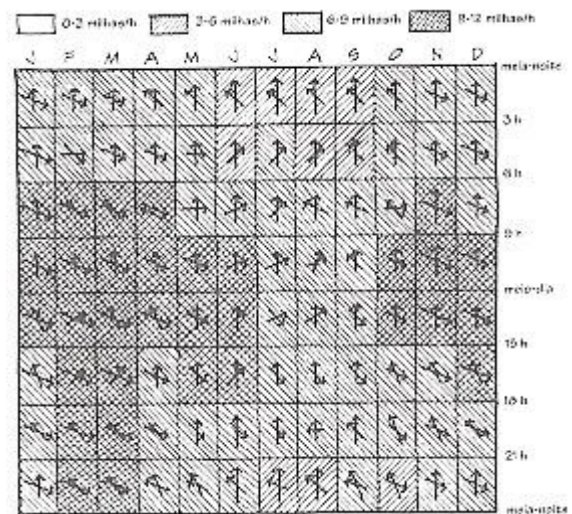


Figura 46 - Exemplo de Carta de Ventos (velocidade em milhas/h e direção). Saint Louis, Missouri, EUA. Fonte: Brown e Dekay, 2004, p. 38.

A análise qualitativa ambiental dos pontos de amostragem neste trabalho será baseada nos métodos de Romero (2001) e Olgyay (2002), os quais desenvolveram as Fichas Bioclimáticas e a Carta Bioclimática, respectivamente.

### 5.3.1 Método Romero: Ficha Bioclimática

A Ficha Bioclimática de Romero (2001) consiste em uma ficha analítica qualitativa do espaço público inserido no contexto urbano que possibilita a organização dos dados de forma sistemática. Nessa ficha, os elementos espaciais e os ambientes estão agrupados tematicamente, existindo entre eles uma correspondência pelas características do entorno, da base e da superfície fronteira (Figura 47).

FICHA BIOCLIMÁTICA				
ESPACIAIS		PONTO "X"	AMBIENTAIS	
ENTORNO	ACESSOS	SOL:	SENSAÇÃO DE COR:	COR
		VENTO:	RESONÂNCIA DO RECINTO:	SOM
	CONTINUIDADE DA MASSA:		SOMBRA ACÚSTICA:	RADIÇÃO
	CONDUÇÃO DOS VENTOS:		DIRETA:	
BASE	COMPONENTES E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS	PAVIMENTOS:	ALBEDO:	CLIMA
		PASSEIOS:	AMBIENTE SONORO:	SOM
		VEGETAÇÃO:		CONJUNTO DE CORES:
		ÁGUA:	TONALIDADE:	
		MOBILIÁRIO URBANO:	ABSORÇÃO:	CLIMA
		ELEMENTO PROTAGONISTA:		
FRONTEIRA	CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE		MATIZES:	COR
	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA:		CLARIDADE:	
	ABERTURAS:		PERSONALIDADE ACÚSTICA:	SOM
	TENSÃO:			
	DETALHES ARQUITETÔNICOS:		QUALIDADES SUPERFICIAIS DOS MATERIAIS:	
	CÉU:			
	NÚMERO DE LADOS:			
	ALTURA:			
ATRATIVIDADE:				

Figura 47 - Modelo da Ficha Bioclimática. Fonte: adaptado de Romero, 2001.

A análise do entorno inclui as condições de iluminação, ventilação e ruídos, sendo a compreensão do espaço urbano mais imediato do espaço público em questão; a base inclui os elementos do espaço público assentados na base, como a pavimentação, vegetação e mobiliário urbano; e a superfície fronteira corresponde ao espaço que forma o limite do espaço arquitetônico avaliado, compreendendo a convexidade, a tipologia edificadora e a continuidade (ROMERO, 2001).

A união dos componentes ambientais da análise qualitativa, obtidos nas medições microclimáticas, com os componentes espaciais da base, do entorno e da fronteira, torna-se possível a aproximação a uma concepção bioclimática dos espaços públicos, os quais podem ser rapidamente compreendidos através do registro gráfico e discursivo inseridos na Ficha Bioclimática.

### **5.3.2 Método Olgay: Carta Bioclimática**

Olgay (2002) desenvolveu a Carta Bioclimática (Figura 48) para relacionar a temperatura do ar e a umidade, definindo zonas de conforto com base em estudos biometeorológicos anteriores, mostrando como estas zonas podem se modificar na presença da ventilação e da radiação solar, ou de outra fonte térmica.

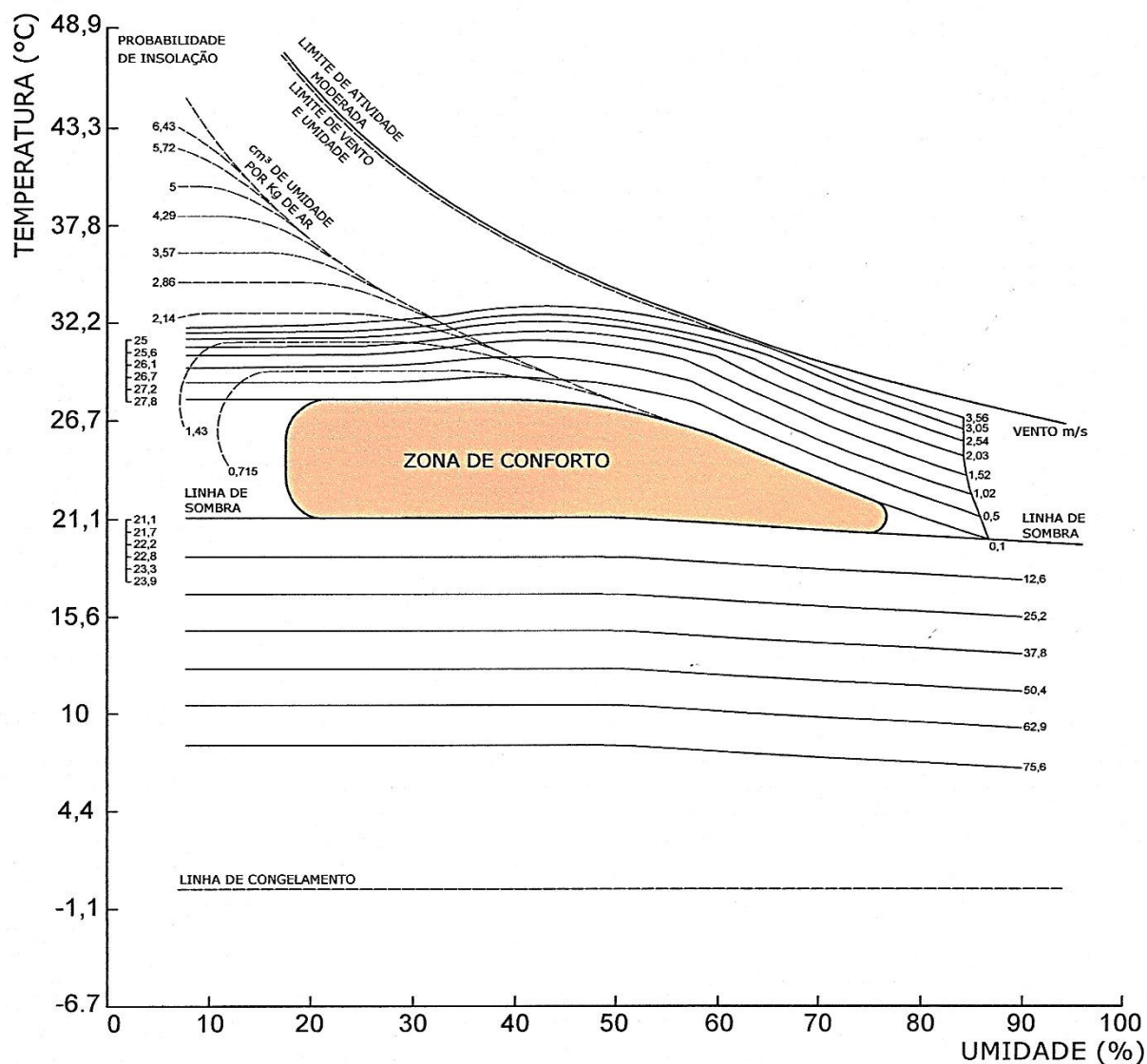


Figura 48 - Carta Bioclimática. Fonte: adaptado de Olgyay, 2002, p. 22.

Observa-se que se trata de um gráfico, onde a zona de conforto se localiza no centro e os elementos climáticos ao redor estão representados por curvas, os quais indicam a natureza das medidas de correção necessárias para recuperar a sensação de conforto de qualquer ponto situado fora da zona.

Para a utilização da Carta Bioclimática, basta inserir a temperatura no eixo vertical e a umidade no eixo horizontal, e no cruzamento entre as duas variáveis, obtém-se a condição de conforto da localidade analisada. Se o ponto de encontro for acima do perímetro da zona de conforto, significa que é necessário ampliar a ventilação, sendo que a forma que o efeito do vento deve se expressar para recuperar a sensação de conforto, está indicada nas linhas paralelas na proximidade superior,

cujos números descrevem as velocidades do vento necessárias em metros por segundo.

Se a temperatura for alta e a umidade relativa baixa, a sensação é de um clima quente e seco, dessa forma, a ventilação não será contribuinte para o devido conforto. Neste caso, as linhas pontilhadas indicam em  $\text{cm}^3$  de umidade por cada quilograma de ar necessário para reduzir as temperaturas. Logo abaixo do perímetro da zona, encontra-se uma linha divisória, a qual define que os pontos situados acima desta, necessitam de sombra, caso contrário, os situados abaixo, necessitam de radiação solar, cuja quantidade é expressa em kcal/h (OLGYAY, 2002).

Para um entendimento rápido do gráfico, observando as necessidades imediatas dos locais analisados, porém, sem as linhas com os valores de correção, Fonseca (1982 *apud* ROMERO, 2000) elaborou a Carta Bioclimática buscando propor uma forma didática de apresentá-la (Figura 49).

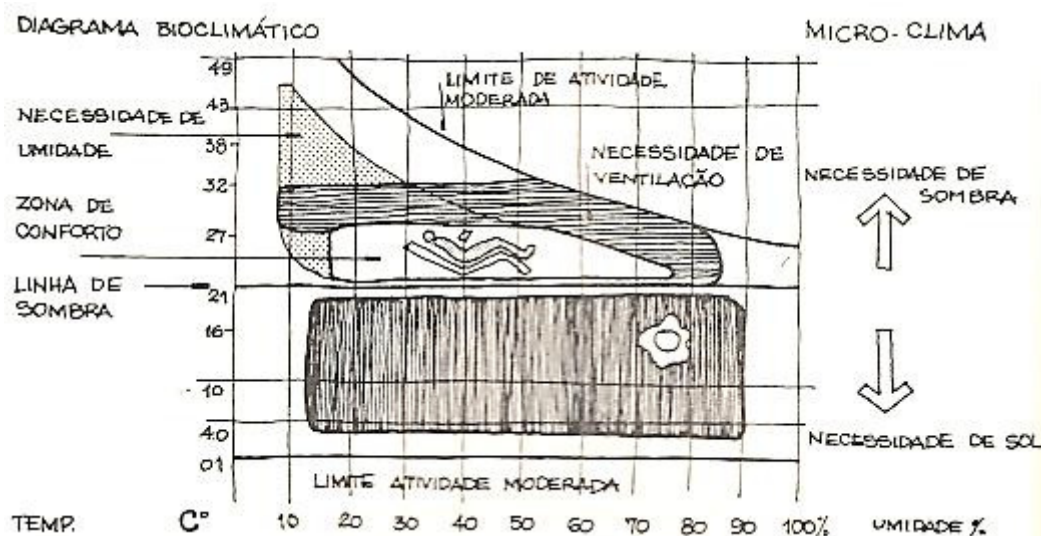


Figura 49 - Carta Bioclimática esquemática elaborada por Fonseca (1982 *apud* ROMERO, 2000, p. 54).

### 5.3.3 Aplicação dos métodos para análise dos pontos

No intuito de discutir a correlação entre os resultados quantitativos e os resultados qualitativos, perante a interferência da forma urbana na alteração das variáveis do

clima, os métodos de análise selecionados foram aplicados nos pontos de amostragem para o estudo de caso da pesquisa.

### 5.3.3.1 Ponto 1 – Itararé

O ponto 1 se localiza na Rua Daniel Abreu Machado (Figura 50), no bairro Itararé, onde ocorre intensa movimentação de pessoas e veículos em uma caixa de rua estreita e com calçadas que não atendem a legislação (aproximadamente 1m de largura e sem pavimentações adequadas). A maioria das edificações, com gabarito de 1 a 3 pavimentos, não possuem afastamentos frontais ou laterais, gerando grandes “paredões” na extensão da rua.



Figura 50 - Foto da Rua das Palmeiras localizada em Itararé, Vitória - ES.

• Método Romero:

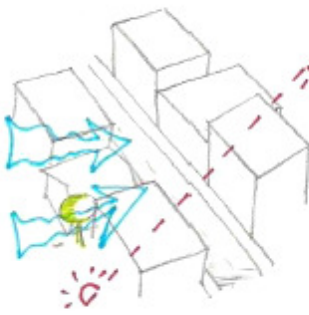
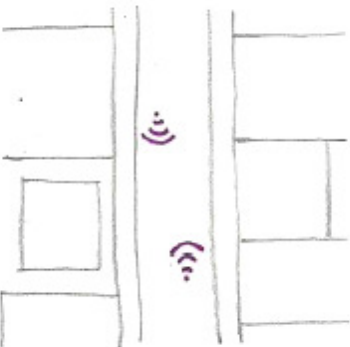

FICHA BIOCLIMÁTICA					
ESPACIAIS		PONTO 1 - ITARARÉ	AMBIENTAIS		
ENTORNO	ACESSOS		SENSAÇÃO DE COR: mistura de cores.	COR	
			VENTO: mais intenso nas fachadas leste, as fachadas oeste não recebem a principal direção.	RESSONÂNCIA DO RECINTO: alta, grande fluxo de pessoas e veículos.	SOM
	CONTINUIDADE DA MASSA: conjunto denso e contínuo.		SOMBRA ACÚSTICA: inexistente.	RADIÇÃO	DIRETA: média incidência.
	CONDUÇÃO DOS VENTOS: canalizados pela caixa de rua estreita.		DIFUSA: alta.		REFLETIDA: média.
BASE	COMPONENTES E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS		ALBEDO: médio a alto, grande quantidade de superfícies brancas.	CLIMA	
			PAVIMENTOS: asfalto e cimento nas calçadas.	AMBIENTE SONORO: turbulento, ruídos de ônibus, carros, crianças, animais, música, etc.	SOM
			PASSEIOS: calçadas de aprox. larg. 1m.		COR
			VEGETAÇÃO: pouca, apenas algumas árvores de médio porte.	CONJUNTO DE CORES: quente claro.	
			ÁGUA: inexistente.	TONALIDADE: tons de cinza e tons quentes.	
			MOBILIÁRIO URBANO: postes e placas de trânsito.	ABSORÇÃO: principalmente na superfície da base.	
ELEMENTO PROTAGONISTA: concreto.	REFLEXÃO: predominante das superfícies dos edifícios claros.				
FRONTEIRA	CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE: continuidade em ambos os lados da rua.		MATIZES: dominância branca.	COR	
	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA: edifícios retilíneos sem afastamentos.		CLARIDADE: média acentuação das cores.		
	ABERTURAS: grande quantidade de aberturas.		PERSONALIDADE ACÚSTICA: invadida pelo som externo.	SOM	
	TENSÃO: grande quantidade de elementos.				QUALIDADES SUPERFICIAIS DOS MATERIAIS: duros.
	DETALHES ARQUITETÔNICOS: edifícios geminados sem expressão arquitetônica.				
	CÉU: exposto.				
	NÚMERO DE LADOS: dois lados construídos.				
	ALTURA: 1 a 3 pavimentos.				
	ATRATIVIDADE: comércio.				

Figura 51 - Ficha Bioclimática do Ponto 1 - Itararé.



• **Método Olgay:**

A aplicação do Método Olgay será baseada no primeiro dia do terceiro teste de medição, visto que foi considerado o mais adequado para caracterizar as condições microclimáticas, possibilitando, dessa forma, uma comparação coerente entre os pontos, que neste dia se mantiveram livres de interferências de sombras ou demais inconvenientes às medições.

A média de temperatura no Ponto 1, portanto, foi 29,3°C e a média do valor de umidade relativa foi 40,9%. O ponto é representado na Carta Bioclimática conforme a Figura 52.

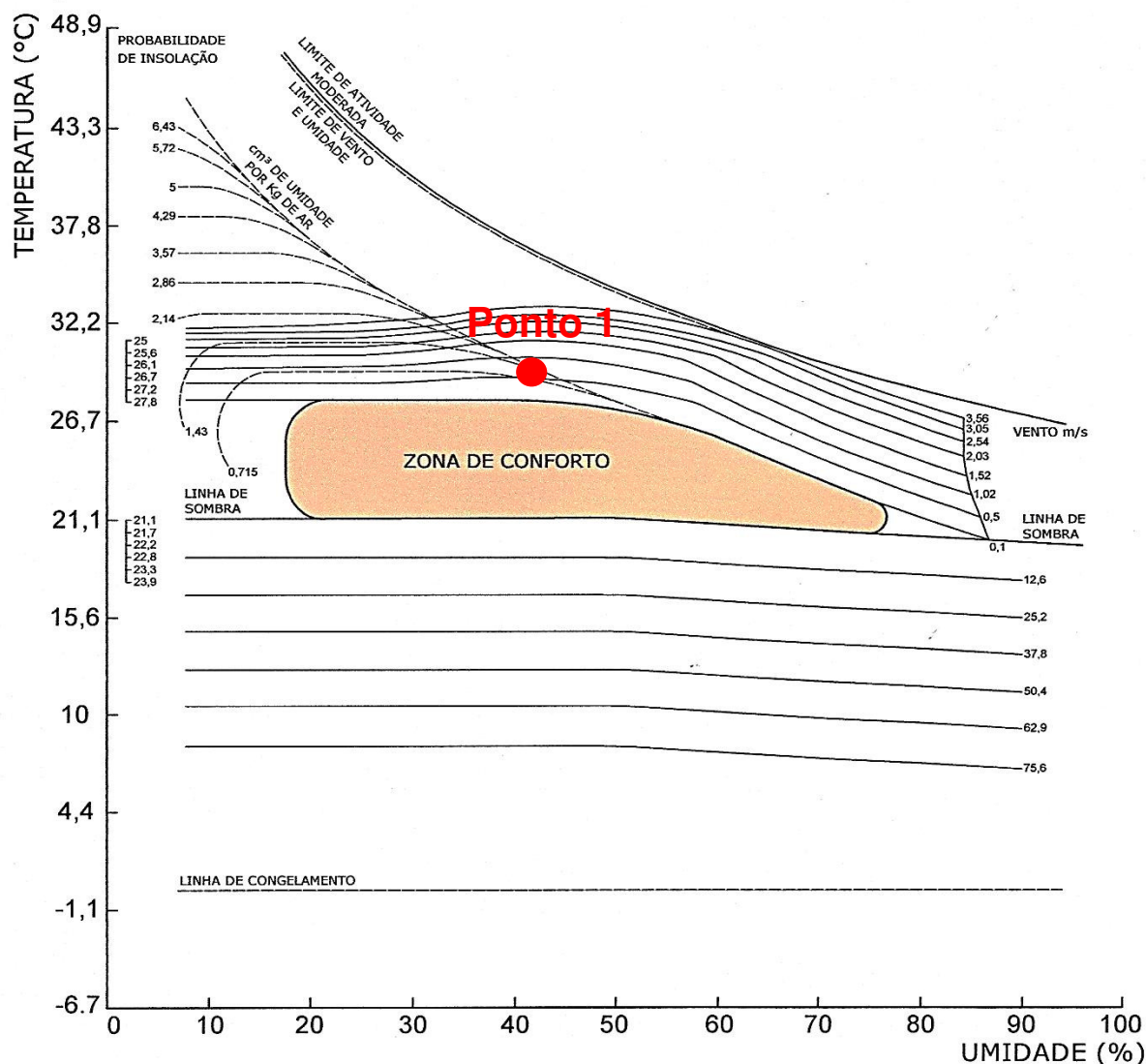


Figura 52 - Carta Bioclimática do Ponto 1 - Itararé.

### 5.3.3.2 Ponto 2 – Reta da Penha

O ponto 2 se localiza na Avenida Nossa Senhora da Penha (Figura 53), a qual possui grande extensão, aproximadamente 2.800m, interceptando os bairros Santa Helena, Santa Lúcia, Praia do Canto, Barro Vermelho e Andorinhas. A avenida tem extrema importância para a mobilidade da cidade, pois é um dos principais percursos de veículos para realizar trajetos que tem como destino a Terceira Ponte (ligação Vitória – Vila Velha), o aeroporto e o centro de Vitória.



Figura 53 - Foto da Avenida Nossa Senhora da Penha localizada em Vitória - ES.

• Método Romero:

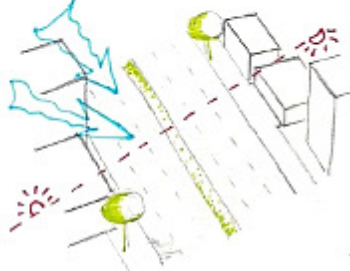


FICHA BIOCLIMÁTICA						
ESPACIAIS		PONTO 2 - RETA DA PENHA	AMBIENTAIS			
ENTORNO	ACESSOS		SENSAÇÃO DE COR:	COR		
			mistura de cores.			
	VENTO:		RESSONÂNCIA DO RECINTO:	SOM		
	mais intensos na direção L-O.		alta, grande movimentação de pessoas e veículos.			
CONTINUIDADE DA MASSA:	RADIÇÃO	SOMBRA ACÚSTICA:	RADIÇÃO			
frequentemente interrompida pela diversidade tipológica das edificações.		inexistente.				
CONDUÇÃO DOS VENTOS:	DIRETA:	alta.				
conduzidos pela avenida.	DIFUSA:	alta.				
		REFLETIDA:	alta.			
BASE	COMPONENTES E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS		ALBEDO:	CLIMA		
			elevado, grande quantidade de materiais reflexivos e claros.			
			PAVIMENTOS:	SOM	AMBIENTE SONORO:	SOM
			asfalto e concreto.		turbulento, predominantemente de veículos.	
			PASSEIOS:	COR	CONJUNTO DE CORES:	COR
			calçadas.		quente claro.	
VEGETAÇÃO:		TONALIDADE:				
presente no canteiro central e nas calçadas, com árvores de médio porte.		tons de cinza.				
ÁGUA:						
inexistente.						
MOBILIÁRIO URBANO:						
postes e placas de trânsito.						
ELEMENTO PROTAGONISTA:						
avenida asfaltada.						
FRONTEIRA	CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE:		ABSORÇÃO:	CLIMA		
	continuidade em ambos os lados da rua.		principalmente do asfalto e concreto.			
	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA:		REFLEXÃO:	CLIMA		
	predominantemente contemporânea.		principalmente provocado pelos vidros.			
	ABERTURAS:		MATIZES:	COR		
	grande diversidade de dimensões.		dominância branca.			
	TENSÃO:		CLARIDADE:	COR		
	alta.		acentua e altera as cores.			
	DETALHES ARQUITETÔNICOS:		PERSONALIDADE ACÚSTICA:	SOM		
alternância de gabarito e tipologia dos edifícios.	espaço tomado pelos ruídos da avenida.					
CÉU:	QUALIDADES SUPERFICIAIS DOS MATERIAIS:					
exposto.	duros.					
NÚMERO DE LADOS:						
dois lados construídos.						
ALTURA:						
1 a 10 pavimentos.						
ATRATIVIDADE:						
Convento da Penha no campo visual.						

Figura 54 - Ficha Bioclimática do Ponto 2 – Reta da Penha.

• Método Olgay:

A média de temperatura registrada no Ponto 1 foi 27,4°C e a média do valor de umidade relativa foi 45,4%. O ponto é representado na Carta Bioclimática conforme a Figura 55.

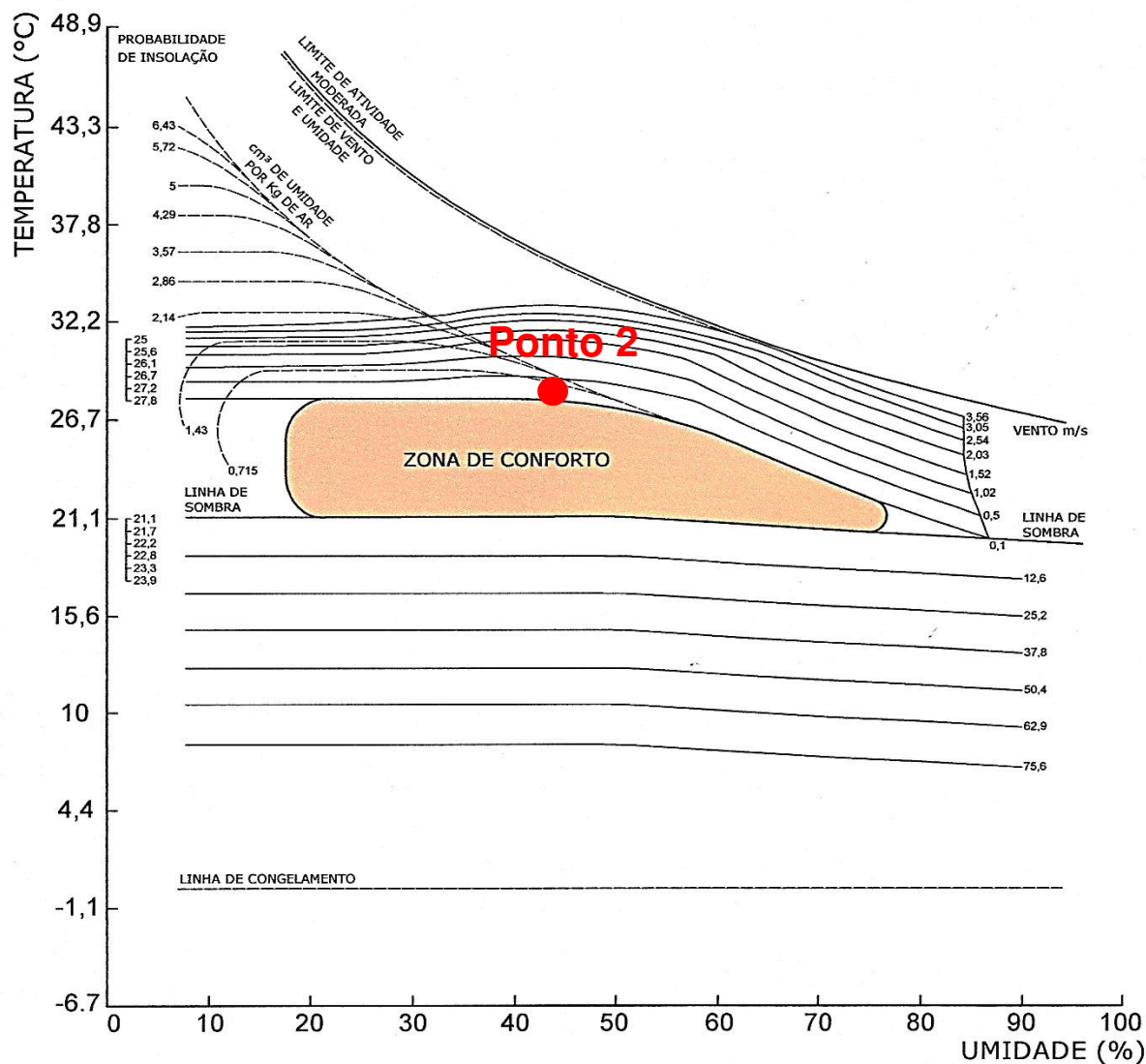


Figura 55 - Carta Bioclimática do Ponto 2–Reta da Penha.

### 5.3.3.3 Ponto 3 – Praia do Canto

O ponto 3 se localiza na Rua Moacyr Avidos do bairro Praia do Canto (Figura 56), sendo uma área predominantemente residencial com alta densidade e compacidade, apresenta uma grande quantidade de edificações multifamiliares com elevado gabarito e inseridas com pequenos afastamentos frontais e laterais.



Figura 56 - Foto da Rua Moacyr Avidos localizada na Praia do Canto em Vitória - ES.

Método Romero:

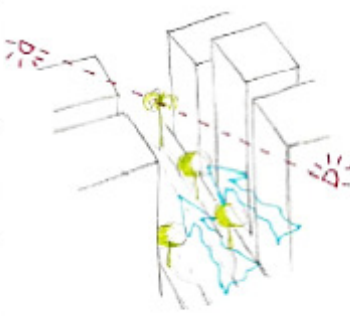
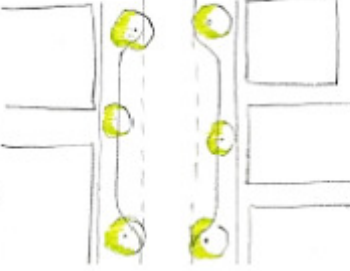
FICHA BIOCLIMÁTICA					
ENTORNO		PONTO 3 - PRAIA DO CANTO	AMBIENTAIS		
ENTORNO	ACESSOS		SENSAÇÃO DE COR:	COR	
			mistura de cores.		
	VENTO:		RESSONÂNCIA DO RECINTO:	SOM	
	direção intensa L-O.		média, os cânions formam barreiras.		
CONTINUIDADE DA MASSA:		SOMBRA ACÚSTICA:	RADIÇÃO		
densa em todos os lados e contínua.		inexistente.			
CONDUÇÃO DOS VENTOS:		DIRETA:		média.	
devido à altura dos edifícios, forma um corredor de vento.		DIFUSA:	alta.		
		REFLETIDA:	média.		
BASE	COMPONENTES E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS		ALBEDO:	CLIMA	
			alto, grande diversidade de materiais.		
			PAVIMENTOS:	SOM	
			asfalto e cimento.		
			PASSEIOS:		calçadas.
			VEGETAÇÃO:	nas rotatórias, grama e arbustos e nas calçadas, árvores de médio porte.	AMBIENTE SONORO:
ÁGUA:	inexistente.	CONJUNTO DE CORES:	quente.		
MOBILIÁRIO URBANO:	postes.	TONALIDADE:	tons de cinza.		
ELEMENTO PROTAGONISTA:	calçadas.				
FRONTEIRA	CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE:		ABSORÇÃO:	CLIMA	
	continuidade em todos os lados da rua.		alta.		
	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA:		REFLEXÃO:	COR	
	contemporânea.		alta, grande quantidade de vidros..		
	ABERTURAS:		MATIZES:		branco à azul.
	restritas, os edifícios são bem próximos.		CLARIDADE:	pouca, grande quantidade de sombras dos edifícios.	
	TENSÃO:		PERSONALIDADE ACÚSTICA:	SOM	
	média.		sem dominâncias.		
	DETALHES ARQUITETÔNICOS:		QUALIDADES SUPERFICIAIS DOS MATERIAIS:		duros.
	presença de muitas varandas com vidro.				
CÉU:					
parcialmente exposto.					
NÚMERO DE LADOS:					
dois lados construídos.					
ALTURA:					
1 a 12 pavimentos.					
ATRATIVIDADE:					
rotatórias.					

Figura 57 - Ficha Bioclimática do Ponto 3 - Praia do Canto.

- **Método Olgay:**

Considerando que a média de temperatura dos três dias de medição no Ponto 1 foi 29,3°C e a média do valor de umidade relativa foi 41,5%. O ponto é representado na Carta Bioclimática conforme a Figura 58.

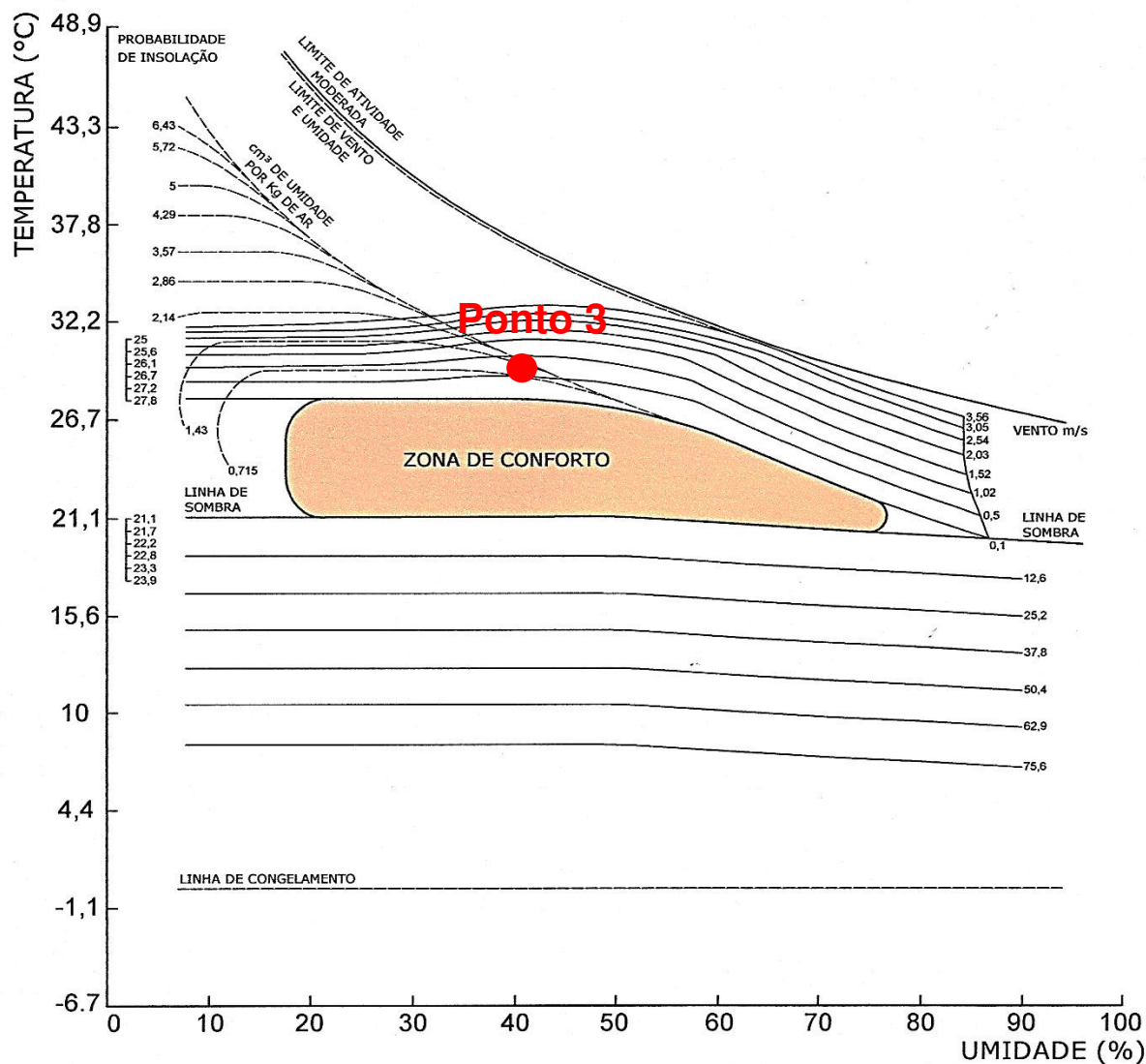


Figura 58 - Carta Bioclimática do Ponto 3 – Praia do Canto.

#### 5.3.3.4 Ponto 4 – Praça dos Namorados

O ponto 4 se localiza na Praça dos Namorados (Figura 59), onde há uma grande quantidade de vegetação de diversos portes e espécies, mobiliários urbanos e atividades de lazer e integração das pessoas.



Figura 59 - Foto da Praça dos Namorados localizada em Vitória - ES.



• Método Romero:

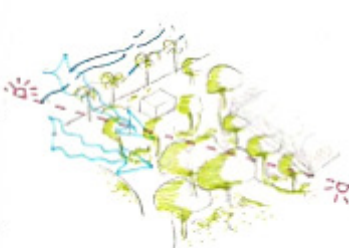


		FICHA BIOCLIMÁTICA			
		ESPACIAIS	PONTO 4 - PRAÇA DOS NAMORADOS	AMBIENTAIS	
ENTORNO	ACESSOS	SOL: parcialmente exposto.		SENSAÇÃO DE COR: mistura de cores.	COR
		VENTO: brisa marítima intensa.		RESSONÂNCIA DO RECINTO: baixa, devido a quantidade de vegetação.	SOM
	CONTINUIDADE DA MASSA: sem massa.	SOMBRA ACÚSTICA: presente.		RADIÇÃO	
	CONDUÇÃO DOS VENTOS: do mar à terra.	DIRETA: média. DIFUSA: baixa. REFLETIDA: baixa.			
BASE	COMPONENTES E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS	PAVIMENTOS: cimento, terra e grama.		ALBEDO: baixo.	CLIMA
		PASSEIOS: diversos.		AMBIENTE SONORO: calmo, amplo espaço público próximo ao mar.	SOM
		VEGETAÇÃO: várias espécies e todos os portes.		CONJUNTO DE CORES: ameno.	COR
		ÁGUA: proximidade ao mar.		TONALIDADE: tons de verde.	
		MOBILIÁRIO URBANO: postes, bancos, placas, arelhão, etc...			
		ELEMENTO PROTAGONISTA: vegetação.			
FRONTEIRA	CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE: um dos lados, há uma continuidade de edifícios.		ABSORÇÃO: baixa.	CLIMA	
	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA: sem identidade.		REFLEXÃO: baixa.		
	ABERTURAS: grandes espaços abertos.		MATIZES: verde à azula.	COR	
	TENSÃO: baixa.		CLARIDADE: alta, devido à amplitude do espaço.		
	DETALHES ARQUITETÔNICOS: poucas edificações de apoio e algumas quadras.		PERSONALIDADE ACÚSTICA: ambiente silencioso.	SOM	
	CÉU: exposto.		QUALIDADES SUPERFICIAIS DOS MATERIAIS: macios.		
	NÚMERO DE LADOS: quatro lados.				
	ALTURA: 1 pavimento.				
	ATRATIVIDADE: área para lazer.				

Figura 60 - Ficha Bioclimática do Ponto 4 – Praça dos Namorados.

- **Método Olgay:**

Considerando que a média de temperatura dos três dias de medição no Ponto 4 foi 24,7°C e a média do valor de umidade relativa foi 56,8%. O ponto é representado na Carta Bioclimática conforme a Figura 61.

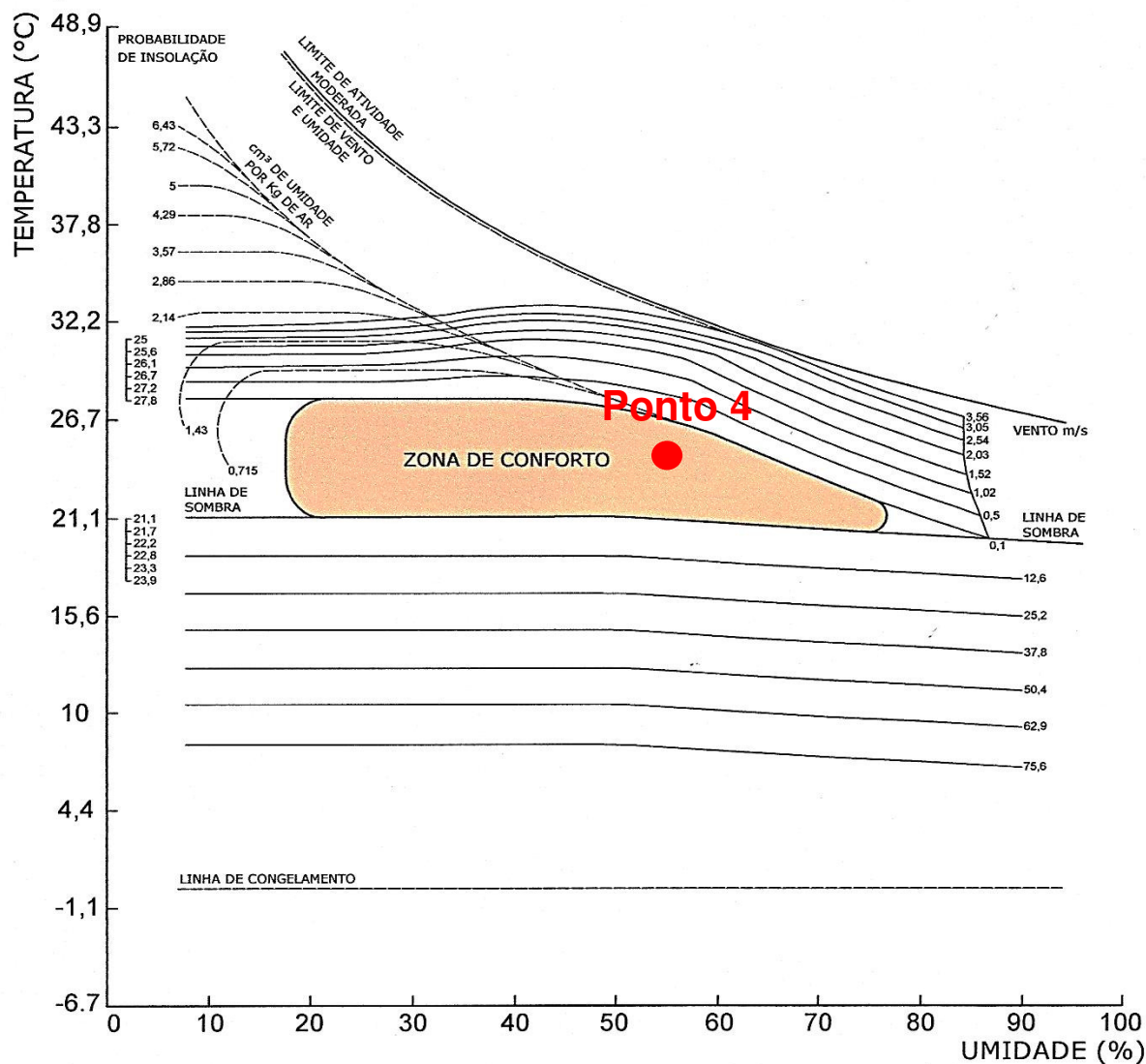


Figura 61 - Carta Bioclimática do Ponto 4 – Praça dos Namorados.

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Observa-se que a metodologia dos testes de medição microclimática aplicada neste trabalho, após os aprimoramentos, mostrou-se adequada para realizar a análise quantitativa da influência da configuração urbana nas condições climáticas. Com os resultados das medições, aplicados nos métodos de Romero (2000) e Olgay (2002), também foi possível realizar a análise qualitativa de cada ponto, determinando assim o comportamento da base, da superfície e da fronteira, em relação à qualidade ambiental e ao conforto térmico para os transeuntes.

Considerando os resultados obtidos, este capítulo visa discutir a correlação entre os resultados quantitativos e os qualitativos perante a interferência da forma urbana na alteração das variáveis do clima.

É notório que o teste 3 da metodologia foi o que apresentou melhores condições de análise dos espaços urbanos escolhidos na faixa territorial de amostragem, devido a fatores como: as condições microclimáticas foram mensuradas simultaneamente, possibilitando a análise comparativa entre os pontos; o primeiro dia deste terceiro teste foi identificado como ideal – calmo e claro –, pois segundo Monteiro (1976) um dia típico para medições climáticas é aquele ausente de nebulosidade, precipitação ou fortes ventos; e todos os equipamentos foram mantidos livres da interferência das sombras.

Com os resultados das medições microclimáticas realizadas neste “dia ideal” é possível observar que no **ponto 1 – Itararé** ocorre um aumento de temperatura a partir do horário aproximado de 14h20min (Gráfico 15), possivelmente, porque neste momento inicia-se uma maior quantidade de emissão de ondas longas, ou seja, a emissão da radiação difusa, proveniente da liberação do calor armazenado nos materiais de superfície próximos ao local de medição. Observa-se que provavelmente o calor liberado torna-se ainda mais intenso devido à baixa velocidade dos ventos no local, dificultando a dissipação do calor.

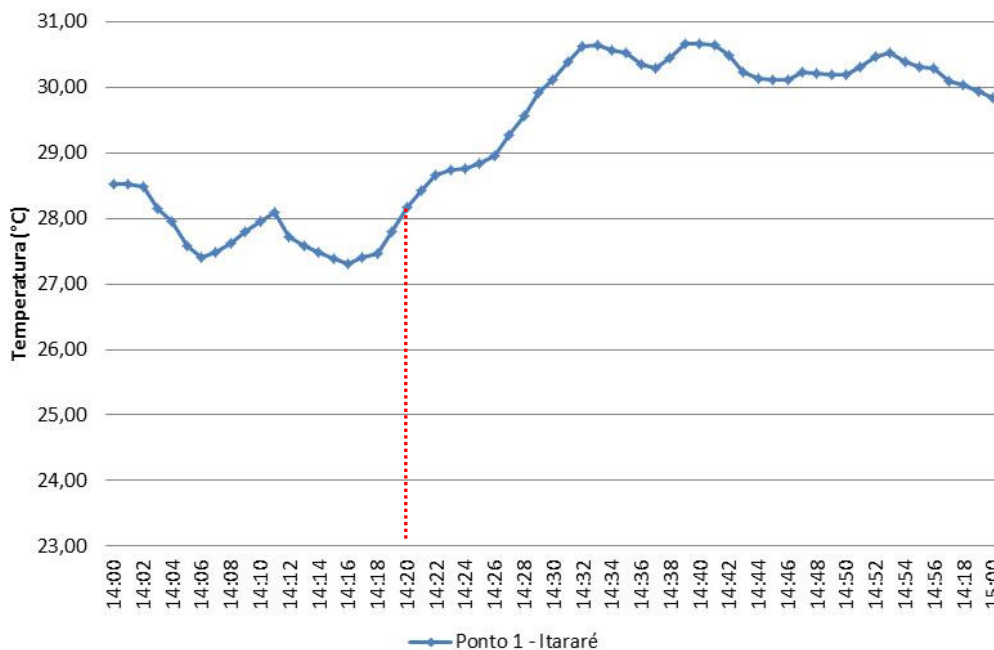


Gráfico 15 - Variação de temperatura do ponto 1 registrada no dia 04/11/2011, com destaque para o aumento da temperatura a partir de 14h20min.

Ao analisar a ficha bioclimática aplicada do “Método Romero” (subcapítulo 5.3 – Análise qualitativa), estes fatos podem ser compreendidos, pois há o registro gráfico da direção dos ventos – indicada e representada por setas azuis –, da localização do sol nascente e poente – indicada pela simbologia que representa o sol nascente acima da linha de deslocamento e o sol poente abaixo desta –, e da composição das fachadas ao longo da rua, representada por croqui. Por meio destes registros gráficos entende-se, portanto, que os ventos sofrem uma redução na velocidade devido a sua ação perpendicular à direção da rua, ou seja, ocorre um efeito de barreira provocado pelas edificações com poucos (ou ausentes) afastamentos laterais, como representa o croqui da composição das fachadas. Na mesma ficha é também perceptível que a radiação solar direta não está presente durante toda a manhã, uma vez que as sombras das edificações projetam-se sobre a rua. Assim, o acúmulo do calor nas superfícies é mais intenso no meio do dia, confirmando-se, então, a hipótese do aumento da temperatura no período da tarde quando ocorre a ação da radiação solar direta e indireta simultaneamente.

As características do ponto medido, como a elevada densidade construída e os pequenos afastamentos, juntamente com o fator dimensão das calçadas, provocam aos transeuntes uma sensação de desconforto térmico, afinal, as pessoas

obrigatoriamente transitam muito próximas à “barreira” de fachadas edificadas. Este fato pode ser observado também na análise feita através da aplicação dos dados das medições na carta bioclimática do “Método Olgay”, onde o ponto localiza-se fora da zona de conforto, ou seja, não compreende as condições de conforto ao corpo humano, visto que a temperatura está acima da adequada. A análise baseada na carta bioclimática nos permite afirmar que o local necessita de maior quantidade de elementos que proporcionem sombras e de estratégias para auxiliar a ação dos ventos permitindo que estes sejam em torno de 1,02 m/s e a umidade com 1,45 cm<sup>3</sup> por cada kg de ar.

Quanto às soluções por meio do planejamento para o tipo de configuração urbana semelhante a de Itararé, podem ser consideradas algumas estratégias apresentadas no subcapítulo 4.1 – Estratégias de planejamento urbano bioclimático:

- Estabelecer maiores afastamentos mínimos. Conforme Romero (2000), o tecido urbano em cidades tropicais deve ser disperso, solto, aberto e extenso, para permitir a ação da ventilação;
- Construir edifícios altos entre os edifícios baixos. Também para o favorecimento à ventilação nas edificações, Romero (2000) faz esta recomendação para locais com gabarito constante, evitando assim, o efeito barreira; e
- Plantar nas calçadas das vias e estacionamentos, no lado que recebe a radiação solar direção Norte e Oeste, árvores de folhagem densa e perene, de médio e grande porte; e no lado que recebe a radiação Sul e Leste, árvores de pequeno porte, com folhagens pouco densas ou caducas (GOUVÊA, 2002).

No **ponto 2 – Reta da Penha**, não há grande variação de temperatura (Gráfico 16), contudo, diversas pequenas variações ocorrem constantemente, justificadas pela presença de uma considerável quantidade de automóveis que transitam na avenida, sendo, então, a representação da movimentação destes de acordo com o fluxo e os tempos dos semáforos.

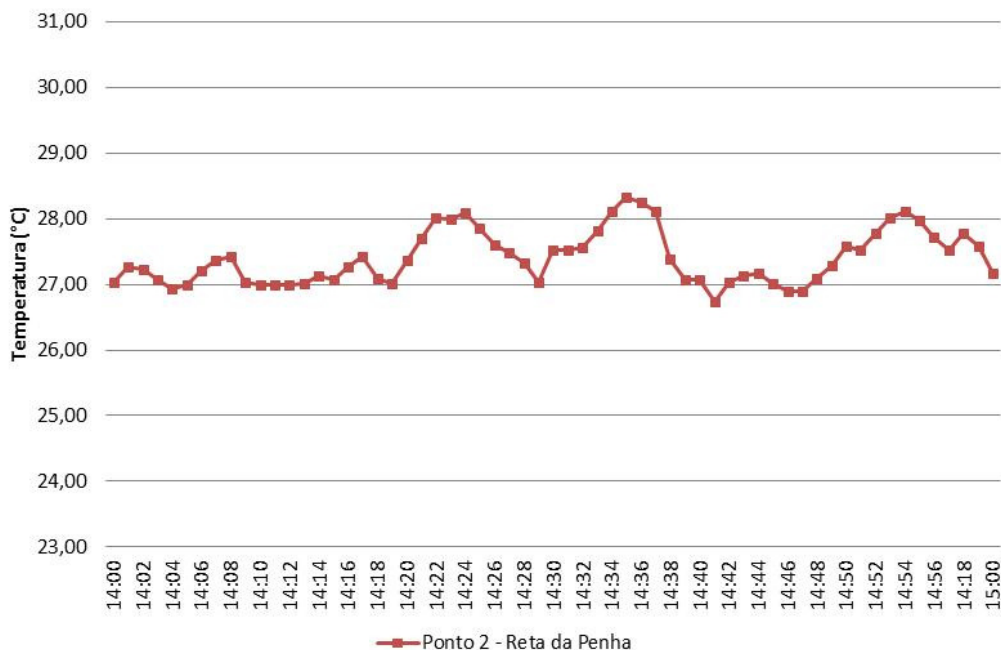


Gráfico 16 - Variação de temperatura do ponto 2 registrada no dia 04/11/2011.

Assim como a questão do intenso fluxo de veículos, a grande quantidade de materiais de superfície com alto índice de condutibilidade térmica também contribui para manter as temperaturas mais elevadas, entretanto, estas são amenizadas devido a média densidade construída associada aos grandes afastamentos, às diferentes alturas das edificações e à dimensão da via, que compõem uma configuração urbana que permite a livre passagem dos ventos.

Através da ficha bioclimática é possível observar que a localização do sol nascente e poente em relação à direção da via cria uma situação semelhante a analisada em Itararé, porém, neste caso, as edificações não projetam sombras em toda a extensão do plano horizontal devido a vasta largura da via. Eleva-se, dessa forma, a quantidade de horas que a superfície asfáltica absorve a radiação solar direta. Quanto ao plano vertical, ambos os lados de fachadas ao longo da via recebem insolação, sendo que os materiais de revestimento que compõem este plano são altamente reflexivos sendo, geralmente, vidros com películas espelhadas. Este conjunto de fatores que contribuem para a formação da denominada ilha de calor urbana, provoca o desconforto térmico para os pedestres.

Com os dados coletados nas medições microclimáticas do ponto 2 inseridos na carta bioclimática, nota-se que o ponto representativo apresenta-se fora da zona que

compreende as condições de conforto, porém, em uma determinada localização muito próxima a zona de conforto, cuja ação desimpedida dos ventos poderia ser o fator determinante para que se alcance uma condição de conforto. No entanto, como a ventilação na Av. Nossa Senhora da Penha já é favorecida, é possível deduzir que o elemento determinante para o desconforto seja a quantidade de superfícies que exercem as trocas térmicas constantes.

É possível, também, a adoção de medidas mitigadoras dos problemas apresentados no ponto 2 por meio do planejamento urbano, assim como os sugeridos no subcapítulo 4.1 – Estratégias de planejamento urbano bioclimático:

- Planejar um sistema de bulevares ou corredores verdes com organização convergente e com um ou mais centros, minimizando assim o calor e os poluentes (BROWN e DEKAY, 2004);
- Nos canteiros ou próximo a pontos de ônibus, implantar vegetação arbórea de copa colunar ou palmeira, visando o livre fluxo dos veículos de grande porte, e sombrear as áreas asfaltadas, reduzindo a temperatura do calçamento (GOUVÊA, 2002);
- Promover a irregularidade nas fachadas dos edifícios, contribuindo para minorar os efeitos de reflexão da radiação solar (ROMERO, 2000); e
- Diminuir a quantidade de superfícies envidraçadas, pois em meio urbano na região tropical essas aberturas devem ser ponderadas (CORBELLA, 2003).

Ao observar o comportamento das temperaturas medidas no **ponto 3 – Praia do Canto** – é notório que não há muitas variações (Gráfico 17), por se tratar de um local predominantemente residencial e com baixo fluxo de veículos. A média se mantém, entretanto, consideravelmente alta devido a grande densidade construída, ao elevado gabarito das edificações e aos pequenos afastamentos frontais e laterais.

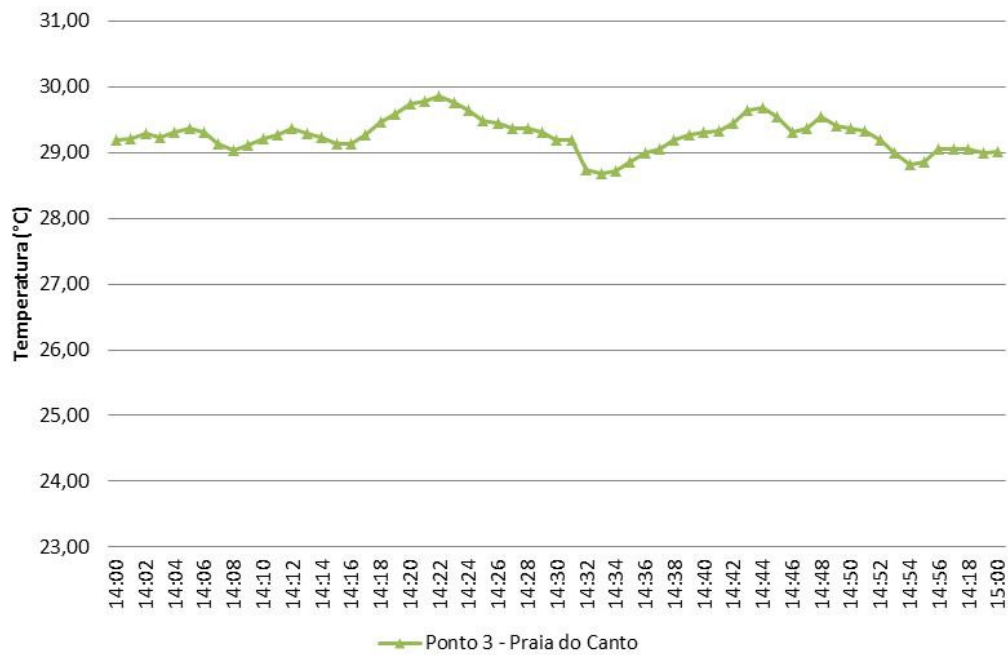


Gráfico 17 - Variação de temperatura somente do ponto 3 registrada no dia 04/11/2011.

Assim como na Av. Nossa Senhora da Penha, as edificações na Praia do Canto também apresentam grande quantidade de materiais reflexivos em suas esquadrias, além da presença das varandas, por se tratar de prédios residenciais, diferentemente do caso anterior, que também são compostas por vidros reflexivos. Neste caso, agrava-se, ainda, a característica das ruas, que são muito estreitas em relação às alturas das edificações. Esta situação é benéfica apenas no sentido de gerar sombras nas extensões das vias, porém, dificulta a ventilação, principalmente, quando a via é perpendicular à direção dos ventos dominantes.

No caso do ponto de medição, o termohigrômetro estava instalado em uma rua cuja direção é paralela à direção dos ventos dominantes, ou seja, hipoteticamente, pode ser formado neste local um corredor de vento, onde a temperatura tende a diminuir comparada a outras vias de diferentes direções. Contudo, o percurso do sol nascente e poente também se aproxima do alinhamento desta mesma via, fato que permite a ação da radiação solar direta por muitas horas diárias, com poucas áreas sombreadas, intensificando o processo de trocas térmicas. As ações dos ventos e do sol descritas anteriormente, podem ser encontradas e compreendidas através das representações gráficas na ficha bioclimática do “Método Romero” aplicada no subcapítulo 5.3 – Análise qualitativa.



No ponto 3 também é perceptível a presença da vegetação ao longo das ruas e em canteiros centrais, contudo, não é suficiente para amenizar o aumento das temperaturas provocado pelas demais características desta configuração urbana. Ao aplicar os dados na carta bioclimática do “Método Olgay”, confirma-se este fato, visto que a plotagem dos dados no gráfico apontam para uma condição de desconforto. Uma medida mitigadora poderia ser incrementar maior quantidade de elementos que proporcionem sombras nas ruas não perpendiculares ao sol nascente e estratégias para auxiliar a ação dos ventos permitindo que estes sejam em torno de 1,10 m/s.

Quanto às estratégias do planejamento bioclimático a fim de evitar o tipo de microclima urbano em questão, enquadram-se os seguintes itens:

- Organizar o tecido urbano de forma a ser disperso, solto, aberto e extenso (ROMERO, 2000);
- Estabelecer traçados que sejam orientados com 20-30° de rotação em relação aos ventos de verão e que se maximizem as ruas preferenciais, observando-se que dessa forma, as edificações ainda são beneficiadas com a ventilação cruzada (BROWN e DEKAY, 2004);
- Implantar árvores de pequeno porte e intercalar com as de médio porte quando os espaços se alargam (GOUVÊA, 2002);
- Propor fachadas irregulares para os edifícios, que juntamente às coberturas vizinhas não planas, contribuem para minorar os efeitos de reflexão da radiação solar (ROMERO, 2000); e
- Especificar pavimentos tipo intertravados, por serem vias estreitas, contribuindo para um menor aquecimento do ambiente (ROMERO, 2000).

O conjunto de características do **ponto 4 – Praça dos Namorados** –, como a baixa densidade construída, a grande quantidade e diversidade de vegetação e a proximidade ao mar, proporcionam ao espaço uma temperatura amena durante todo o dia. Conforme explicitado no Gráfico 18, a variação durante o período de medição se manteve entre 23,9°C e 25,7°C, sendo que estes dados foram registrados nos horários considerados mais quentes e, apesar das vastas sombras, o abrigo

meteorológico com o instrumento de medição foi mantido sob a radiação solar direta, assim como nos demais pontos dos recortes urbanos de amostragem.

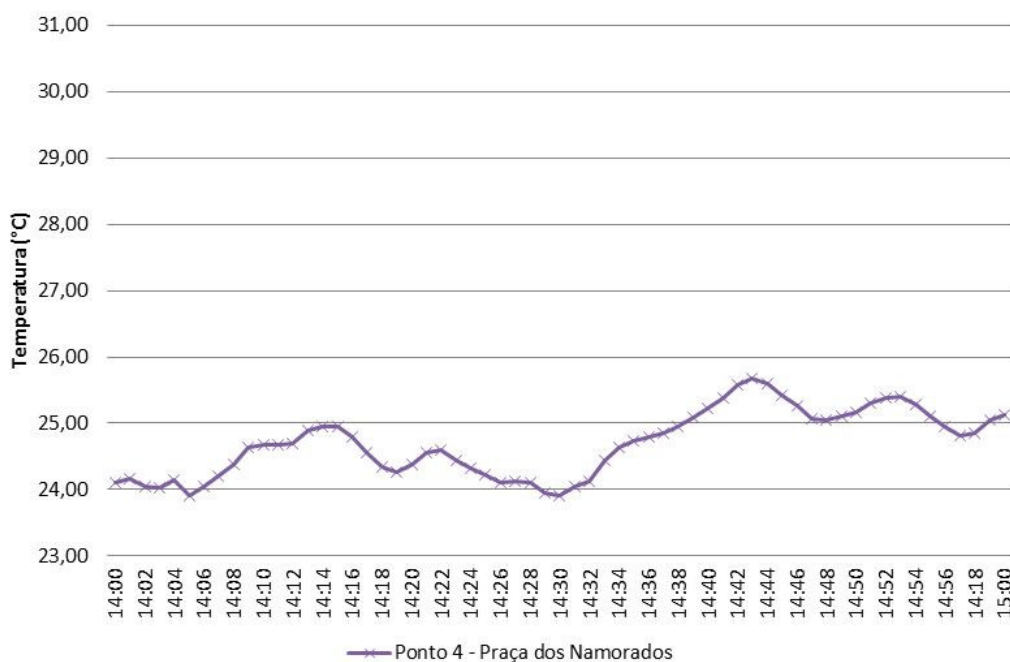


Gráfico 18 - Variação de temperatura do ponto 4 registrada no dia 04/11/2011.

Através da análise da ficha bioclimática junto à carta bioclimática, conclui-se que a Praça dos Namorados apresenta um microclima adequado para as condições de conforto humano, sendo o único dos pontos analisados que enquadra-se na zona de conforto do “Método Olgay”.

Por meio dos gráficos comparativos elaborados foi possível observar que os locais próximos ao mar tendem a apresentar temperaturas mais amenas devido à presença de brisas marítimas. Olgay (2002) afirma que a água do mar tem um calor específico maior que a terra, sendo normalmente mais aquecida no inverno e mais fria no verão, assim como, geralmente, sua temperatura em relação à terra é inferior durante o dia e superior a noite. Dessa forma, essa grande massa d’água tem a função moderadora das temperaturas extremas, quando a terra está mais quente que a água, movimentos de ar são produzidos em direção ao interior construído, podendo diminuir a temperatura em até 5,5°C durante o dia (OLGYAY, 2002).

Em locais densamente construídos, também é perceptível o aumento da temperatura, uma vez que esses ambientes urbanos possuem elevada quantidade de materiais de superfície e pouco afastamento entre as edificações, ou seja, a ação

da radiação solar é intensificada através das trocas térmicas e pode ampliar a condição de desconforto quando associado à dificuldade de dissipação do calor impulsionado pelo ar em movimento. Estas observações são representadas no Gráfico 19, o qual apresenta a variação da média de temperatura de cada ponto analisado com a média de temperatura registrada pela Estação Automática de Vitória (INMET, 2011) nos mesmos horários das medições. Destaca-se que a estação meteorológica de referência está instalada no campus de Goiabeiras, da UFES (Universidade Federal do Espírito Santo), que se caracteriza por sua baixa densidade construtiva, amplas áreas arborizadas e proximidade de uma extensa área de manguezal, classificada como de proteção ambiental. Além disso, o sensor de temperatura está instalado a cerca de 4m do solo visando a não interferência dos elementos construídos nos resultados.

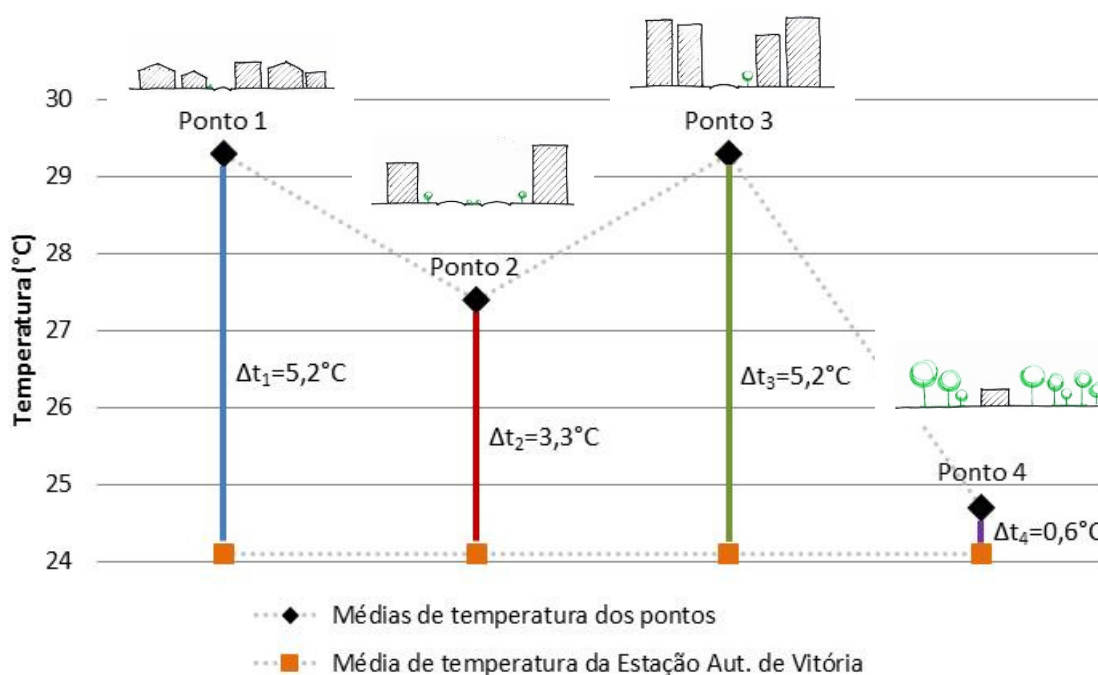


Gráfico 19 - Variação de médias de temperatura ( $\Delta t_n$ ) entre os pontos medidos e a registrada pela Estação Automática de Vitória no dia 04/11/2011.

Através do gráfico é possível observar que os denominados Pontos 1 e 3 apresentam maior variação de temperatura, pois representam, respectivamente, os locais de medições em Itararé e Praia do Canto, caracterizados por possuírem maior densidade construída e menores afastamentos entre as edificações. Em situação oposta encontra-se o Ponto 4, cuja localização é na Praça dos Namorados, onde

não há uma relevante quantidade de edificações, sendo o local caracterizado pela abundância de vegetação. No Ponto 2, por sua vez, nota-se uma relevante variação de temperatura devido a presença da vasta superfície de asfalto na Avenida Nossa Senhora da Penha, além do intenso fluxo de veículos, e por apresentar uma densidade que pode ser considerada média, uma vez que as edificações são, geralmente, de grande porte, porém dispostas com maiores afastamentos.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa procurou cumprir seu papel de produzir conhecimento aplicável à realidade das cidades contemporâneas levantando questões teóricas e práticas alicerçadas no conceito de sustentabilidade urbana, analisando o espaço configurado pela ação do homem e auxiliando na produção de diretrizes práticas para a atividade profissional.

As análises realizadas foram direcionadas à busca do entendimento da relação entre condições ambientais e o meio construído. Os resultados obtidos são referentes aos locais analisados, por isso, as quantificações valem apenas para os pontos onde as medições foram realizadas. Contudo, destaca-se que a validação do procedimento metodológico e as estratégias de planejamento permitem afirmar que seus resultados podem ser aplicados a outros lugares que possuem um clima e uma forma urbana semelhante.

A metodologia de medição dos microclimas urbanos, desenvolvida com a finalidade de obtenção de dados para avaliar a influência da configuração urbana na formação dos microclimas e aplicada nos espaços territoriais escolhidos como amostragem para o estudo de caso, cumpriu seu objetivo. As medições realizadas simultaneamente em quatro pontos considerados representativos das principais características dos recortes urbanos puderam, posteriormente, ser analisados de forma comparativa. Os registros foram possíveis devido à instalação dos instrumentos termohigrômetros em cada ponto, protegidos pelos abrigos meteorológicos, que foram devidamente úteis para o bloqueio da radiação solar direta e da chuva. Com os dados obtidos, ou seja, com os valores da temperatura e da umidade foi possível avaliar quantitativamente os microclimas gerados por alguns diferentes tipos de configuração urbana, assim como compará-los às condições climáticas registradas pela Estação Automática de Vitória.

Os métodos de avaliação qualitativa de Romero (2001) e Olgay (2002) foram selecionados para serem aplicados ao estudo de casos com o intuito de auxiliar a compreensão de elementos do espaço urbano que interferem nas condições climáticas locais. As fichas bioclimáticas auxiliaram através de registros gráficos da composição da forma associada à análise das representações da ação dos ventos e

do sol; e as cartas bioclimáticas permitiram o rápido entendimento das condições de conforto que os espaços analisados proporcionam ao corpo humano, disponibilizando, ainda, medidas mitigadoras para o possível desconforto térmico.

Após a discussão dos resultados das análises quantitativa e qualitativa conclui-se que fatores como a alta densidade construída, a falta de vegetação, a aglomeração de edificações com tipologias e gabaritos muito semelhantes, os pequenos afastamentos, a grande quantidade de materiais de superfície reflexivos e a direção das ruas de forma perpendicular aos ventos dominantes ou paralela ao percurso do sol acarretam mudanças nos elementos climáticos restringindo o movimento do ar e aumentando a temperatura. Em contrapartida, o conjunto de fatores como a baixa densidade, abundância de vegetação, proximidade ao mar e pequena quantidade de superfícies construídas, auxiliam na obtenção de temperaturas mais amenas durante todo o dia. Os resultados podem ser utilizados no planejamento de novas áreas de ocupação para que elas respondam melhor às condições do clima local, podendo, portanto, subsidiar políticas públicas.

Durante o desenvolvimento do trabalho verificou-se a necessidade da possibilidade de instalação de uma maior quantidade de instrumentos de medição em cada ponto, que provavelmente levariam a resultados quantitativos mais precisos. Porém, esta situação também exigiria maior quantidade de equipamentos de proteção e segurança para que os instrumentos permaneçam nos locais durante dias e noites consecutivas, além de uma maior equipe qualificada disponível para a pesquisa.

Devido à amplitude do tema e à complexidade da mensuração completa dos condicionantes climáticos, muitos estudos podem dar prosseguimento a esta pesquisa, sendo que é de fundamental importância a interdisciplinaridade para o entendimento e aprofundamento dos microclimas urbanos, necessitando a colaboração entre equipes de climatologia urbana e planejamento.

Por fim, espera-se que esta pesquisa tenha contribuído para os estudos científicos de um país em que há carência de dados e quase ausência de políticas públicas que levem em consideração os aspectos ambientais como ferramenta para o desenvolvimento de estratégias de planejamento. Faz-se necessário, portanto, o aprimoramento de instrumentos metodológicos específicos que permitam realizar parametrizações completas dos mais variados tipos de configurações urbanas e mensurações apropriadas para o estudo dos microclimas urbanos.

## 8 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220**: Desempenho térmico das edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.
- ACIOLY, C. e DAVIDSON, F. **Densidade urbana**: um instrumento de planejamento e gestão urbana. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.
- AGENDA 21 DA CIDADE DE VITÓRIA — um sonho em construção. **Prefeitura de Vitória**, 2003. Disponível em: <<http://www.vitoriadofuturo.org.br>> Acesso em: 23/12/2011.
- AHMED, K. S. “A Comparative Analysis of the outdoor Thermal Environment of the Urban Vernacular and the Contemporary Development: Case Study in Dhaka”, **Proceeding of the 11th Passive and Low Energy Architecture (PLEA) Conference**. 1994.
- AKBARI; HASHEM; DAVIS, S.; DORSANO, S.; HUANG, J.; WINNETT, S. **Cooling our communities**: a guidebook on tree planting and light-colored surfacing. Washington: U.S. GPO, 1992.
- ALMEIDA, E.M.A. **A Configuração Urbana e sua Relação com os Microclimas**: estudo de frações urbanas na cidade de Maceió. 2006. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2006.
- ALVAREZ, C. E.; G. G. PANETO, M. R. F. M. **Apostila de Conforto I e II**: Térmico, Acústico, Lumínico, Ar Condicionado. Vitória: Ufes, 2007.
- BASSANI, M. A. Fatores psicológicos da percepção da qualidade ambiental. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e indicações**. São Paulo: EDUC, 2001.
- BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares**: diretrizes para arquitetos. 4 ed. Maceió: EDUFAL, 2004.
- BRANDÃO, R.S. **As interações espaciais urbanas e o clima**: incorporação de análises térmicas e energéticas no planejamento urbano. 2009. Tese de doutorado

em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, vento e luz: estratégias para o projeto de arquitetura**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

CORBELLA, O. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

DUARTE, D.H.S.; SERRA, G.G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. **Ambiente Construído, Revista da ANTAC**. Porto Alegre, v. 3, n. 2, p.7-20, abr./jun. 2003.

EMVS. Ecobairros em Europa. **Empresa Municipal de Vivienda y Suelo**. Disponível em: <<http://www.emvs.es/Search/Results.aspx?k=gwl%20amsterdam>>. Acesso em: 20/07/2011.

ERIKSEN, W. Klimatologisch – “Ökologisch Crapekte der umweltbelastung Hannovers Stadtklimaund Lutverunreinigung”, in **Hannover undseinUnland**.Hannover, 1978.

FOLCH, R. (coord.). **El territorio como sistema: conceptos y herramientas de ordenación**. Barcelona: Ed. Diputació Barcelona, 2003.

FONSECA, M. R. **Desenho Solar**. São Paulo: Projeto Editores Associados, IAB/BA, 1982.

GARCIAS, C. M. Indicadores da qualidade ambiental urbana. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e indicações**. São Paulo: EDUC, 2001.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

GEIGER, R. **Manual de Microclimatologia: O Clima da Camada de Ar Junto ao Solo**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.

GIVONI, B. **Man, climate and architecture**. Londres: Applied Science Publishers, 1976.



\_\_\_\_\_. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. New York: VNR, 1998.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador**. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.

GOUVÊA, L. A. **Biocidade**: conceitos e critérios para um desenho urbano, em localidades de cima tropical de planalto. São Paulo: Nobel, 2002.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Portal do Governo do Estado do Espírito Santo**, 2011. Disponível em: <<http://www.es.gov.br/site/home/index.aspx>>. Acesso em: 22/12/2011.

GREENPEACE. Um futuro brilhante e multibilionário para a energia solar. **Greenpeace Brasil**. 04 set. 2007. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/energia/noticias/um-futuro-brilhante-e-multibil>>. Acesso em: 19/12/2011.

HIGUERAS, E. **Urbanismo Bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili, 2006.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=es>>. Acesso em: 22/12/2011.

INJSN. **Instituto Jones dos Santos Neves**. Perfil Regional: Região Metropolitana da Grande Vitória, Governo do Estado do Espírito Santo e Secretaria de Estado de Economia e Planejamento (SEP), 2008.

\_\_\_\_\_. **Instituto Jones dos Santos Neves**, 2011. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/>>. Acesso em: 22/12/2011.

INCAPER. **Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural**, 2011. Disponível em: <<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=sh>>. Acesso em: 22/12/11.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>>. Acesso em: 28/08/2010.

\_\_\_\_\_. **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2011. Disponível em: <<http://http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>>. Acesso em: 18/05/2011.

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

ISTP. Murdoch University. **Institute for Social Sustainability**, 2011. Disponível em: <<http://www.istp.murdoch.edu.au/ISTP/publications/jscheurer/carfree/amsgwl-f.html>>. Acesso em: 20/07/2011.

KCAP.GWL Terrein. **KCAP Architects and Planners**, 2011. Disponível em: <[http://www.kcap.eu/en/projects/v/gwl\\_terrein/](http://www.kcap.eu/en/projects/v/gwl_terrein/)>. Acesso em: 23/12/2011.

LANDSBERG, H. E. 1962. In: PETERSON, J. T. **The Climate of Cities: A Survey of Recent Literature**. Durham, North Carolina. U.S.: Department of Health, Education and Welfare. Division of Meteorology, 1969.

LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1992.

LANDSBERG, H. E. 1970. In: MOTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação ambiental**. Edições UFC: Fortaleza, 1981.

LINZ. **Leben in Linz**. Disponível em: <<http://www.linz.at/leben/4701.asp>>. Acesso em: 20/07/2011.

LYNCH, K. **A imagem da cidade**. Lisboa: Edições 70, 1960.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Editora Hucitec, 1985.

MASCARÓ, L. R. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: DC Luzzattto, 1996.

MCHARG, I. **Proyectar con la Natureza**. Barcelona: Gustavo Gili, 2000.

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

MIANA, A. C. **Adensamento e forma urbana: inserção de parâmetros ambientais no processo de projeto**. Tese de doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

MYRUP, L. O. "A numerical model of the urban heat island". **Journal of Applied Meteorology**, nº8. 1969.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1976.

MOYANO-DIAZ, E. La calidad ambiental em Santiago: la necesidad de una aproximación psicológica y integrativa. **Psicología y Ciencias Humanas**, v. 4. Santiago do Chile: Universidad Central, 1991.

NZZ. **Neue Zürcher Zeitung Domizil**. Einerschwinglicher Platzan der Sonne, 2008. Disponível em: <[http://design.nzzdomizil.ch/nachrichten/startseite/ein\\_erschwinglicher\\_platz\\_an\\_der\\_sonne\\_1.1218670.html](http://design.nzzdomizil.ch/nachrichten/startseite/ein_erschwinglicher_platz_an_der_sonne_1.1218670.html)>. Acesso em: 28/11/2011.

OKE, T. R. **City Size and the Urban Heat Island**. Conference on Urban Environment and Second Conference on Biometeorology. Philadelphia: American Meteorological Society, 1972.

OKE, T. R. **Inadvertent modification of the city atmosphere and the prospects for planned urban climates**. Proc. Symp. Meteorol. Related do Urban and Regional Land-Use Planning. 1976.

OKE, T. R. **The energetic base of urban heat island**. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society. London: Elsevier Science, 1982.

OLGYAY, V. **Clima y arquitectura en Colômbia**. Colômbia: Universidad del Valle, 1968.

\_\_\_\_\_. **Arquitectura y clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 2002. 2 ed.

OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade apropriada ao clima**: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Brasília, 1988. Dissertação de Mestrado, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 1988.

ORNSTEIN, S. W.; BRUNA, G. C.; ROMÉRO, M. A. **Ambiente construído e comportamento**: a avaliação pós-ocupação e qualidade ambiental. São Paulo: Nobel: FUPAM, 1995.

PEIXOTO, P. M. A. G. S. **Sentido de orientação e mapas cognitivos em ambientes familiares numa população feminina**. Monografia de Psicologia Social das Organizações. Lisboa: Instituto Superior de Psicologia Aplicada – ISPA, 1991.

PESCI, R. **El urbanismo y la cultura ambiental**. In: FOLCH, R. (coord.). El territorio como sistema: conceptos y herramientas de ordenación. Barcelona: Ed. Diputación Barcelona, 2003.

PMV. **Prefeitura Municipal de Vitória**, 2011. Disponível em: <[http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/Dados/localizacao\\_vitoria\\_espiritosa.pdf](http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/Dados/localizacao_vitoria_espiritosa.pdf)>. Acesso em: 22/12/2011.

RINNOVABILI.IT. Greenbuilding. **Il Sole si ferma a Linz**. Disponível em: <<http://www.rinnovabili.it/greenbuilding/il-sole-si-ferma-a-linz303/>>. Acesso em: 25/10/2011.

ROBINETTE, G.O. **Plant, people and environmental quality**. Department of the Interior. Washington, D. C.: National Park Service, 1972.

ROMERO, M.A.B. **Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: ProEditores, 2000. 2 ed.

\_\_\_\_\_. **A Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília: Editora Universidade de, 2001.

SERRA, R. **Arquitectura y climas**. Barcelona: GustavoGili, 2002.

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. Dissertação de Mestrado – FAUUSP, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp089255.pdf>>. Acesso em: 12/10/2009.

SILVA, C.F. **Caminhos bioclimáticos: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de teresina – pi**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SILVEIRA, A.L.R.C. **Parâmetros Bioclimáticos para Avaliação de Empreendimentos Habitacionais Multifamiliares da Região Tropical Subúmido do Brasil**. Tese de Doutorado. FAU – UnB, Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp086718.pdf>>. Acesso em: 12/10/2009.

STRAMANDINOLI, C.M.C. **Análise da qualidade ambiental de espaços urbanos em clima tropical úmido**: uma proposta metodológica para espaços residuais. Tese de Doutorado - UFRJ/PROARQ, Rio de Janeiro, 2008.

THUROW, C. **Improving Street Climate Ythrough Urban Design**. Planning Advisory Service Report N°376. Chicago: American Planning Association, 1983.

TRIGUEIRO, A. et al. Introdução. In:\_\_\_\_\_. **Meio ambiente no século 21**. Rio de Janeiro: Ed. Sextante, 2003.

VIDAL, R.D.M. **Influência da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidade de Natal**. Dissertação de mestrado. Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília, 1991.

WIESENFELD, E. **La vivienda**: su evaluación desde la psicología ambiental. Caracas: Universidad Central de Venezuela: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, 1995.