



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

**DORIVAL FREITAS PINHEIRO**

**IMPACTO DA MORFOLOGIA NO DESEMPENHO TÉRMICO DAS  
PARCELAS URBANAS EM CLIMA EQUATORIAL NA CIDADE DE BELÉM**

**BELÉM**  
**ABRIL/2013**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

**DORIVAL FREITAS PINHEIRO**

**IMPACTO DA MORFOLOGIA NO DESEMPENHO TÉRMICO DAS  
PARCELAS URBANAS EM CLIMA EQUATORIAL NA CIDADE DE BELÉM**

Dissertação apresentada, para obtenção do título de Mestre, junto ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará.

Área de concentração: Análise e concepção do ambiente construído na Amazônia

Linha de Pesquisa: Desempenho Ambiental e Tecnologia

Orientador: Dr. Irving Montanar Franco.

Coorientadora: Dra. Ana Cláudia Duarte Cardoso

**BELÉM**  
**ABRIL/2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

---

Pinheiro, Dorival Freitas, 1975-

Impacto da morfologia no desempenho térmico das parcelas urbanas em clima equatorial na cidade de Belém / Dorival Freitas Pinheiro. - 2013.

Orientador: Irving Montanar Franco;  
Coorientador: Ana Cláudia Duarte Cardoso.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Belém, 2013.

1. Arquitetura e clima-Belém (PA). 2. Climatologia urbana-Belém (PA). 3. Arquitetura e radiação solar-Belém (PA). 4. Planejamento urbano-Fatores climáticos-Belém (PA). I. Título.

CDD 720.47098115. ed. 22

---



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

**IMPACTO DA MORFOLOGIA NO DESEMPENHO TÉRMICO DAS  
PARCELAS URBANAS EM CLIMA EQUATORIAL NA CIDADE DE BELÉM**

**DORIVAL FREITAS PINHEIRO**

Dissertação apresentada, para obtenção do título de Mestre, junto ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará.  
Área de concentração: Análise e concepção do ambiente construído na Amazônia  
Linha de Pesquisa: Desempenho Ambiental e Tecnologia

Aprovado em Abril de 2013

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Irving Montanar Franco (Orientador)  
Universidade Federal do Pará – UFPA

---

Prof. Dra. Ana Kláudia de Almeida Viana Perdigão (Membro do PPGAU)  
Universidade Federal do Pará - UFPA

---

Prof. Dr. Elcione Lobato de Miranda Morais (Membro Externo)  
Universidade Federal do Pará – UFPA

---

Prof. Dra. Lucieta Guerreiro Martorano (Membro Externo)  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

## **DEDICATÓRIA**

A minha avó, “in memoriam”, que tanto contribuiu para formação do meu carácter, aos meus pais e irmãos, pelo apoio e ensinamentos, a todos que acreditaram em mim e a minha cidade Belém do Pará, que me forneceu os subsídios para realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho

Orientador                    Irving Montanar Franco

Co-orientadora              Ana Cláudia Cardoso

Mestrandos                    Cláudia Nascimento

Dircirene Marinho

Isabela Rocha

Marcelle Vilar

Natália Vinagre

Trycia Sampaio

Bolsistas /

Estagiários

Denilson Ramos

Professores

Ana Kláudia Perdigão

Elcione Moraes

Gustavo Melo

José Júlio

Juliano Ximenes

Maria Emília

Thais Sanjad

Antônio Pinho

Biblioteca FAU/UFPA      Marina Matos

SECULT

Mourão Cardoso Jr

## RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar o impacto gerado pelo contexto morfológico de parcelas urbanas, segundo suas características próprias a partir das variáveis presentes no microclima urbano inerentes aos Bairros da Cidade Velha e Umarizal em Belém. Demonstrar, a partir do padrão metodológico desenvolvido, uma aproximação dos efeitos das trocas térmicas dentro das parcelas urbanas com suas diferentes tipologias encontradas, o que permitirá, além do entendimento mais aproximado dos fenômenos resultantes da interação climática com as tipologias específicas, evidenciar estratégias urbanísticas mais apropriadas ao desempenho térmico. Para demonstrar os efeitos destes parâmetros urbanísticos e sua influência na qualidade do microclima foram utilizados como estratégias de aquisição de dados, captação de imagens IFR (infravermelho) de superfícies, fotos com lente angular olho de peixe, registro de temperaturas de globo, bulbo seco e úmido, sol ar, levantamento de campo das edificações, somadas às técnicas de análise do balanço energético Fator de Visão de Céu, Massa Construída e Recorte de Carga Térmica. O Bairro da Cidade Velha está inserido na origem da formação urbana da cidade e, dentro do seu contexto morfológico, possui características volumétricas que, ao seu tempo, foram apontadas como soluções de adaptação ao clima, tornando-o propício ao desenvolvimento de estudos térmicos. Já o bairro do Umarizal, que faz parte da área de expansão central da cidade, possui como característica morfológica marcante um processo de crescente verticalização, principalmente na última década, e com isso, vem se constituindo no bairro com maior mudança de perfil construtivo e de adensamento dos últimos anos, o que o define como peça fundamental para esta investigação. Tendo como base alguns estudos já realizados e procurando agregar novos parâmetros de análise e conceitos, definiu-se a utilização de técnicas de análise do balanço energético e das trocas térmicas urbanas capazes de identificar, conceitualmente, a capacidade de acúmulo de carga térmica e indicar caminhos para implementar procedimentos de análise de desempenho térmico de frações urbanas. Critérios metodológicos desenvolvidos a partir da investigação dos efeitos provenientes da relação entre padrões climatológicos locais e padrões urbanísticos de ocupação podem se bem aproveitados, gerar parâmetros urbanísticos de ocupação que

viabilizem as cidades não só em suas questões ambientais como na sua eficiência global, apontando soluções aos planejadores e gestores urbanos ao instrumentalizar um registro da capacidade de “carga” destes determinados territórios.

**Palavras Chave:** microclima urbano, desempenho térmico e contexto morfológico, técnicas de análise ambiental.

## ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the impact generated by models of occupation of urban spaces in installments, according to its own characteristics of the variables present in the urban microclimate inherent Neighborhoods Old Town and Umarizal Demonstrate in Belém, from the standard methodology developed, an approximation of the effects of thermal exchanges within the urban portions with their different typologies found, which will allow, besides understanding more approximate of the resulting phenomena of the climatic interaction with the specific typologies, to evidence more appropriate town planning strategies to thermal performance. To demonstrate the effects of these urban parameters and their influence on the quality of the microclimate, were used as strategies for data acquisition, image capture IFR (IR) surface, angled shots with a fisheye lens, record temperatures globe, dry and humid bulb, sun air, field survey of the buildings, together with the technical analysis of energy balance factor Sky View, Built Mass and Cut Heat Load. The Old Town district is inserted in origin of formation of the town and within its context morphological Volumetric has characteristics that in his time been regarded as solutions to climate adaptation, making it conducive to the development of thermal studies. Already Umarizal neighborhood, which is part of the expansion area of the city center, has a characteristic morphological marked a process of increasing vertical integration, especially in the last decade, and with it, has been constituted in the district with the highest profile change and constructive densification of recent years, which defines it as a key to this investigation. Based on some previous studies and looking to add new analysis parameters and concepts, we defined the use of techniques for analyzing of the energy balance and the thermal exchanges urban able to identify, conceptually, the ability to build thermal load and indicate ways implement procedures for analysis of thermal performance of urban fractions. Methodological criteria developed from the investigation of the effects arising from the relationship between local climatological patterns and urban standards of occupancy can be good use, generate urban parameters that enable the occupation of cities not only in their environmental issues in its overall efficiency, pointing to solutions to planners and urban managers to equip a record of the capacity to "load" these determined territories.

**Keywords:** urban microclimate, thermal performance and morphological context, techniques for environmental analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01-	Trocas Térmicas organismo humano meio ambiente	30
Figura 02-	Diagrama Bioclimático de Olgyay	30
Figura 03-	Domo Urbano Adaptado de Detwyler (1974)	44
Figura 04-	Foto Espaço Público em Barcelona (Espanha) adaptado ao ambiente local	52
Figura 05-	Foto Via pública em Madri (Espanha) com solução para redução de radiação solar direta no período do verão	52
Figura 06-	Foto Via pública em Hong Kong (China) nítida a formação de canyon urbano devido às edificações de alto porte	53
Figura 07-	Foto Via pública em Hong Kong (China) nítida a formação de canyon urbano devido às edificações de alto porte	54
Figura 08-	Foto Via pública em Hong Kong (China) nítida a formação de canyon urbano devido às edificações de alto porte	54
Figura 09-	Equação de Armazenamento de Energia Térmica desenvolvida por Tso et al	69
Figura 10-	Equação de Massa Construída desenvolvida por Tso et al	70
Figura 11-	Equação de Volume da Edificação	70
Figura 12-	Parcela Urbana Antônio Barreto, Bairro do Umarizal	73
Figura 13-	Parcela Urbana Pedro Alvares Cabral, Bairro do Umarizal	73
Figura 14-	Parcela Urbana Largo do Carmo, Bairro da Cidade Velha	73
Figura 15-	Parcela Urbana Pedro Albuquerque, Bairro da Cidade Velha	74
Figura 16-	Imagem infravermelho Rua Dr. Assis com Tv. Joaquim Távora, Cidade Velha.	79
Figura 17-	Imagem Infravermelho Tv. Joaquim Távora em direção a Praça do Carmo, Cidade Velha	79
Figura 18-	Montagem de imagens infravermelho, tiradas no Largo do Carmo, Cidade Velha	79
Figura 19-	Imagens térmicas infravermelhas Antônio Barreto e Pedro Alvares Cabral no Umarizal e Largo do Carmo, Pedro Albuquerque Cidade Velha em 21 de setembro de 2012	80
Figura 20-	Imagens térmicas infravermelhas mostrando a mudança das temperaturas das superfícies urbanas de Hong Kong as 14:00h e 02:00h	82
Figura 21-	Imagem Município de Belém com marcação dos limites.	83
Figura 22-	Imagem aérea Bairro da Cidade Velha- Belém-PA	87
Figura 23-	Imagem aérea Ponto: Largo do Carmo Localização: Tv. Dom Bosco entre Tv. Doutor Assis e Rua Siqueira Mendes.	88
Figura 24-	Imagem aérea Ponto: Pedro Albuquerque Localização: Tv. Capitão Pedro Albuquerque com Tv. Major Rodrigues dos Santos.	88
Figura 25-	Imagem aérea Bairro do Umarizal- Belém-PA	91
Figura 26-	Imagem aérea de Ponto: Antônio Barreto Localização: Rua Antônio Barreto entre Tv. Almirante Wandenkolk e Tv.Dom Romualdo de Seixas.	91

	Imagem aérea Ponto: Pedro Álvares Cabral Localização: Av. Pedro Álvares Cabral, entre Tv.Almirante Wandenkolk e Tv. Dom Romualdo de Seixas.	92
Figura 27-	Edificações Tv. Dom Romualdo de Seixas a partir da Rua Antônio Barreto. Via com potencial para formação de canyon urbano	93
Figura 28-	Hemisfera de raio unitário e sua projeção no plano horizontal	96
Figura 29-	Diagrama de Fatores de Forma	96
Figura 30-	Obstrução do Céu Largo do Carmo – Bairro da Cidade Velha	97
Figura 31-	Obstrução do Céu Pedro Albuquerque – Bairro da Cidade Velha	97
Figura 32-	Obstrução do Céu Antônio Barreto – Bairro do Umarizal	97
Figura 33-	Obstrução do Céu Pedro Álvares Cabral – Bairro do Umarizal	97
Figura 34-	Diagrama de trajetória solar para Latitude 02° Sul (Belém)	98
Figura 35-	Foto Abrigo para sensor HOBO utilizado nos experimentos de Campo, modelo com tripé.	106
Figura 36-	Foto Câmera com Lente angular Olho de Peixe	106
Figura 37-	Câmera Sensor Infravermelho	106
Figura 38-	Sensor Data Logger HOBO	106
Figura 39-	Gráfico Temperaturas 22 de Junho 2012	111
Figura 40-	Gráfico Temperaturas 21 de Setembro 2012	111
Figura 41-	Gráfico Temperaturas 27 de Outubro 2012	111
Figura 42-	Gráfico Temperaturas 12 de Janeiro 2013	111
Figura 43-	Gráfico Umidades Relativas 22 de Junho 2012	112
Figura 44-	Gráfico Umidades Relativas 21 de Setembro 2012	112
Figura 45-	Gráfico Umidades Relativas 27 de Outubro 2012	112
Figura 46-	Gráfico Umidades Relativas 12 de Janeiro 2013	112
Figura 47-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 22-06-2012	116
Figura 48-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 22-06-2012	116
Figura 49-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	116
Figura 50-	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Antônio Barreto	116
Figura 51-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 22-06-2012	117
Figura 52-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 22-06-2012	117
Figura 53-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	117
Figura 54-	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Largo do Carmo	117
Figura 55-	Massa Construída	118
Figura 56-	Gráfico Temperaturas Máximas / Massa Construída 22-06-2012	118
Figura 57-	Gráfico Temperaturas Mínima / Massa Construída 22-06-2012	118
Figura 58-	Fator de Visão de Céu	118
Figura 59-	Gráfico Temperaturas Máximas / Fator de Visão de Céu 22-06-2012	118
Figura 60-	Gráfico Temperaturas Mínimas / Fator de Visão de Céu 22-06-2012	118
Figura 61-		118

Figura 62-	Massa Construída	119
Figura 63-	Gráfico Umidade Máximas / Massa Construída 22-06-2012	119
Figura 64-	Gráfico Umidade Mínimas / Massa Construída 22-06-2012	119
Figura 65-	Fator de Visão de Céu	119
Figura 66-	Gráfico Umidade Máximas / Fator de Visão de Céu 22-06-2012	119
Figura 67-	Gráfico Umidade Mínimas / Fator de Visão de Céu 22-06-2012	119
Figura 68-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 21-09-2012	123
Figura 69-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 21-09-2012	123
Figura 70-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	123
Figura 71-	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Antônio Barreto	123
Figura 72-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 21-09-2012	124
Figura 73-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 21-09-2012	124
Figura 74-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	124
Figura 75-	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Largo do Carmo	124
Figura 76-	Massa Construída	125
Figura 77-	Gráfico Temperaturas Máximas / Massa Construída 21-09-2012	125
Figura 78-	Gráfico Temperaturas Mínimas / Massa Construída 21-09-2012	125
Figura 79-	Fator de Visão de Céu	125
Figura 80-	Gráfico Temperaturas Máximas / Fator de Visão de Céu 21-09-2012	125
Figura 81-	Gráfico Temperaturas Mínimas / Fator de Viosão de Céu 21-09-2012	125
Figura 82-	Recorte de Carga	125
Figura 83-	Gráfico Temperaturas Máximas / Recorte de Carga Térmica 21-09-2012	125
Figura 84-	Gráfico Temperaturas Mínimas / Recorte de Carga Térmica 21-09-2012	125
Figura 85-	Massa Construída	126
Figura 86-	Gráfico Umidade Máximas / Massa Construída 21-09-2012	126
Figura 87-	Gráfico Umidade Mínimas / Massa Construída 21-09-2012	126
Figura 88-	Fator de Visão de Céu	126
Figura 89-	Gráfico Umidade Máximas / Fator de Visão de Céu 21-09-2012	126
Figura 90-	Gráfico Umidade Mínimas / Fator de Visão de Céu 21-09-2012	126
Figura 91-	Recorte de Carga	126
Figura 92-	Gráfico Umidades Máximas / Recorte de Carga 21-09-2012	126
Figura 93-	Gráfico Umidades Mínimas / Recorte de Carga 21-09-2012	126
Figura 94-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 27-10-2012	131
Figura 95-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 27-10-2012	131
Figura 96-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	131
Figura 97-	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Antônio Barreto	131

Figura 98-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 27-10-2012	132
Figura 99-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 27-10-2012	132
Figura 100-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	132
	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Pedro	
Figura 101-	Alvares Cabral	132
Figura 102-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 27-10-2012	133
Figura 103-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 27-10-2012	133
Figura 104-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	133
	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Largo	
Figura 105-	do Carmo	133
Figura 106-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 27-10-2012	134
Figura 107-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 27-10-2012	134
Figura 108-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	134
	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Pedro	
Figura 109-	Albuquerque	134
Figura 110-	Massa Construída	135
Figura 111-	Gráfico Temperaturas Máximas / Massa Construída 27-10-2012	135
Figura 112-	Gráfico Temperaturas Mínimas / Massa Construída 27-10-2012	135
Figura 113-	Fator de Visão de Céu	135
	Gráfico Temperaturas Máximas / Fator de Visão de Céu 27-10-	
Figura 114-	2012	135
	Gráfico Temperaturas Mínimas / Fator de Visão de Céu 27-10-	
Figura 115-	2012	135
Figura 116-	Recorte de Carga	135
	Gráfico Temperaturas Máximas / Recorte de Carga Térmica 27-10-	
Figura 117-	2012	135
	Gráfico Temperaturas Mínimas / Recorte de Carga Térmica 27-10-	
Figura 118-	2012	135
Figura 119-	Massa Construída	136
Figura 120-	Gráfico Umidade Máximas / Massa Construída 27-10-2012	136
Figura 121-	Gráfico Umidade Mínimas / Massa Construída 27-10-2012	136
Figura 122-	Fator de Visão de Céu	136
Figura 123-	Gráfico Umidade Máximas / Fator de Visão de Céu 27-10-2012	136
Figura 124-	Gráfico Umidade Mínimas / Fator de Visão de Céu 27-10-2012	136
Figura 125-	Recorte de Carga	136
Figura 126-	Gráfico Umidades Máximas / Recorte de Carga 27-10-2012	136
Figura 127-	Gráfico Umidades Mínimas / Recorte de Carga 27-10-2012	136
	Gráfico de Relação entre pontos a partir de parâmetros climáticos e urbanísticos 27-10-2012	
Figura 128-		138
Figura 129-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 12-01-2013	142
Figura 130-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 12-01-2013	142
Figura 131-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	142

	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Antônio Barreto	142
Figura 132-	Barreto	142
Figura 133-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 12-01-2013	143
Figura 134-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 12-01-2013	143
Figura 135-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	143
	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Pedro Alvares Cabral	143
Figura 136-	Alvares Cabral	143
Figura 137-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 12-01-2013	144
Figura 138-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 12-01-2013	144
Figura 139-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	144
	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Largo do Carmo	144
Figura 140-	do Carmo	144
Figura 141-	Gráfico Recorte de Carga Térmica - 12-01-2013	145
Figura 142-	Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 12-01-2013	145
Figura 143-	Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m <sup>2</sup> )	145
	Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Pedro Albuquerque	145
Figura 144-	Albuquerque	145
Figura 145-	Massa Construída	146
Figura 146-	Gráfico Temperaturas Máximas / Massa Construída 12-01-2013	146
Figura 147-	Gráfico Temperaturas Mínimas / Massa Construída 12-01-2013	146
Figura 148-	Fator de Visão de Céu	146
Figura 149-	Gráfico Temperaturas Máximas / Fator de Visão de Céu 12-01-2013	146
Figura 150-	Gráfico Temperaturas Mínimas / Fator de Visão de Céu 12-01-2013	146
Figura 151-	Recorte de Carga	146
Figura 152-	Gráfico Temperaturas Máximas / Recorte de Carga Térmica 12-01-2013	146
Figura 153-	Gráfico Temperaturas Mínimas / Recorte de Carga Térmica 12-01-2013	146
Figura 154-	Massa Construída	147
Figura 155-	Gráfico Umidade Máximas / Massa Construída 12-01-2013	147
Figura 156-	Gráfico Umidade Mínimas / Massa Construída 12-01-2013	147
Figura 157-	Fator de Visão de Céu	147
Figura 158-	Gráfico Umidade Máximas / Fator de Visão de Céu 12-01-2013	147
Figura 159-	Gráfico Umidade Mínimas / Fator de Visão de Céu 12-01-2013	147
Figura 160-	Recorte de Carga	147
Figura 161-	Gráfico Umidades Máximas / Recorte de Carga 12-01-2013	147
Figura 162-	Gráfico Umidades Mínimas / Recorte de Carga 12-01-2013	147
Figura 163-	Gráfico de Relação entre pontos a partir de parâmetros climáticos e urbanísticos 12-01-2013	149

Figura 164-	Imagem térmica infravermelha Umarizal (Antônio Barreto) 24 de março de 2012	153
Figura 165-	Imagem térmica infravermelha Umarizal (Antônio Barreto) 22 de junho de 2012	154
Figura 166-	Imagem térmica infravermelha Umarizal (Antônio Barreto) 21 de Setembro de 2012	155
Figura 167-	Imagem térmica infravermelha Umarizal (Pedro Alvares Cabral) 24 de março de 2012	155
Figura 168-	Imagem térmica infravermelha Umarizal (Pedro Alvares Cabral) 22 de junho de 2012	155
Figura 169-	Imagem térmica infravermelha Umarizal (Pedro Alvares Cabral) 21 de setembro de 2012	156
Figura 170-	Imagem térmica infravermelha Cidade Velha (Largo do Carmo, Pedro Albuquerque) 24 de março de 2012	156
Figura 171-	Imagem térmica infravermelha Cidade Velha (Largo do Carmo, Pedro Albuquerque) 22 de junho de 2012	157
Figura 172-	Imagem térmica infravermelha Cidade Velha (Largo do Carmo, Pedro Albuquerque) 21 de setembro de 2012	157
Figura 173-	Gráfico de Distribuição de Temperaturas em Função da Frequência de Ocorrência	157
Figura 174-	Gráfico de Distribuição de Temperaturas em Função da Frequência de Ocorrência com recorte de 10%	158
Figura 175-	Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas na condição Ar-Sol na Embrapa Oriental, bairro do Curió Utinga/Belém-PA de 11 a 21/01/2013, à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos	158
Figura 176-	Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas na condição Ar-Sol no Largo do Carmo-Cidade Velha /Belém-PA 11 a 21/01/2013 , à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos	158
Figura 177-	Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas na condição Ar-Sol na Tv. Pedro Albuquerque-Cidade Velha /Belém-PA 11 a 21/01/2013 , à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos	159
Figura 178-	Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas na condição Ar-Sol na Av. Pedro Alvares Cabral-Umarizal /Belém 11 a 21/01/2013, à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos	161
Figura 179-	Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas na condição Ar-Sol na Antônio Barreto-Umarizal /Belém 11 a 21/01/2013, à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos	161
Figura 180-	Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas na condição Ar-Sol na Embrapa Oriental, bairro do Curió Utinga/Belém-PA de 12 a 21/01/2013	161
Figura 181-	Histograma das Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas na	162

condição Ar-Sol na Embrapa Oriental, bairro do Curió  
Utinga/Belém-PA de 12 a 21/01/2013

Figura 182-	Gráficos de Frequência de Ocorrência das Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas na condição Ar-Sol na Embrapa Oriental, bairro do Curió -Utinga/Belém-PA de 11 a 21/01/2013, à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos	162
Figura 183-	Gráfico de Dispersão das Temperaturas da Antônio Barreto e Empraba (referencial)	162
Figura 184-	Gráfico de Dispersão das Temperaturas da Antônio Barreto e Empraba (referencial)	163
Figura 185-	Gráfico de Dispersão das Temperaturas do Largo do Carmo e Empraba (referencial).	163
Figura 186-	Gráfico de Dispersão das Temperaturas da Tv. Pedro Albuquerque e Empraba (referencial).	163

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Caracterização Morfológica das Parcelas Urbanas	101
Tabela 02	Carga Térmica - ANTÔNIO BARRETO 22/06	116
Tabela 03	Técnicas de Análise	116
Tabela 04	Carga Térmica - LARGO DO CARMO 22/06	117
Tabela 05	Técnicas de Análise	117
Tabela 06	Carga Térmica - ANTÔNIO BARRETO 21/09	123
Tabela 07	Técnicas de Análise	123
Tabela 08	Carga Térmica - LARGO DO CARMO 21/09	124
Tabela 09	Técnicas de Análise	124
Tabela 10	Carga Térmica - ANTÔNIO BARRETO 27/10	131
Tabela 11	Técnicas de Análise	131
Tabela 12	Carga Térmica - PEDRO ALVARES CABRAL 27/10	132
Tabela 13	Técnicas de Análise	132
Tabela 14	Carga Térmica - LARGO DO CARMO 27/10	133
Tabela 15	Técnicas de Análise	133
Tabela 16	Carga Térmica - PEDRO ALBUQUERQUE 27/10	134
Tabela 17	Técnicas de Análise	134
Tabela 18	Relação entre pontos a partir de parâmetros climáticos e urbanísticos 27-10-2012	138
Tabela 19	Carga Térmica - ANTÔNIO BARRETO 12/01	142
Tabela 20	Técnicas de Análise	142
Tabela 21	Carga Térmica - PEDRO ALVARES CABRAL 12/01	143
Tabela 22	Técnicas de Análise	143
Tabela 23	Carga Térmica - LARGO DO CARMO 12/01	144
Tabela 24	Técnicas de Análise	144
Tabela 25	Carga Térmica - PEDRO ALBUQUERQUE 12/01	145
Tabela 26	Técnicas de Análise	145
Tabela 27	Relação entre pontos a partir de parâmetros climáticos e urbanísticos 12-01-2013	149

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	20
2. JUSTIFICATIVA.....	23
3. PERGUNTAS DE PESQUISA E HIPÓTESES .....	27
Perguntas .....	27
Hipóteses .....	27
4. OBJETIVOS:.....	28
Objetivo Geral .....	28
Objetivos Específicos .....	28
5. REVISÃO DA LITERATURA.....	29
6. OBJETO DE ESTUDOS.....	84
7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICAS APLICADAS ..	96
8. DISCUSSÃO.....	108
9. ANÁLISES .....	112
10. CONCLUSÃO.....	165
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	171

## 1. INTRODUÇÃO

O entendimento dos fenômenos urbanos abrange, desde as características físicas naturais, a apropriação dos espaços pelos seus moradores, as transformações dos ambientes naturais e construídos, as mudanças sociais de comportamento e uso dos espaços, além das práticas de gestão implantadas no decorrer do tempo. Estas características, juntamente com as variáveis climáticas locais, determinam a forma de organização físico-territorial e um microclima específico.

Essa organização física territorial, com seu meso e microclima característico, determina um Domo que envolve cada nucleação, configurando o seu canopi térmico característico.

O processo evolutivo da maioria das cidades, nas últimas décadas, configura-se por uma concentração em núcleos urbanos cada vez mais adensados com o máximo de sobreposição das edificações e da infraestrutura local, fenômeno este que segue uma lógica de maximização de oportunidades de serviços e bens, e que, em sua maioria, desconsidera os parâmetros de equilíbrio térmico local.

ROMERO (1988:11) entende que “*A prática do desenho urbano se desenvolve sem levar em conta os impactos que provoca no ambiente, repercutindo não só no desequilíbrio do meio como também no conforto e salubridade das populações urbanas*”. Esta pode ser apontada como uma das principais características das práticas de planejamento e desenvolvimento urbano das cidades brasileiras, especialmente aquelas de maior porte, podendo ser aplicado ao caso de Belém.

Este processo traz consigo modificações substanciais, tanto na paisagem, como no balanço de energia nas trocas térmicas e na concentração de poluentes, contribuindo para a formação das ilhas de calor.

A partir do momento em que as práticas do planejamento do projeto urbanístico e arquitetônico passarem a incorporar às variáveis presentes no balanço energético ambiental, além dos parâmetros de trocas térmicas e eficiência energética, estes efeitos no microclima urbano podem ser atenuados e adequar favoravelmente as parcelas urbanas.

Uma das perspectivas deste estudo é buscar a compreensão da componente térmica e seus fenômenos dentro de parcelas urbanas na cidade

de Belém, analisando suas características morfológicas, podendo, com isso, caracterizar microclimas diferenciados dentro da realidade da cidade.

São importantes as características locais das variáveis ambientais dos elementos climáticos para caracterização do microclima, como topografia, altitude, tipo de solo, massas de ar, massas de água, massa vegetada, e localização, assim como as características adquiridas pelos processos sociológicos e antropológicos como as massas construídas, a conformação e dimensões das vias urbanas, a posição e dimensões das praças públicas e áreas verdes. Estes componentes servem como base para avaliação e entendimento da dinâmica dos espaços urbanos e a influência destes no microclima característico.

Com o entendimento e análise dos elementos climáticos e do meio natural como o espaço construído e edificado, podem ser analisadas as tendências de ordenamento do território as quais podem ser utilizadas e enfatizadas para produzir um ambiente mais ameno e ambientalmente mais qualitativo, a exemplo do verificado quando favorece fenômenos como o sombreamento e ventilação.

A partir da análise de técnicas já aplicadas em estudos anteriores, e procurando agregar novos parâmetros de análise e conceitos, foram adotados parâmetros climáticos e urbanísticos de análise do desempenho térmico local<sup>1</sup> em função das características das parcelas urbanas.

A Geometria urbana e a Inércia Térmica são elementos fundamentais no entendimento de fenômenos térmicos, como as ilhas de calor, e para sua análise e entendimento. Apontam-se como ferramentas: Fator de visão de Céu (Geometria Urbana, Padrões de Obstrução), Massa Construída (Inércia Térmica), IFR (Ganhos Térmicos por Superfície), Calhas das Ruas (Trocas Térmicas por ventilação, Massas de Ar).

Tendo as técnicas de análise e ferramentas definidas, a estratégia adotada foi a de proceder com a análise comparativa entre duas parcelas urbanas, que possuem características físicas e interferências no meio construído, identificando quais elementos resultariam na maior ou menor participação da alteração da condição climática local, podendo produzir

---

<sup>1</sup>Temperatura de globo; temperaturas de bulbo seco e úmido; temperaturas sol ar e sombra; Fator de Visão de Céu; Massa construída e gramatura da malha urbana.

fenômenos como, por exemplo, a ilha de calor, a partir da sua morfologia específica.

Através deste tipo de análise podem ser verificadas as reais interferências dos padrões construtivos e das formas de ocupação no ambiente urbano, nos padrões térmicos locais.

A perspectiva de interação entre o Planejamento Urbano e a Climatologia se desenvolve como resposta natural e gradual ao entendimento da necessidade de promover desenvolvimento sustentável e espaços mais adequados às práticas urbanas.

Esta mesma interação conduz ao entendimento dos conteúdos dos resultados analisados neste trabalho, seja pelo entendimento dos limites normativos que o planejamento urbano assume como instrumento ou pela absorção dos conceitos ambientais, a exemplo da incorporação de índices adequados de impermeabilização, adensamento, calha de ruas, níveis adequados de arborização.

Não é objetivo deste trabalho, somente indicar tomadas de decisão nos termos de planejamento e gestão, mas delinear perspectivas, através de uma contribuição com acuidade específica para documentar os fenômenos ambientais resultantes de tomadas de decisões, já consolidadas e em transformação. Tem-se, portanto, como metas a investigação de resultados da interferência humana nos padrões climáticos locais a partir da conformação morfológica produzida em parcelas urbanas distintas.

## 2. JUSTIFICATIVA

Os impactos ambientais que vem se acentuando nas grandes cidades caracterizam um cenário bem definido de crescimento e reestruturação incapazes de atender ao conforto térmico dos seus habitantes na maior parte dos espaços urbanos.

A rápida industrialização e a conseqüente necessidade de formação de centros urbanos para abrigar os processos produtivos criaram um severo aumento na geração e concentração da poluição, com interferência cada vez mais visível na qualidade de vida e nos recursos naturais como poluição de massas de água, o aumentando particulados no ar e a quantidade de resíduos sólidos decorrentes das atividades humanas no meio urbano, impactando o meio ambiente e conseqüentemente o microclima urbano.

O grande desafio em nível global na atualidade é o de conseguir conciliar o desenvolvimento social, tecnológico e econômico, as suas vantagens decorrentes a partir de um modo de vida mais aceitável, sustentável, com a redução dos danos diretos produzidos ao meio-ambiente e indiretos na escala dos fenômenos da deseconomia<sup>2</sup>.

Com o desenvolvimento, são gerados, cada vez mais, bens de consumo que melhoram a qualidade de vida, geram emprego e aumentam a demanda por produção para atender ao público consumidor cada vez mais dependente.

O aumento de produção demanda mais energia, assim como o aumento do consumo, e vice versa. Ou seja, a produção e reprodução sócio-econômico e cultural no qual se vive, apesar de gerar impactos negativos, proporciona uma melhor qualidade de vida, a qual absorve e habitua a interagir apenas como uma peça para o funcionamento deste sistema.

Todas as atividades humanas requerem energia, seja na forma de fluxos energéticos, como calor e energia elétrica, ou, ainda, na forma de insumos como produtos e serviços, os quais, mesmo que de forma indireta, também correspondem a fluxos energéticos.

---

<sup>2</sup>Falta de eficiência na utilização dos recursos produtivos, que se traduz num aumento do custo médio de produção.

Diante desse parâmetro, o comportamento evolutivo atual das cidades, procura seguir padrões de desenvolvimento humano baseados no aumento cada vez maior da eficiência dos espaços, para que nestes se produzam e repliquem o sistema econômico de consumo em massa.

Algumas sociedades periféricas ao desenvolvimento das redes mundiais de comércio como o Brasil, a Índia e a China, vivem um momento de transformação urbana bastante acentuada, principalmente pela cada vez maior migração da população em direção as cidades, onde se formam e caracterizam de fato as regiões densamente urbanizadas, convergindo e concentrando um número maior de atividades e conseqüentemente oportunizando postos de trabalho e acesso à saúde e educação.

Estas áreas urbanas muitas vezes, crescem sem aplicação de critérios previstos e normas urbanísticas que atendam minimamente os padrões de qualidade de vida, e quando a questão passa para o acompanhamento e desenvolvimento de padrões que levem a bons parâmetros qualitativos do ambiente construído em relação ao conforto ambiental passa a ser tratada como de menor importância diante das perspectivas de crescimento (adensamento), surgindo somente em espaços privados, planejados e de acesso restrito, como em condomínios residências fechados, para atender a uma parcela da população de maior poder aquisitivo.

Dentro desta perspectiva, cada vez mais existe a necessidade do entendimento do processo evolutivo das cidades e os efeitos no microclima com intuito de favorecer a compreensão da relação entre a morfologia urbana e o microclima urbano.

*As cidades, entretanto, são uma das poucas superfícies que permanecem sem análise satisfatória de balanço de energia, devido ao grande número de fenômenos envolvidos em cada termo da equação do balanço e à dificuldade de sua precisa quantificação* BARBIRATO (2011).

Tanto o desenvolvimento metodológico e análise dos elementos de composição das parcelas urbanas, quanto as diferentes características construtivas representativas de tipologias arquitetônicas da cidade de Belém e sua influência no microclima, visam a contribuir para o avanço dos estudos de produção de espaços regionais e seus efeitos no conforto de parcelas urbanas.

O padrão térmico do conjunto de edificações, aliado às atividades humanas e às formas de ocupação do solo em parcela urbana, constituem um conjunto de elementos importantes para o balanço térmico e energético dos espaços da cidade, assim como, para o conforto produzido para seus moradores.

Pode-se destacar a importância da inclusão dos processos bioclimáticos incorporados com maior ou menor intensidade, mais especificamente do desempenho térmico de tipologias específicas de parcela urbana, visando à adaptação climática do conjunto das edificações.

Tem-se, atualmente, instrumentos urbanísticos capazes de mediar essa relação entre desenvolvimento econômico, forma de ocupação, e conforto ambiental derivado, como índices de ocupação<sup>3</sup> e aproveitamento de lotes<sup>4</sup> e instrumentos complementares a estes como estudo de Impacto de Vizinhança<sup>5</sup>, os quais surgiram também a partir de estudos similares, mas, para que estes instrumentos sejam capazes de se traduzir em qualidade de vida do ponto de vista do conforto ambiental, é necessário o entendimento da relação microclima/espço construído.

A relação da morfologia urbana com os efeitos derivados de impacto de vizinhança são descritos por FRANCO et al (2012) *“O efeito do impacto de vizinhança, seja acentuado por deslocamentos e de pressões oriundos do adensamento populacional e concentração de serviços, estabelece a relação de “causa e efeito” inerentes à solução da verticalidade”*, lembrando de que existem vários parâmetros envolvidos neste processo, inclusive no que diz respeito à geometria da calha das vias, e a relação entre espaços.

Técnicas de leitura do espaço urbano vêm sendo desenvolvidas para análise de trocas térmicas e, dentre estas, o armazenamento de carga de fração urbana através da quantificação da massa construída e o Fator de Visão de Céu que podem ser quantificados através do cálculo de obstrução do céu e posteriores recortes de carga de uma fração urbana.

---

<sup>3</sup> Índices de Ocupação – a relação percentual entre a projeção horizontal da edificação e a área do terreno.

<sup>4</sup> Aproveitamento do Lote – definido pelo índice de aproveitamento que é igual a área total construída pela área do terreno.

<sup>5</sup> Impacto de Vizinhança - O Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança – EVI é um dos instrumentos de política urbana previstos no Estatuto da Cidade (Lei 10.257, de 10 de julho de 2001)

Estes instrumentos de leitura da fração urbana aproximam do entendimento de potencial de armazenamento de energia térmica e uma posterior troca térmica com o ambiente imediato, definidor do microclima local.

Essa compreensão valorativa a partir de dados obtidos da aplicação de experimentos de campo permite uma aproximação de uma estratégia capaz de desenvolver espaço urbano tecnicamente, visando não só à eficiência dos fluxos da cidade e da habitação, a ocupação dos mesmos e realização de sua econômica, assim como, propor a inserção de parâmetros de aplicação urbanísticos sustentáveis através da relação espaço urbano/conforto térmico.

### **3. PERGUNTAS DE PESQUISA E HIPÓTESES**

#### **Perguntas**

Em que medida o padrão morfológico das quadras e arruamento de parcela urbana específica interfere no padrão térmico local?

Quais os efeitos diretos das tipologias construtivas (gabarito e índice de aproveitamento) nos padrões climatológicos nestas diferentes parcelas urbanas de Belém?

Diante do conhecimento da dinâmica entre morfologia e microclima urbano, quais instrumentos urbanísticos e técnicas de ocupação dos espaços seriam capazes de mitigar, os impactos ambientais do processo de urbanização?

#### **Hipóteses**

O impacto do aumento de massas construídas no espaço urbano de Belém, mais especificamente, da forma acentuada que vem ocorrendo à verticalidade na última década em suas áreas mais adensadas, constitui-se no principal fator da diminuição do conforto ambiental urbano.

A aplicação das técnicas de estudo do comportamento bioclimáticos em função da morfologia existentes pode contribuir para confirmar ou gerar parâmetros urbanísticos de ocupação que viabilizem as cidades, não só em suas questões ambientais como na eficiência da produção e reprodução econômica.

#### **4. OBJETIVOS:**

##### **Objetivo Geral**

Demonstrar, a partir da metodologia desenvolvida, uma aproximação dos efeitos das trocas térmicas, nas diferentes tipologias encontradas dentro das parcelas urbanas estudadas. Permitindo, além do entendimento mais aproximado dos fenômenos resultantes da interação climática com as tipologias específicas, a produção de estratégias urbanísticas capazes de contribuir para um melhor desempenho térmico dos espaços urbanos.

##### **Objetivos Específicos**

Desenvolver dentro da área das parcelas estudadas a técnica de dimensionamento de *massa construída*, analisando a relação de potencial de inércia térmica com ganhos de temperatura.

Aplicar a técnica de *fator de visão de céu e recorte de carga térmica* para quantificar os efeitos da obstrução de céu a partir dos diagramas de fator de forma e de trajetória solar nas parcelas urbanas estudadas.

A partir da utilização de imagens térmicas aéreas, descrever o comportamento térmico superficial das parcelas urbanas estudadas, em função da sua morfologia, mediante a exposição à incidência de radiação solar direta e o possível atraso térmico dos volumes construtivos.

Analisar e traçar um perfil do comportamento térmico de parcela urbana em diferentes padrões de ocupação e uso do solo, considerando os máximos e mínimos de incidência de radiação solar, verticalização (rugosidades), permeabilidade e trocas térmicas.

Identificar os efeitos das variáveis climatológicas na morfologia da parcela urbana, possibilitando a geração de parâmetros possíveis de serem aplicados e desenvolvidos em instrumentos urbanísticos de controle da qualidade ambiental da cidade.

## **5. REVISÃO DA LITERATURA**

A preocupação com os crescentes efeitos negativos reflexo dos padrões de desenvolvimento das grandes cidades aponta para o um mau uso das características ambientais e da capacidade de carga dos territórios. Este trabalho focará a investigação dos efeitos da morfologia e tipologia urbanas no micro e mesoclima urbano, elencando, a seguir, um trajeto em termos de produção bibliográfica.

### **5.1. Organismo Humano e a Termorregulação**

Os condicionantes ambientais e parâmetros climáticos presentes nas parcelas urbanas dos Bairros da Cidade Velha e Umarizal, aqui estudados, procuram traçar um perfil climático característico que sinalize uma mudança nos padrões de conforto térmico para as pessoas que utilizam estes locais.

Com isso, para compreensão das técnicas e desenvolvimento dos parâmetros climáticos locais e sua interferência no conforto térmico, é importante o entendimento das reações do organismo humano e seus mecanismos de termorregulação e sua interação com o meio ambiente.

O conforto térmico existe quando o indivíduo tem a percepção de equilíbrio de sua temperatura com o meio, fator este que é variável e de parâmetro pessoal como descrito por Frota e Shiffer (2001).

A percepção térmica do ser humano está ligada às alterações do equilíbrio térmico, a partir de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos, a temperatura média de equilíbrio do corpo humano é de 37°C para manutenção desta, o organismo utiliza mecanismos de termorregulação para garantir o balanço de perdas e ganhos de calor.

Frota e Shiffer (2001) descrevem a relação entre o corpo humano e o meio, através de sua característica fisiológica, o ser humano possui uma temperatura interna relativamente constante variando entre 36,1° C e 37,2°C, sendo como limites extremos, inferior 32°C e superior 42°C. O corpo do ser humano exerce constantemente trabalho e, para manutenção das atividades realizadas no dia a dia, necessita de energia interna para o seu funcionamento, essa energia é obtida quando da alimentação e quando da respiração.

Da energia adquirida nestes processos, 20% é transformada em trabalho, o restante se transformam em calor, que deve ser dissipado para que

o organismo se mantenha em equilíbrio com o meio, conforme abordado por FROTA E SHIFFER (2001:20) *“O organismo humano experimenta sensação de conforto térmico quando, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação, perde para o ambiente calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade”* principalmente quando se trata das camadas mais inferiores da atmosfera a qual o ser humano habita e vive a maior parte do tempo.

Quando o organismo perde calor interno para o meio em proporções acima do processo natural de metabolismo, este aciona mecanismo automático, buscando reduzir as perdas e aumentar as combustões internas, esse processo se realiza através do aumento de resistência térmica da pele na vasoconstrição (arrepio).

O aumento das combustões internas se faz através de sistema glandular endócrino. Já quando ocorre o inverso, as perdas de calor são insuficientes para manutenção da temperatura interna, o organismo reage automaticamente através do mecanismo de vaso dilatação e da redução das combustões internas através do sistema glandular endócrino, criando condições favoráveis para as trocas mais intensas entre o organismo e o meio ambiente.

Como descrito anteriormente, no organismo humano, o trabalho exercido para o funcionamento do corpo produz calor e esse pode ser dissipado através de mecanismos de trocas térmicas com o ambiente, podendo ser secas e ou úmidas.

Nas trocas secas, a condução ocorre a partir do contato do corpo com outras superfícies e com o seu redor (a convecção), dependendo da diferença de temperatura do ar como sistema corpo-vestimenta, e do estado de agitação do ar em contato com o sistema.

Já a radiação é função da quantidade oriunda do Sol a qual o corpo é exposto diretamente e da radiação indireta do calor radiante do ar, albedo.

Frota e Shiffer (2001) observam que a vestimenta, dentro deste contexto, constitui-se em importante isolante, diminuindo potencialmente as trocas térmicas.

Estudos, como o realizado pela *COMISSÃO NORTE AMERICANA DE VENTILAÇÃO*, em 1916 com o intuito de identificar as influências das condições

termo higrométricas apontaram para a perda ou ganho de rendimento em função da temperatura local no momento da realização de determinada atividade, e concluíram que uma das principais atividades humanas nas cidades é o deslocamento dentro da malha urbana.

As exigências humanas para o atendimento do conforto térmico são função da atividade realizada, as variáveis ambientais, a vestimenta, sua condição fisiológica e psicológica.

Para estudo dos elementos climáticos e a análise da sua interferência no microclima, com determinação da aplicação de soluções de ocupação do território mais compatíveis com cada local, foram desenvolvidos índices de conforto térmico.

Considerando as condições climáticas brasileiras, Frota E Shiffer (2001) adaptaram a metodologia aplicada pelo CSTB<sup>6</sup> à condição brasileira e adotaram a Carta Psicrométrica e a Temperatura efetiva, obtida através do nomograma de Webb (elaborado para Cingapura), que é adequado para interagir com leituras de bulbo seco, bulbo úmido e velocidade do ar na condição equatorial quente e úmida, e obter a caracterização das condições de conforto térmico.



Figura 01: Trocas Térmicas organismo humano meio ambiente  
Fonte: ROMERO (2000)

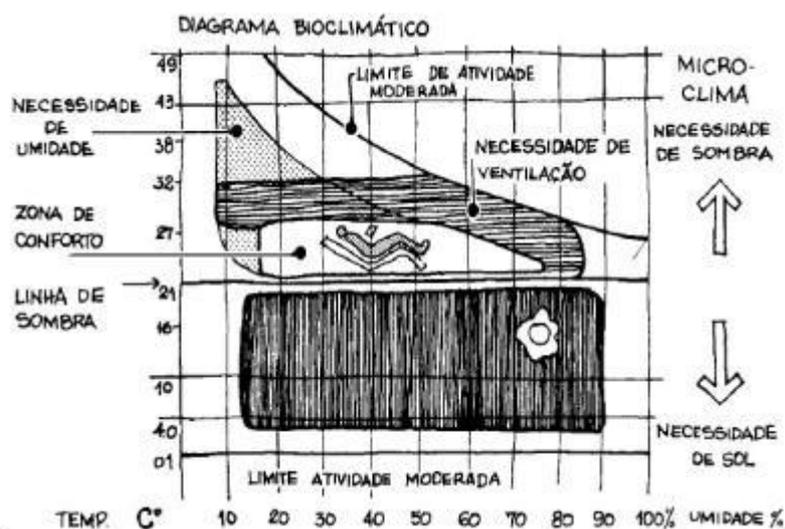


Figura 02: Diagrama Bioclimático de Olgay  
Fonte: ROMERO (2000)

<sup>6</sup> CSTB: Centre Scientifique et Technique Du Bâtiment

## 5.2. Caracterização do Clima

O clima de uma região pode ser influenciado pela variação da morfologia urbana e sua interação com várias combinações dos elementos climáticos sendo os principais: radiação solar; comprimento de onda da radiação; temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações.

Estes elementos climáticos, na escala das cidades, determinam juntamente com as superfícies urbanas, as trocas térmicas superficiais, que acabam contribuindo para a formação do microclima característico de parcela urbana.

As trocas térmicas ocorrem a partir da mudança do estado de agregação das partículas dos materiais, quando ocorre agitação ou acomodação das mesmas. A condição de existência das trocas térmicas é a presença de corpos com diferentes temperaturas. Estas são divididas por:

- Trocas secas: Convecção; Radiação e Condução.
- Trocas Úmidas: Evaporação; Condensação.

### 5.2.1. TROCAS TÉRMICAS

#### 5.2.1.1. CONVECÇÃO

Ocorre entre um corpo sólido e um fluido e, normalmente, a partir dos movimentos das massas de ar em função de sua velocidade em relação às superfícies dos sólidos.

Para superfícies verticais, a maior influência acontece a partir da velocidade do vento e, para superfícies horizontais, ocorre em função do sentido do fluxo, sendo ascendente ou descendente.

Segundo Croiset Apud Frota e Shiffer (2001), a relação que determina a diferença entre as superfícies e o sentido do fluxo de ar segundo o coeficiente de trocas térmicas por convecção é:

$H_c = 1,2 \text{ (W/m}^2\text{°C)}$  – horizontal descendente

$H_c = 4,7 \text{ (W/m}^2\text{°C)}$  - Vertical

$H_c = 7 \text{ (W/m}^2\text{°C)}$  – Horizontal ascendente

O que demonstra claramente a influência do sentido natural do fluxo quando as moléculas de ar aquecidas tendem a se expandir e ascender para as camadas mais altas de atmosfera.

#### 5.2.1.2. RADIAÇÃO

Ocorre entre dois corpos que estão dispostos a distâncias capazes de emitir ou absorver energia um do outro, devido ao eletromagnetismo.

#### 5.2.1.3. CONDUÇÃO

Dá-se a partir do contato entre dois corpos com temperatura diferenciada. O coeficiente para este tipo de troca depende da densidade do material e da natureza química (amorfa ou cristalina), da umidade do material.

A condutância térmica superficial surge a partir de Trocas térmicas que acontecem ao entorno das superfícies ou camadas de materiais (lâminas), que separam dois ambientes.

#### 5.2.1.4. EVAPORAÇÃO

Mudança do estado líquido para o estado gasoso, depende da relação entre o peso de vapor d'água contido no ar a certa temperatura e o peso de vapor saturante do ar a mesma temperatura.

#### 5.2.1.5. CONDENSAÇÃO

Ocorre da mudança do estado gasoso para o líquido a partir do vapor d'água contido nas moléculas de ar.

Trocas térmicas por radiação, condução e convecção são capazes de equilibrar o calor absorvido pela terra ao longo de seus ciclos anuais. As condições climáticas apresentadas pelas diferenças de latitude determinam e influenciam o comportamento destas perdas e são determinadas pelo ângulo de incidência da radiação solar em relação à superfície da terra.

É relevante para a configuração de um clima, condições geomorfológicas como, a proximidade de massas d'água ou o inverso, a altitude que influencia, sobremaneira, a capacidade de manter água em suspensão no ar e assim influencia a capacidade de reter calor.

A combinação dos efeitos de altitude e proximidade d'água por sua vez resulta em diferentes potenciais de disponibilidade de ventos.

A diferença do microclima entre regiões ocorre em função dos elementos climáticos, como potencial de recepção de energia solar devido

localização e características do plano de superfície, da propriedade dos elementos naturais encontrados em determinado local.

Lynch (1980) apud Marta Romero (1988), aponta como elementos importantes a serem considerados na análise climatológica dos espaços urbanos: temperatura, umidade, precipitação, nebulosidade, velocidade e direção dos ventos e destaca as modificações no microclima advindas pela forma espacial da cidade como: Topografia, cobertura, superfície do solo e formas criadas pelo homem.

Romero (1988) apresentou como elementos climáticos capazes de definir o clima, a temperatura do ar, o regime dos ventos, a umidade do ar, a nebulosidade e as precipitações atmosféricas, e aponta como fatores climáticos capazes de dar origem ou determinar o clima a radiação solar, circulação atmosférica, proporção terras e mares, relevo do solo, correntes marítimas, revestimento do solo.

Para Lynch (1980) Apud Cabral (1998), os principais elementos climáticos a serem considerados seriam temperatura, umidade, precipitação, nebulosidade, velocidade e direção dos ventos e insolação.

Já para Mascaró (2003), os elementos constituintes do macroclima são a Insolação, a nebulosidade, as precipitações, a temperatura, a umidade e os ventos.

Ainda segundo Mascaró (2003), o mesoclima é provocado pela topografia local como vales, montanhas, grandes massas de água, vegetação, cobertura de terrenos. O Mesoclima permite revelar a influência do contexto geomorfológico. Entendendo ainda que as chuvas são elementos do mesoclima que interferem no microclima.

Todos estes elementos climáticos formam o micro e mesoclima, a partir da interação dos mesmos com as características físicas e geológicas locais.

Villas Boas (1983) e Romero (1988) procuraram caracterizar os Elementos meteorológicos e Fatores Climáticos e dividiram em três grupos o estudo para o conforto, definindo- os da seguinte forma:

## **1º CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA**

- Fatores Climáticos Globais - Definem e fornecem os componentes para caracterização do clima.

Radiação, latitude, longitude, altitude, ventos, massas de água e terra.

- Fatores climáticos locais - Condicionam, determinam e dão origem ao clima.

Topografia, vegetação e superfície do solo.

- Elementos Climáticos - Modificações superficiais em pequenas áreas.

Aqueles que definem valores relativos a cada tipo de clima (temperatura do ar, umidade relativa, movimento das massas e precipitações).

## **2º EQUILÍBRIO TÉRMICO ENTRE HOMEM E MEIO-AMBIENTE**

- Análise das variáveis do meio: temperatura, radiação e movimento do ar;

- Morfologia urbana;

- Escolha do sítio urbano.

## **3º PRINCÍPIOS BIOCLIMÁTICOS PARA O DESENHO URBANO**

- Caracterização da parcela em função do clima.

### **5.2.2. RADIAÇÃO SOLAR**

A radiação transmitida pelo Sol em forma de ondas magnéticas gera uma quantidade de energia que é absorvida parcialmente na terra, esta energia que chega à superfície terrestre, varia em função da distância do Sol, das atividades solares, da orientação da terra em relação ao sol, da camada atmosférica e do escudo eletromagnético da terra.

O Sol é responsável pelo fornecimento de radiação de onda curta na atmosfera da terra, e determina a quantidade de energia absorvida em cada um dos pontos na terra que, devido ao posicionamento e inclinação em relação ao sol o ponto, pode receber maior ou menor carga térmica. A parcela da radiação solar que penetra na atmosfera não é a mesma que chega ao solo devido vários fatores como a quantidade e densidade de nuvens na atmosfera, a quantidade e densidade de vegetação de grande porte, os acidentes geográficos como morros, encostas, estes elementos naturais somados aos construídos pela ação humana nas cidades determinam a quantidade de

radiação solar que atinge o solo e a capacidade de retenção e ou resfriamento destas superfícies.

A radiação solar pode ser dividida por três grandes espectros eletromagnéticos de diferentes comprimentos de onda: ultravioleta, luz visível e Infravermelho.

À medida que a radiação solar penetra na atmosfera terrestre, sua intensidade é reduzida e sua distribuição espectral é alterada através da reflexão e difusão dos raios solares pelos diversos componentes do ar.

Uma parcela desta radiação que penetra na atmosfera é refletida, tanto pelas nuvens, como pela própria superfície da terra, em maior ou menor intensidade, a parcela restante é absorvida nas camadas mais inferiores da atmosfera o que tem como efeito o aumento da temperatura do ar no nível da superfície.

A incidência de radiação solar sobre a superfície da terra depende também da trajetória solar e seu tempo de presença na abóboda celeste. A intensidade dessa radiação no nível do solo varia ainda, devido a fatores como: a quantidade de particulados no ar, a própria densidade do ar, e a quantidade de nuvens presentes na transparência atmosférica.

O ângulo de posicionamento da terra em relação ao Sol, juntamente com a rotação e a translação, produz uma trajetória aparente do Sol no horizonte. A espessura da camada atmosférica a ser atravessada pelos raios solares para um determinado ponto depende da interação do conjunto desses fenômenos e da latitude deste ponto.

A distribuição de energia solar é desigual devido à localização (latitude, altitude) de uma determinada região do globo, juntamente com as características geofísicas da superfície, que determinam os diferentes ganhos de calor e definem as diferenças de temperatura do ambiente natural.

O balanço energético ocorre a partir da diferença da quantidade de radiação recebida na superfície e a emitida de volta para a atmosfera, que, por sua vez, constituem as perdas de calor radioativo.

### 5.2.3. POSIÇÕES APARENTES DO SOL

A trajetória aparente do Sol indica a altitude angular, o percurso aparente do Sol para um observador localizado na superfície terrestre. Segundo as variações de latitude, ter-se-ão diferentes posicionamentos desta trajetória acima do horizonte.

O tempo de duração (em termos de horas) do trajeto solar indica maior ou menor exposição a ganhos de cargas térmicas e, assim, definem as estações do ano.

O ciclo de duração da trajetória solar e sua intrínseca relação com a “inclinação” da trajetória (resultantes da rotação e da translação da terra) determinam os ciclos climáticos.

É possível descrever os fenômenos relativos ao tempo de exposição solar a determinadas épocas do ano e suas relações com ciclos climáticos, estes pontos são conhecidos como *solstícios*<sup>7</sup>, e os equinócios<sup>8</sup>.

No dia 22 de dezembro, a trajetória solar atinge o trópico de Capricórnio, limite de sua trajetória no hemisfério Sul. (solstícios)

No dia 21 de Março e 24 de Setembro, são os equinócios caracterizados pela passagem do sol pelo equador terrestre, fazendo com que a duração do dia e da noite seja a mesma para qualquer ponto da Terra.

Para a latitude de Belém entre (-1,03° e -1,35°), a variação da trajetória solar, ao longo do ano, pouco oscila em termos de horas de insolação, sua diferenciação vem da ocorrência de períodos de maior e menor nebulosidade, definindo o “inverno” amazônico como o período com maior incidência de nuvens e, portanto, reduzida exposição à insolação direta, por outro lado, o “verão” amazônico ocorre durante o período de menor nebulosidade.

Para a caracterização climática das parcelas urbanas da Cidade Velha e do Umarizal, foram escolhidos para aplicação dos experimentos de campo, os dias mais próximos possíveis dos solstícios e equinócios, considerando que

---

<sup>7</sup> Ocorre quando as trajetórias em suas posições extremas em termos de inclinação e tempo de exposição torna o ciclo diurno mais curto ou mais longo que o noturno.

<sup>8</sup> Ocorrem quando os ciclos diurnos e noturnos em termo de horas se equivalem.

por discretização<sup>9</sup> se teriam os quatro períodos climáticos de forma representativa integral do ano, portanto, significativos de todo o ciclo anual.

#### 5.2.4. LATITUDE

Define-se latitude como sendo a distância em graus em relação à linha do equador. A latitude define posições equidistantes do equador e, portanto, sujeitas à mesma exposição, relativa em termos de variações de inclinações para incidências de raios solares, sendo este um fator preponderante na determinação da quantidade de energia que cada ponto na terra vai receber ao longo do ciclo diário e anual em relação a outros pontos de diferentes latitudes.

A quantidade de radiação solar recebida é fortemente dependente do ângulo que os raios solares estão em relação a normal, ao plano da superfície como dito anteriormente.

Como influência da latitude, quanto menor a altitude angular do sol que é inversamente proporcional em relação à latitude, menor o ângulo, ou seja, maior a latitude e, por conseguinte, menor quantidade de radiação solar recebida na superfície, mantendo a temperatura do ar menos elevada.

#### 5.2.5. LONGITUDE

A distância em graus em relação ao meridiano de Greenwich possui pouca interferência na quantidade de energia que um ponto receberá ao longo da trajetória solar aparente em relação a outro.

#### 5.2.6. ALTITUDE

A altitude é outro fator determinante na variação de temperatura, pois, no ar, a maior ou menor presença de partículas sólidas e líquidas determina o aumento ou diminuição de temperatura respectivamente.

Quanto maior a altitude, menor é a quantidade de partículas no ar, e menor a concentração de gases e umidade, reduzindo a capacidade de manter os elementos particulados em suspensão, portanto, menor também será a absorção de energia reduzindo a temperatura, ocorrendo o inverso à medida que a altitude diminui. Esta relação aparece dentro do gradiente térmico do ar que é de, aproximadamente, 1°C a menos para cada 200m a mais de altura.

---

<sup>9</sup> Discretização pode ser considerado neste caso como a utilização de menor quantidade de dados com pouca perda da qualidade para análise e interpretação dos mesmos.

### 5.2.7. VENTOS

Como descrito anteriormente, a latitude, juntamente com a altitude, definem o ponto na superfície da terra que determina uma maior ou menor capacidade de absorção de energia originada na radiação solar, essa diferença promove variações barométricas na atmosfera. Com a formação das diferentes temperaturas e consequentes diferenças de pressão na atmosfera, ocorre o deslocamento das massas de ar.

O aquecimento de forma diferenciada da superfície do globo terrestre provoca aquecimento diferenciado das massas de ar. No local de maior aquecimento, localizado entre os trópicos, a massa de ar esquenta, perde densidade e eleva-se em direção às zonas mais frias dos polos, o ar mais frio, e, portanto, mais denso, desce em direção ao solo, este movimento adicionado com a rotação da terra em torno do seu eixo define a movimentação das massas de ar em nível global.

A movimentação das massas de ar em relação à rotação da terra tem sua dinâmica evidenciada por FROTA e SHIFFER (1988), *“como o sentido do giro da terra é de Oeste a Leste, todo o vento do leste tem um efeito de freio sobre a superfície terrestre, enquanto todo o vento Oeste tem um efeito acelerante”*, essa dinâmica, porém, é acrescida dos deslocamentos provenientes de diferenças de temperaturas entre o centro e os polos da terra.

Devido à baixa densidade dos gases presentes na atmosfera, o ar fica sujeito ao atrito com as superfícies em suas camadas mais próximas ao solo, esta fricção provoca também o aumento de temperatura do fluido devido às trocas térmicas por convecção.

Além dos movimentos globais de massas de ar, existem os movimentos de ar (os ventos) locais, determinados pelas características geomorfológicas (massa de água, massa de terra, vale e montanhas).

Para efeito das brisas e movimento das massas de ar em uma escala mais local, ou seja, no meso e microclima, quanto mais próximo da superfície maior influência das massas naturais vegetadas ou de água, e das massas construídas como prédios, torres, muros, barragens, ocasionando formação de correntes de ar próprias e características do contexto interno da cidade.

### 5.2.8. MASSAS DE ÁGUA E SOLO

Outros fatores locais naturais e não naturais também são determinantes na quantidade de calor absorvido como cor das superfícies (albedo) e rugosidade.

Os componentes mineralógicos da superfície terrestre também são determinantes nos ganhos de calor da superfície já que, por exemplo, uma massa de água por possuir um calor específico elevado acumula menos energia térmica que a terra. Grandes massas de água geram um efeito estabilizador de temperatura.

Um dos principais efeitos produzidos em determinado local devido à presença de grande concentração de massas de água é o equilíbrio da temperatura, enquanto que para a grande concentração das massas de terra prevalece a maior amplitude térmica.

Como o calor específico da água é, aproximadamente, o dobro da terra (solo), as massas de água necessitam do dobro da quantidade de energia para elevar a sua temperatura na mesma quantidade do solo.

Esta propriedade permite que as massas d'água estejam sempre com temperaturas mais amenas tanto no verão como no inverno em relação ao solo, portanto, as massas d'água possuem potencial para manter a temperatura mais estável e grandes faixas de terra sem vegetação e umidade tendem a apresentar temperaturas mais extremas ao longo do dia e do ano por possuírem aquecimento e resfriamento mais rápidos.

O aquecimento diferencial verificado entre as porções de terra e de água implicam diferentes pressões atmosféricas, assim, durante o dia, a porção de terra, ao aquecer mais rapidamente, provoca variações térmicas, que, por sua vez, implicam deslocamentos de ventos oriundos sobre as porções d'água em direção a terra. O inverso acontece durante a noite, com deslocamento de vento da terra para o mar, quando do resfriamento mais rápido do ar sobre a área continental.

### 5.2.9. TOPOGRAFIA

A topografia surge como resultado dos processos geológicos e orgânicos do local e, em função desta, as regiões mais acidentadas possuem

microclimas mais variados. Os acidentes geográficos conduzem, canalizam e desviam os fluxos de ar.

Quanto mais acidentado o relevo, mais influência tem em relação à temperatura e nas relações com as componentes climáticas como massas de ar, umidade, massas de água, pois ele determina a direção e intensidade dos ventos locais, podendo desviá-los canalizá-los, já as massas de água serão formadas a partir da constituição de bacias no terreno, o que, também, determina pontos de acumulação de água como lagos.

Como exemplo, para a interferência da topografia no clima, algumas características do comportamento das massas de ar devido ao relevo podem definir se ocorrerá maior ou menor ocorrência de precipitações, enfim, a declividade, a posição em relação à linha do equador, e a elevação definem parâmetros climáticos de forma acentuada.

A topografia atua nos processos de balanço energético dos locais, na meso e micro escalas. Esta influência já havia sido notada há muito tempo.

As palavras “clima” e “declividade” derivam da mesma palavra grega, o que nos mostra que já os antigos tinham conhecimento de que, através da escolha de declividades e orientações das ruas e cidades, seu clima poderia ser mais ou menos agradável que o da região. (MASCARÓ, 2003).

#### 5.2.10. VEGETAÇÃO

A massa vegetada, assim como as massas de água, tem a propriedade de estabilizar o efeito causado pelo clima no seu entorno, o que contribui na diminuição das variações climáticas ambientais. A fotossíntese, que faz parte do processo metabólico da vegetação, contribui para a umidificação do ar através da liberação de vapor d'água.

Outro exemplo de influência das massas vegetadas no microclima é observado em regiões com grande concentração de árvores densamente dispostas e que diminuem bastante a incidência de radiação no solo, diminuindo a temperatura do local.

Um fenômeno que pode ser observado da influência direta das massas vegetadas no clima local como ocorre na floresta amazônica, em localidades de matas fechadas as médias de temperatura, mesmo no verão, e em horários de radiação solar mais intensa as temperaturas médias são bem mais baixas,

sendo que no período da noite quando em locais abertos pode até se sentir sensação de frio, isto estando dentro de uma região de clima equatorial úmido com médias de temperatura de 25 a 35 °C.

Mesmo um espaço gramado, ou seja, com vegetação rasteira, absorve maior quantidade de radiação solar irradiando uma quantidade menor de calor que as demais superfícies construídas, devido ao uso da energia pelas folhas para o seu processo metabólico. Este processo foi detalhado por Lôla (1998) em seu estudo de caracterização climatológica em Belém.

*A vegetação exerce uma influência positiva tanto sobre o clima como sobre a qualidade do ar. As áreas verdes proporcionam a redução da temperatura nos centros urbanos, pois parte da energia solar que seria disponível para o aquecimento das estruturas urbanas, é utilizada no processo de evaporação da água liberada ao ambiente através da transpiração.* (LÔLA,1998)

Nos demais materiais construídos, especialmente de piso e fachada das edificações, o calor absorvido é revertido em forma de calor radiante contribuindo para o acréscimo de carga térmica na faixa superficial da atmosfera, elevando a temperatura em espaços mais densamente construídos nas cidades.

A vegetação absorve maior quantidade de radiação solar irradiando uma menor quantidade de volta em relação às superfícies construídas, as folhagens de uma árvore, por exemplo, determinam uma diminuição da radiação infravermelha na superfície terrestre.

#### 5.2.11 SUPERFÍCIE DO SOLO

A principal característica a ser observada nas superfícies, para efeito de contribuição no processo de trocas térmicas superficiais, é se as mesmas são naturais ou construídas.

E as principais características do solo para estudo e análise de microclima são as condições de drenagem, filtração, erosão e capacidade térmica (índices de reflexão ou absorção da superfície).

A superfície do solo depende das características geológicas do local, podendo ter como características dureza compacidade granulometria, densidade, componentes químicos, características mineralógicas, sua

cobertura como vegetação, massas de água, quando naturais. E ainda existem as características e propriedades das superfícies construídas que em sua maioria diminuem a absorção da radiação e permeabilidade do solo.

É importante saber o efeito difusor de uma superfície e a proporção de luz do solo recebida e refletida pelas nuvens, neve, areia, montanhas, corpos de água, vegetação, pavimentação asfáltica, calcamento cimentado, pois as mesmas determinam maior ou menor quantidade de radiação solar recebida que será refletida ou absorvida promovendo um maior ou menor incremento de radiação na superfície da atmosfera do local, ou seja, maior ou menor ganho de calor.

O cenário urbano da forma como se desenvolveu, favoreceu o surgimento de uma camada superficial rugosa, porém com propriedades térmicas que produzem um ambiente com alta variação de temperatura devido aos materiais empregados na maioria dos planos presentes na geometria urbana, este cenário de trocas térmicas foi apontado por Lynch (1980), Apud Marta Romero (1988),

*Se o solo possui baixo albedo e uma condutividade alta, o microclima resultante é mais ameno e estável, uma vez que o calor é armazenado e absorvido rapidamente, quando a temperatura diminui este calor é devolvido rapidamente. Já os materiais com alto albedo e baixa condutividade acabam produzindo efeitos extremos por não auxiliarem no equilíbrio dos contrastes atuando inversamente as superfícies de baixo albedo, vales, mar, massas de água, solo úmido, vegetação em geral tendem equilibrar as temperaturas devido seu baixo albedo, sendo que areia, neve e a maioria dos pavimentos construídos não possuem a mesma característica, promovendo a variação mais acentuada de temperatura local. (LYNCH, 1980)*

Considerando este aspecto, e a maioria dos ambientes urbanos construídos, contendo superfícies com maior albedo e menor condutibilidade como pavimentação tipo asfáltica e de concreto, acaba provocando efeitos indesejados como acúmulo de calor radiante diurno para reirradiação no período noturno, além da perda de permeabilidade do solo, deixando a superfície menos úmida e, portanto, com menor capacidade de equilibrar as diferenças de temperatura por trocas úmidas.

A pavimentação asfáltica, bastante impermeável, é a mais utilizada no caso de vias com tráfego intenso, pois pavimentos permeáveis são irregulares, o que provoca desgastes dos pneus, aumento do consumo de combustível, torna mais difícil a frenagem e aumenta a poluição sonora, além do que, quanto mais atrito, maior o calor resultante.

Estas características contribuem para uma maior fluidez da circulação humana o que resulta das atividades dentro do espaço urbano, porém, por ocupar uma grande porcentagem da superfície que compõe o pavimento urbano e devido as suas propriedades térmicas, acaba contribuindo significativamente para o aumento da temperatura da camada superficial da atmosfera das cidades.

Nas parcelas urbanas estudadas dentro dos bairros do Umarizal e da Cidade Velha, a área de vias em relação à área total dos dois bairros aproximada é de 25%, temos então que 1/4 da área de superfície dos bairros corresponde às vias e possuindo estas vias pavimentação asfáltica, diminui, de forma acentuada, a permeabilidade do solo e aumenta, também, de forma considerável, a absorção de energia por este tipo de pavimento.

Dentro desta perspectiva, se levar em consideração os valores encontrados para vias pavimentadas nos Bairros do Umarizal e da Cidade Velha em relação a sua área total que forma de 25% e 24% e “Se considerarmos que, somente 15% do trânsito é intenso, portanto somente esta porcentagem deveria ser implementada de pavimentação impermeável” como apresentado por MASCARÓ (2003), pode-se considerar que somente 3,75% e 3,6% da área dos bairros deveriam possuir pavimentação impermeável. Porém se sabe que devido à falta de um planejamento viário mais adequado na cidade, assim como em muitas outras esse percentual acaba se tornando pequeno devido o grande fluxo de veículos transitando em uma alta porcentagem das ruas.

No que diz respeito às alterações climáticas, Detwyler (1974) destaca que o predomínio de superfície impermeável, uma maior densidade nas construções com o aumento da rugosidade, provocam aumento da capacidade térmica e mudanças nos movimentos das massas de ar.

Essas alterações acabam promovendo nos núcleos urbanos um balanço térmico diferenciado do seu entorno imediato o que caracteriza o

fenômeno conhecido como ilha de calor (formação do DOMO urbano característico).

A corrente de ar ascendente, que se forma devido à alta rugosidade e a concentração de massa construída, juntamente com uma maior concentração de nebulosidade e densidade do ar favorecem a retenção de poluentes, forma-se uma corrente e estes poluentes seguem para o entorno imediato retornando ao ciclo inicial, esse processo transforma-se em um movimento circulatório dos gases formando uma calota ou DOMO, como descrito por Romero (1988), este é um dos processos característicos do microclima urbano, ocorrendo mais comumente no verão e conhecido como inversão térmica.

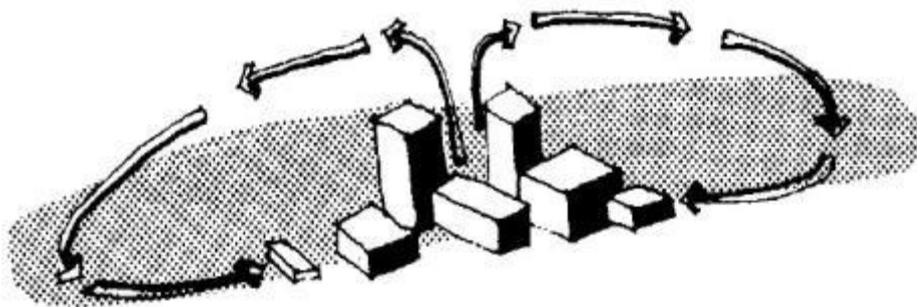


Figura 03: Domo Urbano Adaptado de Detwyler (1974)  
Fonte Marta Romero (2000)

Com o aumento de calor, a partir das trocas térmicas, que passam a ocorrer neste DOMO urbano ocorrem diferentes campos de pressão, provocando uma ventilação característica para aquele microclima específico.

O Domo urbano de poluição certamente é potencializado pela baixa permeabilidade e baixa ventilação dos espaços da cidade.

Para o globo terrestre, a superfície do solo funciona da mesma forma que a pele para o organismo humano, quando se cobre a superfície com camada impermeabilizada, a superfície não absorve águas pluviais e, conseqüentemente, não a resfria. Similar a este processo é uma correlação com o corpo humano que, em períodos mais frios, procura-se cobrir com tecidos mais espessos e impermeáveis, o que facilita a retenção de calor diminuindo as trocas térmicas com o meio externo que está mais com temperatura mais baixa.

No outro extremo das sensações térmicas, quando se sente calor, procura-se usar roupas com tecido menos denso permeável e mais leve, características que favorecem a permeabilidade dos ventos e a troca térmica

com o meio, contribuindo para manter a temperatura interna dentro dos parâmetros de conforto, o mesmo critério deveria ser aplicado à superfície terrestre nas cidades mais adensadas, principalmente em regiões de clima mais quente e úmido.

Assim pavimentos capazes de absorver água, sejam nos calçamentos como na pavimentação destinada a veículos, podem ajudar, significativamente, a reduzir o acúmulo de calor, facilitando trocas úmidas e reduzindo o acúmulo de calor.

#### 5.2.11. TEMPERATURA DO AR

A capacidade de absorção da energia solar pelas superfícies presentes na parcela urbana está diretamente ligada à variação de temperatura local, que é determinada pela maior ou menor capacidade de absorção de umidade das superfícies, pela escala da rugosidade, volume e densidade da massa construída, inclinação, cor das superfícies e, por fim, pela trajetória solar para aquela determinada latitude.

Quanto mais se aproximar da superfície do solo em menores altitudes, os efeitos locais construtivos contribuem para a mudança de temperatura, devido à incorporação de fatores não naturais relativos a volumes e aglomeração de edificações, rugosidades. A criação de ambientes vegetados (naturais preservados e/ou projetados) como se pode verificar nas proximidades do Central Park, NY e do Parque do Ibirapuera São Paulo SP, podem mitigar as trocas de calor e a concentração poluentes, agindo favoravelmente à dispersão, seja do calor, como de poluentes para a atmosfera.

O fenômeno de mitigação ambiental através de áreas verdes não é uma solução isolada, pois ao mudar o contexto da cidade, o enorme volume de tráfego acaba por esgotar e superar a capacidade de carga do território, tornando-se inócua.

#### 5.2.12. UMIDADE ATMOSFÉRICA

A disponibilidade de grandes índices de umidade, geralmente, esta associada a grandes quantidades de precipitação pluviométrica, podem ter origem da evaporação de grandes massas d'água e/ou da presença associada

com grandes massas vegetadas, a exemplo das florestas, ou ser oportunizado pela exportação de grandes massas d'água pela atmosfera a exemplo da Amazônia ao contribuir para as precipitações no sudeste do Brasil.

Sendo a umidade relativa à porcentagem da umidade absoluta de saturação e tendo a água (umidade), a propriedade de promover um maior equilíbrio de temperatura devido seu calor específico mais alto que o solo, em locais com maior umidade relativa à tendência é que a temperatura se mantenha mais estável.

#### 5.2.13. PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA

Quando em grandes quantidades significam normalmente que a região atingida possui maior concentração de massas de água e, portanto, maior equilíbrio na temperatura, fator este observado em Belém e que determina, em muito, suas características climatológicas.

As precipitações possuem também a capacidade de tornar a superfície menos aquecida no momento em que esta ocorre devido às propriedades térmicas da água.

A nebulosidade dá os índices de maior umidade de água na superfície superior da terra. Constituindo também uma barreira à entrada de radiação solar direta durante o dia quando encobre maior parte da abóboda celeste, e servindo de fator impeditivo de dispersão (dissipação) do calor superficial na atmosfera durante a noite.

#### 5.2.14. PRINCÍPIOS BIOCLIMÁTICOS PARA CLIMAS QUENTE- ÚMIDOS

Devido aos fatores climáticos e geográficos, citados anteriormente, em clima quente - úmido os principais parâmetros a serem adotados na busca do conforto térmico segundo os nomogramas e a carta bioclimática (índices de conforto) são:

a- Promover o deslocamento das massas de ar (ventos) com velocidades suficientes para promover a dispersão de particulados e favorecer a convecção.

b- Promover a proteção em relação à radiação solar direta suficiente para evitar ganhos térmicos excessivos.

c- A grande inércia térmica se, por um lado, gera atraso térmico, por outro, alonga os período de trocas dissipativas de calor para a atmosfera do entorno imediato.

Frota e Shiffer (2001) propõem vedos e coberturas com inércia média, mas com elementos isolantes.

d- Favorecer vegetação pois esta promove sombreamento, além de impedir o maior acúmulo de carga térmica devido a maior umidade e a através da fotossíntese. Além do caso da grama rasteira com solo e grama como superfície que promove a absorção de águas pluviais, tornando a superfície mais úmida, o que lhe confere a propriedade de maior calor específico, mitigando o acúmulo de carga térmica.

e- Deve possuir uma geometria urbana capaz de produzir ou promover todos estes efeitos capazes de aproximar aos índices de conforto térmico.

Características geométricas capazes de garantir (favorecer) ventilação, sombreamento, permeabilidade do solo, atraso do ganho térmico e velocidade nas perdas de carga térmica. Evitar geometria que determine barreiras à ventilação, e materiais com alta capacidade de absorção e de reflexão.

### **5.3. Morfologia Urbana e Conforto Ambiental**

A Morfologia na área da linguística estuda a estrutura, a formação e a classificação das palavras de forma isolada e não dentro da frase ou período. A morfologia urbana, portanto pode ser entendida como o estudo da estrutura da forma e do desenvolvimento de uma cidade ou parcela desta. O solo urbano pode ser entendido como a projeção da forma da cidade num plano horizontal, a área em que surge uma cidade, a superfície que ela ocupa.

O estudo da morfologia urbana ou ainda o estudo da dinâmica construtiva juntamente com as características naturais de uma cidade ou parcela urbana, deve apontar caminhos de planejamento mais adequados aos parâmetros locais.

Assis (2007) apud Higuera (2006) aponta aspectos importantes a serem identificados e observados para o planejamento das cidades em função do seu crescimento como princípios básicos:

- Sistema viário estruturante que responda a critérios de insolação e aos ventos locais;

- Áreas verdes adequadas às necessidades de condicionamento ambiental higrotérmico;
- Morfologia urbana com parcelamento adequado que gere edifícios bem orientados com relação ao sol e aos ventos;
- Tipologia edilícia diversificada para diminuir as necessidades de deslocamentos e, portanto, os custos sociais, econômicos e ambientais do transporte, possibilitando o desenvolvimento de formas urbanas mais compactas.

Além desses aspectos, segundo Assis (2006), devemos acrescentar a morfologia urbana, por exercer um efeito sobre fenômenos que afetam a qualidade ambiental urbana, como a ilha de calor e drenagem da água, que provocam impactos adversos, tais como, o desconforto térmico, a concentração da poluição do ar e as enchentes.

Jorge Wilhelm (1961) apud Cabral (1995:03) exemplificou a transformação do ambiente natural pela urbanização, a partir da afirmação de que:

*...as sociedades, ao criarem aglomerados urbanos, alteram a paisagem do lugar natural preexistente, criando uma paisagem cultural, a qual por sua vez vai se alterando gradualmente com o transcurso do tempo. Nesse processo de transformação, as características naturais do lugar – solo, águas, vegetação, ar, paisagem e clima – são utilizados como recursos para a construção de um novo ambiente: o meio urbano. (WILHEIM, 1961)*

Estas interferências possuem desdobramentos na forma de ocupação e paisagem urbana, muitas vezes propiciando a formação das ilhas de calor urbana indicativo do esgotamento da capacidade de carga.

Este processo de transformação no decorrer do tempo foi assim descrito por ROSSI (1995): *“A forma da cidade é sempre a forma de um tempo da cidade, e existem muitos tempos na forma da cidade, no próprio decorrer da vida de um homem a cidade muda de fisionomia em volta dele, as referências não são as mesmas”*.

Nas últimas décadas, estas transformações atingiram a um patamar bem elevado e com a formatação das cidades e o desenvolvimento tecnológico presente tende a aumentar por algum tempo ainda.

Durante muitos anos, as atividades econômicas do modelo estabelecido no século XX, e as políticas públicas para o campo no Brasil, favoreceram uma grande migração do campo para as cidades.

Este ambiente, juntamente com décadas de crise financeira no país, formou grandes áreas de concentração humana, principalmente em áreas periféricas do centro das cidades.

Com o crescente contingente populacional e a lógica por concentração de infraestrutura disponível nas cidades o que favoreceria a um menor custo urbano, esta concentração, juntamente com a especulação imobiliária das áreas centrais aos serviços e comércios, criaram um ambiente propício ao crescimento do gabarito das cidades especialmente nas capitais que possuem historicamente uma maior concentração de serviços especialmente públicos.

Essa lógica de ocupação levou a um processo de áreas centrais com grande verticalidade e grande adensamento, com índices de ocupação do solo maiores.

O que vem ocorrendo, ultimamente, a partir desta lógica de ocupação das grandes cidades brasileiras, é o surgimento de novas áreas centralizadoras de serviços e comércio, normalmente, com verticalização mais acentuada, porém com densidades não tão grandes quanto às das áreas centrais anteriores, normalmente situadas nas periferias do centro antigo das cidades, consideradas áreas de expansão do centro.

Cabral (1995) revela sua preocupação com a forma como o solo urbano vinha sendo utilizado e ocupado, fato este que implicaria uma inadequação do ambiente urbano.

*O uso inadequado do solo dificulta a construção da cidade, aumenta os seus custos e provoca desconforto ambiental tal como térmico, acústico, visual e de circulação, resultando em lugar desagradável para viver e trabalhar (CABRAL,1995).*

Áreas periféricas à infraestrutura urbana, ou seja, periferias das antigas periferias (consideradas áreas de expansão das cidades), com ocupação quase total dos terrenos, pouca infraestrutura, pouca arborização, e, em sua maioria, ocupadas de forma irregular em regiões impróprias originalmente para ocupação humana.

A recente retomada de crescimento econômico, mesmo que de forma tímida no Brasil, se comparado a muitos países, vem introduzindo uma melhoria na oferta de infraestrutura nos espaços urbanos ora considerados como “periféricos antigos”, gerando uma gradual modificação da paisagem urbana, seja na tipologia construtiva ou na morfologia, produzindo novas áreas de centralidades urbanas.

Juntamente com a modificação da paisagem urbana, vem o novo modelo de adensamento e verticalidade os quais determinam a mudança do microclima da parcela urbana. Rossi (1995) revela a relação da cidade com a sua identidade que se apresenta através das mudanças constantes considerando ele que os fatos urbanos constituem a cidade por serem uma parte insuprimível da mesma.

Algumas forças atuam na formação das cidades de natureza econômica, política, militar com consequências físicas na sua estrutura. Por isso, é importante o entendimento do efeito transformador da cidade em função de especulação econômica, da criação de proteção, das consequências de implantação de políticas públicas, que ocorrem no decorrer do tempo, o que se destaca, de forma mais clara, em determinados pontos da cidade.

A partir do século XX, os planos desenvolvidos dentro dos modelos políticos de administração de cidades passaram a impor perspectivas de desenvolvimento dos espaços da cidade, tendo uma cadeia de interesses envolvidos. São muitas ainda as dúvidas da relação dos planos com os fatos urbanos os quais definem a dinâmica de transformação das cidades.

As grandes cidades se desenvolvem sem parâmetros urbanísticos capazes de contribuir para a mitigação dos efeitos climáticos indesejáveis nas nucleações urbanas.

Compreender a interação e a formação resultante de diversos fatores geomorfológicos e espaciais (sol, latitude, altitude, ventos, massas de terra e água, topografia, vegetação, solo etc.), elementos climáticos (temperatura do ar, umidade do ar, movimentos das massas de ar e precipitações) é fundamental para interferir, de maneira mais responsável, nas tomadas de decisões que envolvam o meio urbano.

Lehmann (2007) revela sua preocupação com os caminhos que os projetos urbanísticos vêm sendo conduzidos, reduzindo sua contribuição à mitigação de gases de efeito estufa.

Segundo Lehmann (2007), o projeto urbanístico é dentre os campos de projeto o que mais causa impacto direto no microclima das cidades, sendo que apesar da sua importância direta na vida das cidades, este vem se caracterizando somente pelo debate em relação ao efeito estufa.

Torna-se cada vez mais consenso à necessidade de produção de parâmetros capazes de diminuir os efeitos negativos ao meio ambiente dentro dos espaços urbanos mobilizando e convergindo a capacidade de interação dos estudos e proposições de melhoramento de desempenho dos edifícios e das parcelas urbanas, saindo do campo exclusivo dos estudos de mitigação de gases de efeito estufa.

Na escala da cidade ou do bairro, a edificação pouco ou nada influencia o clima, permanecendo seu efeito circunscrito ao microclima de seu entorno imediato, então, é de se supor que apenas a reprodução de boas práticas possam gerar reflexões em número e em escala suficiente (por somatória) para favorecer o bairro. Temos entre os fenômenos para escala do entorno imediato os efeitos de projeção de sombra, propiciando condições de temperatura ar-sombra, presença de áreas permeáveis e vegetação fornecendo, por exemplo, as trocas úmidas.

Para Lehmann (2007), há uma crescente preocupação e desenvolvimento de tecnologias capazes de produzir efeitos desejáveis do ponto de vista do conforto ambiental e ainda da eficiência energética de uma edificação que, porém esta preocupação não tem a mesma proporção no estudo dos projetos urbanísticos ou de design urbano, muito devido à complexidade dos parâmetros envolvidos.

Os parâmetros bioclimáticos para um bom desenvolvimento do projeto arquitetônico existem e são reconhecidos há muito tempo, e a aplicação ocorre naturalmente quando se desenvolve arquitetura capaz de atender aos parâmetros de conforto ambiental.

O bom desenvolvimento ambiental em determinado núcleo urbano depende da boa interação da arquitetura com o desenho urbano, e parte da identificação dos elementos de projeto com estratégias ambientais mais adequadas especificamente ao local e seu microclima.



Figura 04: Foto Espaço Público em Barcelona (Espanha) adaptado ao ambiente local. Fonte: Dorival Pinheiro, 2012



Figura 05: Foto Via pública em Madri (Espanha) solução para redução de radiação solar direta no período do verão Fonte: Dorival Pinheiro, 2012

Por mais que exista uma maior complexidade para resolução das questões ambientais e de conforto em áreas urbanas, há o entendimento de que os projetos urbanísticos capazes de produzir cidades sustentáveis devem apresentar o mesmo comprometimento com metas de eficiência que alguns projetos arquitetônicos de edificações vêm apresentando.

Como exemplo do desenvolvimento de parâmetros específicos ao desenvolvimento sustentável urbano o CASBEE 2012<sup>10</sup> possui aplicação para avaliação do efeito de ilhas térmicas em áreas urbanas, em conjuntos urbanos para zonas urbanas mais edifícios. Dentre os métodos utilizados internacionalmente, CASBEE, aparentemente, é o mais promissor para avaliação dos impactos de conjuntos urbanos sobre a sustentabilidade de determinado ecossistema e merece ser objeto de estudos mais detalhados.

Como efeito do modelo de urbanização das cidades, que recorrentemente aplicam soluções envolvendo crescimento de áreas construídas e diminuição de áreas naturais, além do aumento do gabarito das edificações em áreas com grande concentração de prédios altos, surge a Ilha de Calor Urbana<sup>11</sup> que determina, entre outras, interferências na qualidade dos espaços urbanos com o acréscimo de temperatura.



Figura 06: Foto Via pública em Hong Kong (China) nítido a formação de canyon urbano devido às edificações de alto porte  
Fonte: Romain Jacquet-Lagrezze, 2009.

---

<sup>10</sup> Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency,) criado pelo Institute Building Environmental and Conservation

<sup>11</sup> O termo ilha de calor urbana apareceu pela primeira vez na literatura de linguagem meteorológica inglesa em um trabalho de Gordon Manley (1958), no Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society



Figura 07: Foto Via pública em Hong Kong (China) canyon urbano característico, nas laterais das vias  
Fonte: Romain Jacquet-Lagreze, 2009.



Figura 08: Foto Via pública em Hong Kong (China) variação canyon urbano  
Fonte: Romain Jacquet-Lagreze, 2009.

As mudanças na superfície, na qual está situado o espaço urbano através do acréscimo de massa e densidade construída a partir da radiação, provocam mudanças no balanço de energia local (microclima), determinando o efeito conhecido como ilha de calor urbana. A energia acumulada durante o dia tende a aumentar e sua dissipação, que ocorre normalmente no período noturno, tende a se tornar mais lenta, em consequência, a temperatura local sobe, e é esse acréscimo de temperatura um dos maiores determinantes de desconforto térmico urbano, principalmente em regiões de temperatura médias e máximas elevadas.

Sabe-se que, no Brasil, este processo de crescimento das cidades não seguiu a parâmetros que se pode atender minimamente o conforto dos seus habitantes e, justamente por isso, algumas alternativas começam a ser estudadas e aplicadas, porém com muito ainda a ser feito.

O que diverge dos padrões das grandes cidades há um século é a forma como este processo se desenvolve, com mais ou menos parâmetros a serem atendidos determinados pelas instituições responsáveis pelo mínimo controle da evolução do processo urbano para que não se constitua entrave para o desenvolvimento qualitativo de uma cidade para todos os seus seguimentos.

Para as grandes cidades já implantadas, seja em países desenvolvidos, ou mesmo em desenvolvimento, a questão está em saber como aproveitar a infraestrutura existente para produção de espaços urbanos adaptados às novas atividades. Em alguns casos, a grande concentração de edificações em área e centros adensados quando associado com boas e eficientes soluções de transporte para outras áreas densas em ocupação podem favorecer alguns aspectos ambientais e econômicos, produzindo espaços mais eficientes e que, portanto, consomem menos energia para sua reprodução. Isso pode ser explicado em função de não implicar nova ação de implementação de investimentos em infraestrutura, isto é, adéqua o seu território ao seu potencial de carga.

A cidade compacta tem vantagens consideráveis em relação às cidades dispersas, principalmente em função da diminuição dos deslocamentos, o que diminuiria o uso de automóveis, redução das redes de abastecimento e saneamento, conseqüentemente, diminuição das emissões de gases de efeito estufa, além de reduzir os custos com as redes de infraestrutura, atingindo uma maior parcela da população, tornando a cidade potencialmente mais saneada e mais eficiente.

A aplicação parcial do fator adensamento provoca transformação de bairros consolidados através de nova carga de ocupação, formando novos níveis de densidade, o que resulta em custos para implantação e renovação da infraestrutura existente. Quando o adensamento não é planejado, a readequação de estruturas implica destruição da infraestrutura original e, portanto, em desperdício de recursos.

A modificação da escala e a perda das referências favorecem o anonimato e certa perda de controle dos fenômenos de vizinhança, a solução modernista originada na ideia de comunas com adensamento por verticalidades, revelou os problemas associados à perda de escala e identidade quanto à vizinhança<sup>12</sup>.

Dentre estes processos de transformação da paisagem urbana ocorre a perda de referenciais por parte da população local, principalmente através da alteração da escala e proporção das edificações. A escala do bairro se transforma de modo irreversível, a impessoalidade e os limites dos ciclos sociais passam a se impor.

Resta identificar qual o nível de adensamento ótimo para cada situação, sendo este resultado do equacionamento entre, padrões sociais, econômicos, culturais e também de desempenho ambiental.

Em muitas das grandes cidades, hoje, espaços urbanos obsoletos estão surgindo devido à perda de função de algumas áreas antes produtivas e que, por uma série de aspectos como perda de competitividade devido a problemas urbanos associados à localização. Estes espaços que estão normalmente localizados em áreas centrais abriram uma opção possível para intervenção e nova apropriação dentro de parâmetros mais contemporâneos, além de possuir potencial para redução dos efeitos negativos ao meio ambiente como nos modelos anteriores de ocupação das atividades nas cidades.

Nem sempre, a estratégia de adensar e verticalizar tem mesma eficiência em todas as cidades, tendo em vista que os efeitos ambientalmente negativos desta estruturação podem superar os efeitos positivos.

Neste caso, qual seria o nível de adensamento ótimo, e será que este modelo serve para qualquer localização no mundo e, ainda, o comportamento social e antropológico de cada sociedade permite a conclusão na qual as pessoas assumiriam o mesmo comportamento diante deste modelo de planejamento. LEHMANN (2007) questiona qual a medida do adensamento a ser adotado para as cidades, pois a densidade influencia diretamente o clima urbano, tornando-se importante para o planejamento das cidades, portanto é fundamental saber qual densidade se deve construir.

---

<sup>12</sup> Nota de aula do Profº Irving Franco

Esta se constitui talvez em uma das mais importantes perguntas dos arquitetos e urbanistas e consultores ambientais urbanos. Obviamente que, do ponto de vista de conforto ambiental, cada local, clima, impõe uma capacidade de carga de adensamento específica, podendo esta, ser ou não potencializada pelo design urbano.

Os parâmetros urbanísticos capazes de produzir um planejamento ambiental urbano eficiente se constituem em um dos maiores desafios para os urbanistas, inicialmente identificando quais os aspectos da configuração urbana devem ser priorizados para caracterizar um estudo mais completo e aproximado para mitigação dos impactos ambientais, vinculados a tipologias específicas. O que deve ficar mais claro é quais seriam os parâmetros mais corretos a serem considerados em uma análise ambiental para a área urbana, a partir de suas características climáticas, da sua morfologia, da sua antropologia urbana e do seu desenvolvimento social.

A tarefa destinada ao design urbano seria, então, a de entender a maneira como estas trocas térmicas se comportam em determinado espaço, devido suas características climáticas e ambientais, para, posteriormente, projetar formas e planejar critérios urbanísticos que favoreçam a dissipação e/ou a retenção de energia neste processo de trocas térmicas, dentro da complexidade do sistema que a cidade representa.

A ideia seria a cidade ou uma parcela urbana da cidade ocupar o espaço, procurando se integrar, ao máximo, ao sistema ambiental existente, através de mecanismos que propiciem o máximo de aproveitamento das características climáticas e ambientais do local e não se constituindo em objeto desconforme com o espaço.

Cada vez mais, percebe-se a interferência das transformações decorrentes do processo da morfologia urbana como fundamentais para o entendimento das sensações térmicas humanas.

Dentro de uma parcela urbana, a caracterização do microclima em função da morfologia, é um dos pontos fundamentais para o entendimento da qualidade ambiental presente nos espaços, isto se fundamenta e explica-se pela pouca evolução qualitativa devido às constantes alterações das paisagens urbanas, seja através de intervenções pontuais e ou intervenções em grandes áreas. A cidade, por apresentar parcelas morfologicamente distintas, tem uma

grande variabilidade de microclimas, devido à presença de condições de exposição à temperatura ar sol e ar sombra e as obstruções decorrentes das massas construídas na abóboda celeste.

Na tentativa de caracterização do clima em uma cidade, Tarifa e Tarik (2001) buscaram definir padrões climáticos capazes de definir um microclima local para diferentes zonas da cidade São Paulo, a partir da análise do que eles definiram como espaços climáticos naturais, buscando, com isso, caracterizar os microclimáticas presentes em cada nucleação urbana, reconhecendo a importância do entendimento das mesmas, como própria.

Através de uma identidade climática simplificada, procuraram definir unidades climáticas, a partir de uma correlação entre atributos e controles climáticos. Caracterizaram, então, os atributos climáticos, geográficos e construídos através das temperaturas, ventos, relevo, massa vegetada, massa de água, massa construída e localização geográfica, e como resultados definiram o que seriam as zonas climáticas do município de São Paulo.

Lombardo (1985) apud Cabral (1995) evidencia que a urbanização altera significativamente o clima da cidade, através dos padrões de elementos construídos constitutivos dos espaços urbanos, os quais contribuem para a diminuição da capacidade de dissipação de energia.

Muitos autores vêm descrevendo esse fenômeno e fazendo uma correlação entre o tamanho da área urbana as características físicas dos espaços construídos com a formação e intensidade da ilha de calor.

Movimentos do sol e variação dos ventos associados à orientação das ruas, praças, avenidas, edificações baixas, prédios altos criam uma “superfície topológica”, volumes, rugosidades, materiais, inclinações e exposições de superfície redefinindo os topoclimas urbanos.

Lombardo (1985) Apud Cabral (1995), analisando a cidade de São Paulo, comprovou a existência de uma alta correlação entre os tipos de uso do solo urbano e a variação das temperaturas superficiais. Assim, as altas temperaturas são verificadas em áreas com crescimento vertical intenso, densidade demográfica acima de trezentos habitantes por hectare e pouca quantidade de vegetação, principalmente, nos setores industriais e residenciais.

A concentração humana, cada vez maior, em grandes cidades altera, e muito, a paisagem natural a partir da formação dos centros urbanos. Para atender às necessidades mais variadas do ser humano e do sistema urbano, são construídos os mais variados tipos de prédios cada vez mais altos, ruas, praças, equipamentos urbanos, ou seja, uma modificação ambiental que se distancia, cada vez mais, dos parâmetros naturais de determinado local.

Desta mudança, decorre uma variação dos elementos que definem o microclima e altera o padrão de balanço energético local, interferindo na mudança de temperatura.

Pela concentração de pessoas e atividades, as construções tornam-se mais adensadas, a escala de trocas térmicas fica mais curta e passa a ocorrer uma maior retenção e menor dissipação de calor, definindo, neste sistema, um aumento médio de temperatura local.

É necessária ênfase no equilíbrio entre as necessidades de reprodução da sociedade humana em determinado local e o conforto ambiental térmico, partindo da constituição do desenvolvimento na direção da sustentabilidade.

Uma grande contribuição para os estudos dos efeitos climáticos das parcelas urbanas, em Belém, partiu dos estudos realizados por Cicerino Cabral (1995), na cidade de Belém.

Havia um contexto diferenciado da evolução urbana da cidade que, porém, apresentava as mesmas preocupações em relação à dinâmica de ocupação dos espaços como descrito por CABRAL (1995).

A importância para Belém dos estudos aqui apresentados decorre principalmente das suas condições geomorfológicas, da sua situação geográfica e das suas condições específicas quanto às possibilidades de seu crescimento, forçando uma verticalização que, se não orientada, poderá repercutir negativamente nas condições de microclima da cidade. (CABRAL, 1995)

Com estes parâmetros, ele traçou um perfil inicial para os padrões climáticos da cidade a partir de zonas, apoiado nos resultados de temperatura, padrões de vento e umidade relativa do ar coletados em campo em vários pontos dentro da 1ª Léguas Patrimonial de Belém<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> A primeira Léguas Patrimonial de Belém compõe os bairros mais antigos da cidade a partir de um raio aproximado de 1 léguas da nucleação principal do município de Belém, com o

Um exemplo de aplicação de padrões construtivos favoráveis, em função das características climáticas locais é a pequena cidade de Setenil, na Andaluzia, no sul da Espanha. A região é montanhosa com temperaturas que superam os 40° C no verão e descem a menos de 10° C entre o inverno e o verão. Construíram casas embutidas nas costas rochosas da montanha, criando um microclima agradavelmente quente no inverno e fresco no verão, o que reduziu a acentuada amplitude térmica anual a uma amplitude de menos de 20° C.

Conforme apresenta LÔLA (1998), a variação de temperatura registrada em alguns experimentos realizados por KIMURA e TAKAHASHI (1991), CHAO (1991), JÁUREGUI (1979), em cidades como Tóquio - Japão, Shanghai - China ou Toluca - México, apresentaram variação de temperatura com pico de diferença entre 3 e 5°c de temperatura dos centros urbanos em relação ao entorno imediato com características rurais.

Em cidades localizadas dentro da faixa próximo à linha do equador e com pequena variação de altitude, como o caso de Belém, esse aumento de temperatura, que já é alta, propicia um microclima mais desfavorável ao balanço energético do organismo humano.

#### **5.4. Cidades Sustentáveis**

O paradigma da sustentabilidade tem como uma das bases à utilização dos recursos naturais de maneira mais eficiente a um menor custo possível tanto econômico quanto ambiental, portanto seguindo o mesmo raciocínio, a sustentabilidade nas cidades ocorre no momento em que a forma de ocupação dos espaços urbanos permite fluidez, conforto ambiental, eficiência na realização das atividades humanas, e tudo isso a custo o menor possível. Dentro deste paradigma, tem-se o desenvolvimento do conceito de clusters urbanos e cidades compactas capazes de atender tais parâmetros em menor espaço, com mais qualidade ambiental e com necessidade de menores custos de implantação e manutenção.

Existe, atualmente, a compreensão da importância da manutenção do balanço energético de forma mais apropriada para atender às necessidades

---

crescimento da cidade esta área é entendida como a área central da cidade atrativa da maior parte das dinâmicas da cidade e com as maiores densidades.

humanas. A diminuição das fontes naturais juntamente com os potenciais danos envolvendo a utilização de energia de forma indiscriminada produzem efeitos no meio ambiente.

Os debates e estudos a respeito dos efeitos climáticos globais, tanto na cidade como no campo, vêm-se concentrando nos efeitos nocivos dos gases de efeito estufa, seja na forma de geração de energia, como na dispersão de poluentes pelas atividades humanas.

Devido à desatenção e a não incorporação de princípios ambientais, que estão à margem das soluções projetuais formais, surgem como resultado aglomeração e concentração de volumes urbanos característicos que produzem impactos ambientais, interferindo no padrão de conforto ambiental das cidades.

Também devido ao grande consumo de energia concentrado nas cidades, juntamente com os consequentes impactos ambientais negativos resultado do não reconhecimento da capacidade de carga do território, fica demonstrada o esgotamento do modelo e diante dos efeitos de deseconomia, é crescente a sensibilização dos planejadores e gestores urbanos com os parâmetros urbanísticos a serem adotados e que poderiam conduzir a soluções verdadeiramente sustentáveis.

Tendo a sustentabilidade como referência, o desenvolvimento de projetos urbanísticos e planejamento urbano podem seguir estes parâmetros para atender ao conforto e à eficiência energética sem, necessariamente, a aplicação massiva de equipamentos mecânicos desenvolvidos para criar microclimas mais agradáveis.

Ao reequilibrar o meio externo, potencializando microclimas mais amenos, menor será a dependência por sistemas regenerativos e consequente redução dos efeitos da deseconomia ambiental<sup>14</sup> conforme reforça Lehmann (2007).

Isto apoia a noção que sustentabilidade em arquitetura é sobre uma atitude fundamental de fazer lugar e espaço, e menos, sobre a solução tecnológica, uma boa Arquitetura e desenho urbano têm o potencial de

---

<sup>14</sup> Nota de aula do Profº Irving Franco

restabelecer nossa relação com natureza, o clima e a experiência do sol, chuva e vento (LEHMANN, 2007).

A condução deste novo processo de desenvolvimento de cidades sustentáveis poderia e deveria estar mais presentes nos países em franco desenvolvimento como o Brasil, considerando que muitas cidades têm grande demanda de habitação, portanto existe também grande pressão para o desenvolvimento de espaços novos. Seria oportuno, portanto que a incorporação destas novas áreas urbanizadas aplicasse parâmetros técnicos mais voltados à sustentabilidade, quando da licitação e aporte de fomento público.

Atualmente, mais de 50% da população mora em cidades, com previsão de 75% para o ano de 2050, sendo que para, Lehmann, 2007, a maior parte deste aumento populacional acontece em cidades grandes de nações em desenvolvimento em que, na maioria, também se concentra boa parte da pobreza mundial.

No caso do Brasil, o êxodo rural foi mais intenso, e, já na década de 70 do século passado, cerca de 70% da população já fazia moradia nos centros urbanos.

Então estas cidades poderiam verdadeiramente planejar e apresentar soluções para este novo contexto e não procurar parâmetros no desenvolvimento das cidades europeias no período da industrialização ou ainda das cidades norte americanas no período do pós-guerra, quando a questão da sustentabilidade e da energia se resolvia com o desenvolvimento expansionista, acessando novas reservas de energia e recursos naturais. Atualmente, o conceito de finitude em termos de reservas e recursos naturais não renováveis já esta consolidada.

Dentro dos estudos de desenvolvimento urbano, pode-se destacar Leite e Awad (2012), que colocam a questão da sustentabilidade econômica, ambiental e social na transformação das metrópoles contemporâneas, revelando o descompasso entre o saber e o fazer aos quais as cidades se desenvolveram e os modelos propostos não acompanharam o desenvolvimento da sociedade.

A questão de divisão de espaços e propriedade privada e ou pública do solo, com fins de produção e ou moradia, vem se arrastando desde as

primeiras nucleações de concentração populacional na mesopotâmia até os dias atuais em um processo extremamente lento e que ainda persiste, pois suscita muita polêmica e muitos argumentos e contra-argumentos.

Grandes cidades estão passando por um momento claro de déficit de aplicação de soluções mais afeitas ao novo processo de transformação.

O processo evolutivo da ciência e da tecnologia e as demandas sociais, econômicas e intelectuais avançaram em um ritmo muito rápido nas últimas décadas, e a formatação das grandes cidades não conseguiu acompanhar este ritmo, não só as grandes cidades de países em desenvolvimento, assim como, as principais cidades dos países desenvolvidos.

Por outro lado, como afirma LEITE E AWAD (2012:11), *“As metrópoles são o locus da diversidade – da economia à ideologia, passando pela religião e cultura. E esta gera inovação”*, portanto, essas transformações são comuns e revelam um momento de transição o que leva à adaptação aos novos padrões da dinâmica urbana, porém algumas cidades são capazes de capitalizar melhor essas mudanças em relação às demais.

Há um claro descompasso entre a tecnologia possível de ser agregada, ao conhecimento desenvolvido para se empregar os padrões contemporâneos ao bom funcionamento das cidades, ou seja, para aplicação física espacial desta tecnologia. Neste contexto, os Designs Urbanos assumem grande importância na nesta mediação.

Ao se deparar com as transformações e adaptações dos espaços urbanos, lida-se, diretamente, com a vida de milhares e milhões de pessoas, portanto a intervenção nestes se torna bastante demorada e complexa, até que surjam uma adequação social e aplicação de parâmetros construtivos com qualidade e compatíveis com a nova realidade evolutiva.

A inércia das modificações, em parte, pode ser creditada aos próprios paradigmas contemporâneos de desenvolvimento das cidades, podem-se citar as intervenções a um menor custo possível e com menor ônus político possível, quando se perde, então, os parâmetros do que é realmente de interesse comum a todos ou de interesse de alguns grupos, pois a formatação econômica e sócio-política atual não permite identificar um cenário claro.

Pode-se também entender que nem todas as cidades são capazes de superar essas barreiras impostas à qualidade de vida em cada período da

história, somente algumas seriam capazes de desenvolver parâmetros mais adequados aos modelos de cada período como evidenciam LEITE E AWAD (2012) *“As grandes cidades, estas que inovam e lideram o progresso da sociedade em suas épocas de auge no planeta, sempre enfrentam seus ciclos de decadência e ressurgimento, reinvenção”*.

Dentro deste cenário, os estudos de conforto no microclima urbano das cidades tornam-se cada vez mais importantes, pois para um bom desenvolvimento e eficiência das atividades humanas deve-se preservar e propiciar padrões de conforto ambiental.

LEITE E AWAD (2012:08) acreditam que o modelo de desenvolvimento das cidades neste novo século permitirá o desenvolvimento de espaços mais sustentáveis *“A reinvenção das metrópoles contemporâneas, no século 21, passa pelos indicadores que mostram oportunidades em termos de cidades mais sustentáveis e mais inteligentes do que as cidades que cresceram e se expandiram sem limites no século 20”*.

Hoje se têm duas possibilidades em termos espaciais para a evolução das cidades, avançar territorialmente, reconstruir ou requalificar e, portanto, “refazer” os imensos territórios centrais rarefeitos com os paradigmas contemporâneos ou permitir o crescimento ocupando áreas distantes e pouco urbanizadas.

O entendimento de que os espaços e as atividades desenvolvidas em parcelas urbanas devem estar em sintonia para haver funcionamento, o mais harmônico possível, tem como desafio manterem-se integradas, seja através das vias de deslocamento ou por meio das tecnologias de informações. As atividades se complementando e funcionando de forma mais sistêmica deu origem à ideia de Clusters Urbanos. Sejam estes clusters independentes, autosuficientes, especializados e/ou complementares.

Quanto maior integração, maiores serão as oportunidades e as opções entre oferta e demanda. Resta desenvolver os ambientes que estão sujeitos ao efeito dos deslocamentos entre os centros de atração e o bairro mitigando o impacto ambiental deste fluxo.

Como grande parte da população, atualmente, mora nas grandes cidades e é nestas que ocorrem as inovações e tomadas de decisão das atividades produtivas em nível mundial, quando as grandes cidades não

funcionam de forma eficiente e ambientalmente correta , os reflexos são sentidos em níveis regionais, nacionais e mundiais dependendo do porte.

As grandes metrópoles e seu desenvolvimento passaram a ser estratégicos no desenvolvimento mundial.

O desenvolvimento voltado para a sustentabilidade e eficiência energética abre perspectivas para o surgimento de espaços, sejam eles, núcleos urbanos, parcelas urbanas, bairros mais adequados à formação das cidades inteligentes.

O novo conceito de clusters urbanos<sup>15</sup> advém da evolução tecnológica do modelo econômico e da ideia de comunicação instantânea através das redes virtuais. O papel da cidade passa a ser o de tornar mais eficiente os processos produtivos e promover a inovação através de espaços conectados e o mais eficientes possível, espera-se que ao viabilizar e tornar eficaz a comunicação, seja reduzida a necessidade de deslocamentos excessivos.

Um dos principais entraves ao desenvolvimento sustentável em grandes cidades brasileiras fica aparente onde ocorrem as altas densidades de ocupação, onde as mesmas não ocorrem de forma eficiente.

Estas formas de ocupação ineficientes criam espaços com deficiência ou inadequação de infraestrutura, pouca mobilidade, tendo como reflexo uma baixa fluidez nos deslocamentos, poucas ou nenhuma área verde, falta de permeabilidade vertical para melhor fluidez das massas de ar, que juntamente com escolhas que visam à, em primeiro lugar, diminuição de custos de materiais de superfície urbana como a pavimentação asfáltica para as vias, repercute em baixa permeabilidade da superfície, gerando espaços ambientalmente incorretos.

O modelo de clusters urbanos polinucleado, compacto com maior densidade, sustentável e eficiente no território das grandes cidades, vem começando a ser implantado em algumas cidades como Montreal, São Francisco, Barcelona, e possui um grande potencial de transformar a apropriação dos espaços urbanos em mais eficientes e sustentáveis, conseqüentemente com maior conforto ambiental (térmico). Para sua implantação, é necessária uma sinergia de boas políticas públicas, juntamente

---

<sup>15</sup> Cidades ou parcela urbana inserida na sociedade informacional, construídas com base em redes flexíveis de fluxos de pessoas, materiais e de informação.

com boas praticas e inovação em todos os setores, além da assimilação deste modelo através da participação da população.

A reestruturação do território central urbano assume grande papel nas transformações das cidades do século XXI.

*Assim, parece evidente o papel único das metrópoles na nova rede de fluxos mundial e processos inovadores. O potencial do território central regenerado e reestruturado produtivamente é imenso na nova economia, desde que planejado estrategicamente (LEITE e AWAD, 2008:13).*

Quanto mais, porém, o espaço for requalificado, procurando adotar estratégias favoráveis ao balanço energético e as trocas térmicas locais, este poderá funcionar de forma mais eficiente, propiciando conforto térmico aos seus habitantes.

### **5.5. Técnicas de Análise do Conforto Ambiental em Parcelas Urbanas**

Os modelos de estudo de balanço de energia térmica vêm sendo desenvolvidos nas últimas décadas e dentre estes, como uma das principais referencias tem-se os estudos de Tso et al em Singapura e Kuala Lumpur , realizados em duas cidades, sendo estas localizadas em latitude próxima da linha do equador, com clima equatorial úmido, em países asiáticos, estas cidades passaram por profundas transformações a partir da década de 90 com forte crescimento econômico e mudança radical na morfologia urbana.

Muitos dos países asiáticos, neste momento, partiram para um modelo construtivo baseado na verticalização acentuada como forma de demonstração de poderio econômico.

Um grande exemplo deste fato são as torres Petronas construídas na Malásia para se tornarem as maiores torres do planeta, este modelo de morfologia implantado a partir desta época se difundiu pelo continente asiático, aumentando a concentração de edificações verticalizadas e propiciando um referencial para estudos de mudança no balanço de energia das cidades.

TSO ET AL (1990) apud VILELA (2007) estudaram o efeito de ilha de calor urbana em Singapura (Singapura) e Kuala Lumpur (Malásia) constando que, apesar de os sítios urbanos apresentarem diferenças naturais e na sua urbanização, registraram aumento de temperatura.

A ilha de calor urbana constitui os efeitos dos fenômenos das trocas térmicas presentes em algumas cidades ou parcelas urbanas que pelos modelos de desenvolvimento não são capazes de promover um equilíbrio térmico entre o meio natural e o urbano tornando este mais quente e insalubre que o seu redor imediato.

Na década de 70, foram intensificados estudos na área de conforto térmico e balanço energético nas cidades, muito em função do momento de crise energética mundial, a partir deste momento, técnicas de análise de compreensão das trocas térmicas superficiais, retenção de carga térmica e a correlação com o processo morfológico das cidades foram criadas e começaram a se difundir, logo surge o conceito de ilha de calor urbano.

Algumas destas técnicas se constituem no foco principal deste trabalho como o fator de visão de céu (FVC), as massas construídas, o recorte de carga térmica sobre as superfícies urbanas, juntamente com elas foi aplicado a leitura através de imagem térmica infravermelho (IFR).

Alguns estudos como o desenvolvido por Johnson (1985), na Inglaterra, encontraram uma correlação entre FVC e taxa de resfriamento diário e noturno.

Os estudos nesta área então passaram a confirmar a correlação entre maior obstrução de céu e maior densidade construtiva com efeitos como o aumento da reflexão entre as superfícies e o aumento de inércia térmica, devido à existência de maior quantidade de massa construída obstruindo o céu como consequência tem-se o aumento de temperatura.

Estudos realizados em cidades asiáticas com população superior a 300.000 habitantes correlacionaram o aumento de população a magnitude da ilha de calor.

Este representa um contexto representativo da formatação das grandes cidades atuais, porém, em modelos de grandes cidades de países em desenvolvimento como o Brasil, nem sempre, as parcelas urbanas com maior contingente populacional também e a mais adensada em termos de massa construída, pois, em muitos casos, como observado no bairro do Guamá em Belém ocorre uma maior densidade de ocupação das edificações, onde o número de habitantes por unidade habitacional é maior que em outros bairros,

fazendo com que o bairro do Guamá se torne o mais populoso de Belém, porém com baixa densidade de massa construída.

A obstrução por massa construída não constitui unicamente fator de recorte de carga térmica solar, outro fator que possui grande influência na diminuição de carga térmica solar é o padrão de céu encoberto por nuvens, fenômeno que, aliás, determina em Belém, os maiores recortes de carga térmica, ocorrendo nos meses mais nublados, devido à alta umidade presente na região PARK (1986) APUD VILELA (2005) em seus estudos observou, “que o máximo desenvolvimento do fenômeno da ilha de calor ocorre em condições de céu claro sem nebulosidade”.

O padrão de Céu encoberto ou parcialmente encoberto na quase totalidade do tempo em Belém é fator importante quando nos referimos aos padrões climáticos o que de acordo com os estudos de Park (1986) tornaria o fenômeno da ilha de calor mais brando na cidade, já que para ocorrer um máximo desenvolvimento da ilha de calor necessitaria de céu claro sem nebulosidade.

#### 5.5.1- MASSA CONSTRUÍDA

TSO, CHAN e HASIHIM (1989:143) entenderam como importante, e propuseram a aplicação de modelo que incluísse a massa construída em modelos de balanço energético urbano que foram desenvolvidos anteriormente, combinados a definição da geometria urbana, a partir do fator de visão de céu “*Uma vez que é geralmente aceito que os edifícios têm um papel importante no microclima urbano, os presentes autores são incitados a investigar a inclusão de um novo termo para explicar o efeito da massa do edifício no balanço energético*”.

A partir da técnica de análise proposta por Tso et al (1990) que incorpora o efeito da massa construída no balanço energético de determinada parcela urbana das cidades, esta passou a se agregar a outras técnicas para o desenvolvimento dos estudos de ilhas de calor urbano.

O modelo climático de balanço de energia proposto por Tso et al. (1990), trabalha com o parâmetro de massa construída e foi aplicada em área da cidade de Kuala Lumpur, na Malásia localizada na latitude de 3 ° 9 'N e longitude de 101 ° 44' E, com uma área de cerca de 244 km<sup>2</sup> e uma população

de cerca de 1,2 milhões. Possuindo perfil climático, latitude e população similares a Belém, na época da aplicação destes estudos.

A inclusão da massa construída no modelo de balanço de energia proposto por TSO, CHAN e HASIHIM (1989) na cidade de Kuala Lumpur na Malásia melhorou a capacidade para prever a variação de temperatura diurna na cidade demonstrando influência definitiva sobre o atraso da temperatura máxima do ar, ou seja, no parâmetro de inércia térmica.

Segundo BARBIRATO APUD VILELA (2005) esta técnica possui características que a destacam como apropriada para estudos das condições climáticas típicas e simulações do comportamento térmico de frações urbanas.

O princípio do modelo de TSO ET AL (1990) é que a *massa construída* consiste de um plano homogêneo, avolumétrico, mas capaz de armazenar energia térmica a taxa de:

$$M = MC \times Cc \times \frac{dT_o}{dt} \quad \text{Equação [1]}$$

Onde:

M = armazenamento de energia térmica (Kw/m<sup>2</sup>)

MC = Massa construída por unidade de área (Kg/m<sup>2</sup>)

Cc = calor específico da massa construída, à pressão constante (kJ/kg.K)

$\frac{dT_o}{dt}$  = Taxa de mudança da temperatura em relação ao tempo

Figura 09: Equação de Armazenamento de Energia Térmica desenvolvida por Tso et al  
Fonte: VILELA, 2005

O Brasil passa por um momento de equilíbrio e ainda pequeno desenvolvimento econômico que, porém, tem potencial para aumentar, este momento econômico que se tornou suficiente para o avanço do mercado imobiliário, principalmente nas grandes e médias cidades do país, fato que ocorre principalmente devido à demanda reprimida para aquisição de novos imóveis. Esse crescimento vem propiciando em algumas cidades um aumento

significativo de densidades e verticalização das construções em parcelas urbanas, o que conseqüentemente interfere no microclima do local.

Se for considerado um cenário de crescimento econômico nos próximos anos, ter-se-á que passar a observar, de forma mais criteriosa, os modelos de ocupação e o conseqüente processo morfológico das cidades brasileiras.

Em Belém, devido ao clima rigoroso, quente e úmido, este fenômeno de adensamento e verticalização vem ocorrendo de forma mais acentuada na última década, e uma técnica de análise como a massa construída pode contribuir, de forma decisiva, para a busca por um padrão morfológico mais adequado à relação ambiente construído espaço natural.

Conforme descrito por Vilela (2005), o cálculo da *massa construída* por unidade de área, desenvolvido por Tso ET AL (1990) baseou-se nas propriedades térmicas e densidade do concreto por considerá-lo com características térmicas similares a dos outros materiais, adotando como base a equação:

$$MC = \frac{V_{ct} \times \gamma_c}{A_f} \quad \text{Equação [2]}$$

Onde:

$\gamma_c$  = densidade do concreto = 2400 kg/m<sup>3</sup>  
 $V_{ct}$  = Volume do concreto (m<sup>3</sup>)  
 $A_f$  = área total da fração urbana (m<sup>2</sup>)

Figura 10: Equação de Massa Construída desenvolvida por Tso et al  
 Fonte: VILELA, 2005

Para o desenvolvimento da equação, primeiramente, deve ser calculado o volume das construções por unidade de terreno ( $V_t$ ) no raio determinado pela equação:

$$V_{ct} = (P_{er} \times h \times E_{c1}) + (A_{pr} \times N_l \times E_{c2}) \quad \text{Equação [3]}$$

Figura 11: Equação de Volume da Edificação  
 Fonte: VILELA, 2005

Onde:

Per- perímetro da edificação;

h- altura da edificação, adotando 3,00 m de pé-direito no Bairro do Umarizal e 3,50 m no Bairro da Cidade Velha;

E1- espessura média do fechamento vertical (perímetro), adotando 15 cm Umarizal e 35 cm Cidade Velha;

Apr- área da projeção da edificação (horizontal);

Np- número de pisos;

E2- espessura média dos pisos, adotando 10 cm (material Concreto) para o Umarizal; 10 cm (material Concreto) para os pavimentos abaixo do teto e 0,5 cm para o teto na Cidade Velha (forro de madeira).

Para este estudo, adotou-se como raio para definição dos limites da parcela urbana a ser estudada 300m, pois, após análise inicial a partir das imagens obtidas através da lente angular olho de peixe para os pontos de medição no Bairro do Umarizal, foi constatado que as edificações que se encontravam nas bordas da contribuição da obstrução do céu e do recorte de carga estavam localizadas a, aproximadamente, 300 m de distância dos pontos. Já que estas edificações contribuiriam com a obstrução do céu e o recorte de carga, estas deveriam, portanto, ser adotadas dentro do campo de influência do ponto, definindo a parcela urbana objeto de estudo.

No bairro da Cidade Velha, apesar do estreitamento das vias e o adensamento das edificações no ponto da Pedro Albuquerque, que é mais aberto às bordas da obstrução visível na imagem da lente angular sobreposta pelos diagramas solar e de fator de forma chegam a distâncias de 290 m, ou seja, muito próximas de 300 m, somado ao alcance similar deste ponto em relação aos pontos do Bairro do Umarizal tem-se, também, na Cidade Velha característica de alto adensamento com casas geminadas o que aumenta a área potencial de influência térmica.

O valor adotado para as análises deste trabalho foi de 300 m, o mesmo que Tso et Al (1990) apud Vilela (2005), que definiram a escala vertical da camada limite urbana ao nível das coberturas, o raio de abrangência igual a 300m e estimaram a massa construída de 700 Kg/m<sup>2</sup> para desenvolver o modelo para a cidade de Kuala Lumpur.

Como foi adotada a camada mais próxima ao solo para os estudos deste trabalho, não o foi à escala vertical para medições de temperatura e análise do canopy urbano em Belém.

Para o estudo específico de parcelas urbanas de Belém, usou-se, no caso da Cidade Velha, o material tijolo cerâmico para as edificações e pé-direito médio mais alto 3,50m. No caso do Umarizal, para os fechamentos, alvenaria de tijolo cerâmico e pé-direito médio 3,00m.

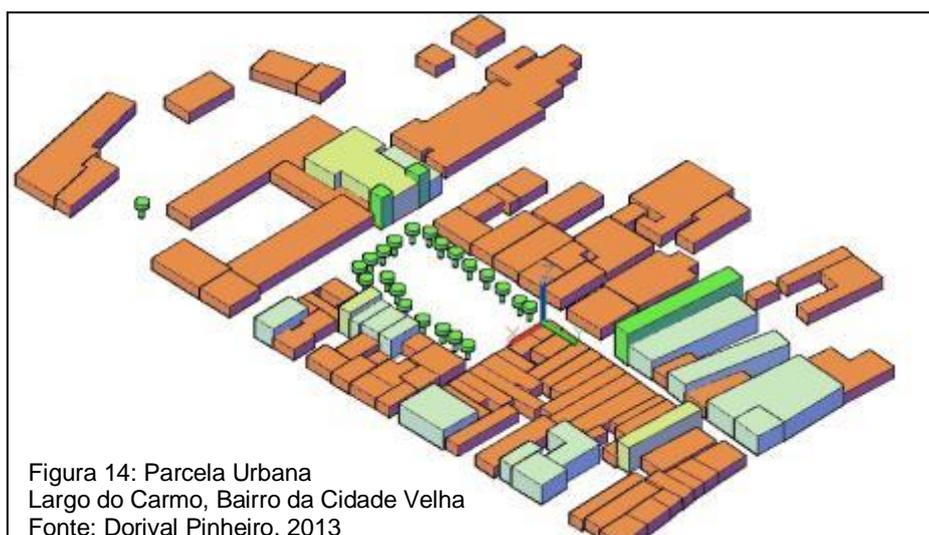
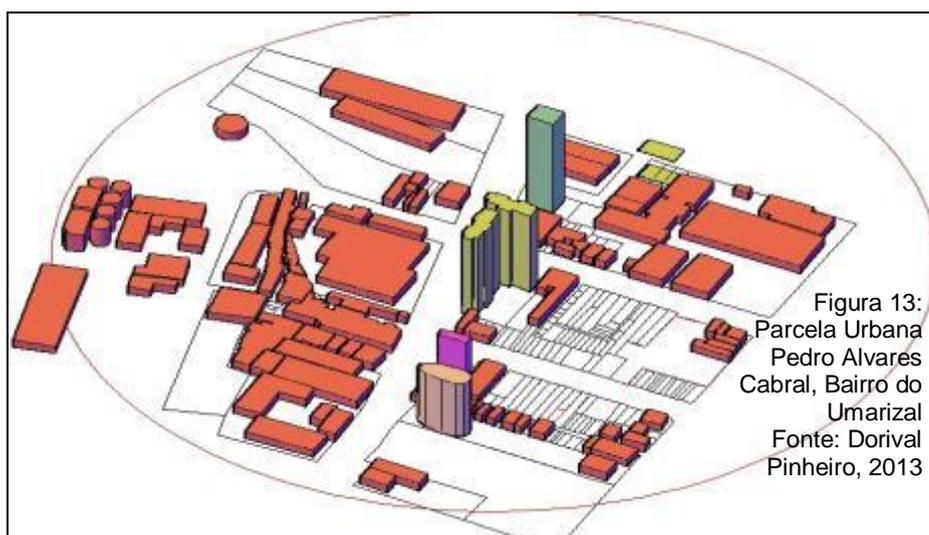
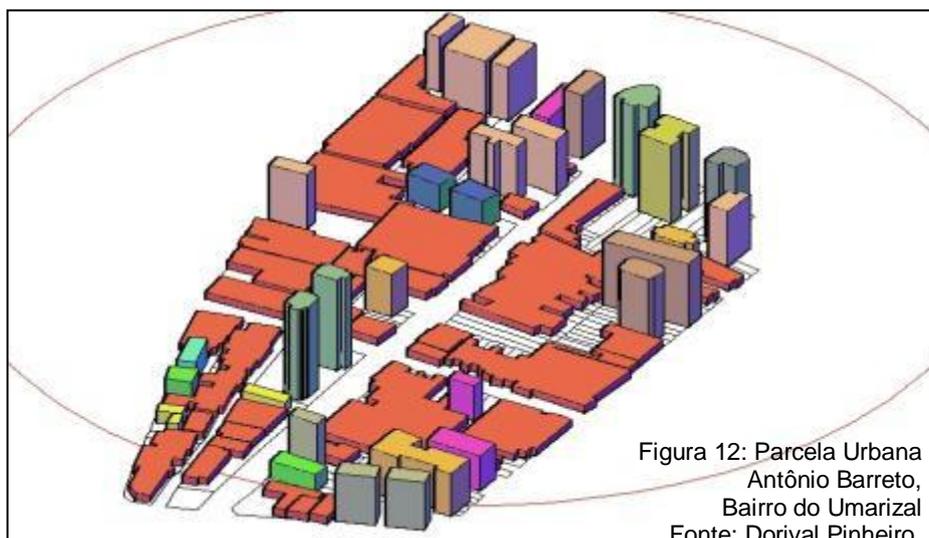
Este instrumento de análise possui grande potencial para estudos no decorrer do tempo, pois permite a simulação de situações futuras de acordo com a morfologia característica da parcela urbana, assim como, a partir dos índices urbanísticos previstos para cada local pode ser aplicada uma simulação do potencial futuro de ocupação, conseqüentemente da massa construída máxima de aproveitamento. Permite também, através de controles urbanísticos, estabelecer metas de máximo aproveitamento de massa construída possível para determinadas escalas de ocupações.

Outro determinante estritamente ligado ao acréscimo de massa construída é a interferência, através da modificação da rugosidade da superfície, nos deslocamentos das massas de ar, podendo potencializar as calmarias e provocar deslocamento dos caminhamentos dos ventos induzindo-os a corredores de ventos sem permeabilidade dentro da malha urbana, criando rajadas em alguns trechos, e calmaria em outros.

Dos Santos, Lima e Assis (2003) apud Vilela (2005), através de seu estudo desenvolvido na cidade de Belo Horizonte, buscam demonstrar os efeitos de dois aspectos da configuração urbana no microclima, que são influenciados pela legislação construtiva e são capazes de gerar parâmetros para um planejamento urbano climaticamente responsável, o Fator de Visão de Céu (FVC) e a Massa Construída (MC).

Dos Santos, Lima e Assis apud Vilela (2005:707) procuraram, a partir de seus estudos, confirmar os efeitos climáticos como a diminuição da amplitude climática em um dia, a partir do acréscimo de massa construída *“já que as construções armazenam parte do calor do balanço energético durante o dia, dissipando-o à noite. Dessa maneira, locais mais adensados tendem a apresentar menores picos de temperatura”*.

Com o objetivo de facilitar a compreensão da geometria das parcelas urbanas estudadas e o cálculo da *massa construída*, foi desenvolvida uma volumetria das parcelas analisadas em cada ponto.





### 5.5.2- FATOR DE VISÃO DE CÉU

O *fator de visão de céu* permite constituir um parâmetro entre a influência da geometria urbana na amplitude do campo de abertura da abóboda celeste em relação a um observador na superfície da terra, gerando, a partir de um modelo geométrico, representado pelo diagrama de fator de forma, um quantitativo para a obstrução do céu do ponto de vista de um observador.

A quantidade de obstrução da abóboda celeste, a partir das massas construídas, torna-se um fator determinante na perda de calor por ondas longas, pois interfere na capacidade de resfriamento do recinto urbano conforme avalia Vilela (2005).

Importante lembrar que, em determinados locais, esta obstrução constitui uma maior superfície de sombreamento, o que define um maior recorte na carga térmica direta nas superfícies locais, por conseguinte, diminui a temperatura, quando este aumento da obstrução ocorre em conjunto com a obstrução no nível da rua das massas de ar, somando ao aumento demasiado de inércia térmica devido à densidade dos materiais construtivos esta perda por sombreamento não determina uma diminuição de temperatura.

Algumas intervenções nas massas edificadas como a constituição de elementos vazados que permitem a livre passagem dos ventos, e a adoção de materiais e cores mais apropriados com uma verticalização controlada e mais esparsa podem gerar modelos mais apropriados a climas como o equatorial, pois a verticalidade em si só, nem sempre, é responsável por incremento de temperatura local.

A intensidade da verticalização e da densidade construída em parcelas urbanas determina uma obstrução da abóboda celeste, quando essa obstrução passa a criar um padrão definido pela grande verticalização gera uma calha urbana profunda que é conhecida como *Canyon Urbano*<sup>16</sup>.

VILELA (2005), no seu estudo que aplica o *fator de visão de céu* e massa construída como elementos de estudo da componente urbana para Belo Horizonte, caracteriza a influência do *canyon* urbano em uma cidade.

*A geometria urbana das cidades é caracterizada por um elemento repetitivo chamado canyon urbano, que é definido como espaço tridimensional, formando por uma rua e os edifícios que a ladeiam. Os canyons urbanos restringem a visão do céu, caracterizada pelo FVC (Fator de Visão de Céu), causam reflexões múltiplas da radiação solar e restringem o movimento do vento* (VILELA, 2005:59).

O aumento da verticalidade e da densidade de determinada parcela urbana favorece o aumento de absorção da radiação direta, devido o aumento de área superficial exposta à radiação direta, também ocorre uma diminuição da transferência de calor por convecção com conseqüente perda de calor por ondas longas.

Este fator se torna mais evidente em locais como Belém, o que comprova a citação:

*O deslocamento das massas de ar na região a qual se encontra a cidade de Belém determina uma direção predominante dos ventos de Norte e Nordeste, sendo estes com baixa velocidade anual, variando entre 1.0 e 2.0 m/s, com menores intensidades ocorrendo no período de maior precipitação pluviométrica* (LÔLA, 1998).

O *fator de visão de céu* se constitui, assim como a massa construída, em uma das principais técnicas de análise da relação entre espaço construído e ambiente natural, capaz de quantificar e predizer a influência da densidade e verticalidade no microclima de parcela urbana.

Uma das formas de medir e quantificar esta interferência das massas construídas no microclima é medir a obstrução do céu em pontos de estudo determinados.

---

<sup>16</sup> Forma geométrica conformada pelas edificações de alto gabarito com a proporção da calha das ruas nos ambientes urbanos característicos de grandes cidades

O nível de obstrução do céu, não necessariamente, indica uma parcela urbana com grande verticalidade, mas indica uma maior ou menor proporção de profundidade da calha urbana, que é determinada pela relação da largura das vias de veículos e de pedestres, pela altura e afastamentos das edificações que compõem esta malha urbana.

Uma rua, então, com pequena largura e calçamento estreito não necessariamente precisaria de edificações com alta verticalidade para ter uma grande porção de céu obstruído, sendo este um dos principais fatores para definição de pontos de estudo no Bairro da Cidade Velha, que possuem esta tipologia.

Mesmo em vias mais largas, o grande trajeto do pedestre, normalmente dá-se nos calçamentos laterais às proximidades das edificações e não em canteiros centrais os quais ficam em faixas com menores obstruções de céu.

Outro elemento importante a ser considerado dentro deste contexto é a presença de obstrução devido à massa vegetada, que possui propriedades de menor acúmulo de carga térmica e, portanto, produz maior área de obstrução do céu com menor acúmulo de carga térmica, além de não se tornar obstrução à passagem das massas de ar, favorecendo as trocas por convecção.

Para aplicação desta técnica, utiliza-se o método geométrico para cálculo de fator de forma, a partir do diagrama característico de padrão de céu encoberto, que é o caso de Belém que está na Norma NBR 15215-03.

### 5.5.3- RECORTE DE CARGA

Para realização do recorte de carga, utilizam-se os programas LUZ DO SOL 1.1<sup>17</sup> e ARQUITROP 3.0<sup>18</sup>, que fornecem os valores de incidência de carga térmica direta nas superfícies e de nebulosidades respectivamente, em várias cidades brasileiras, dentre elas, Belém, a partir das normais climatológicas das últimas décadas.

Do programa LUZ DO SOL 1.1 foram extraídos valores de incidência de radiação sobre a superfície das coberturas, já que se trata de estudo de

---

<sup>17</sup> LUZ DO SOL é um programa para estimar o Calor e a Luz provenientes do Sol, nossa principal fonte natural de Energia. Foi desenvolvido através de linguagem Microsoft Visual Basic, versão 2.0.

<sup>18</sup> ARQUITROP é um sistema integrado de ferramentas computacionais e bancos de dados que simula o desempenho térmico e verifica a adequação climática de edificações

área urbana no plano horizontal e do programa ARQUITROP 3.0 foram utilizados os valores de nebulosidade médios dos meses em que foram realizados os experimentos.

Dentro da plataforma do programa Luz do Sol, são inseridos os dados referentes ao município de Belém para os dias pretendidos, então o programa gera uma planilha com a carga térmica estimada para este dia. Optou-se por obter os valores de carga térmica com e sem a nebulosidade média para o dia escolhido, a partir destas duas planilhas, há capacidade de definir o recorte de carga térmica devido ao sombreamento médio.

O recorte de carga térmica é definido através da redução de carga térmica incidente sobre a superfície do solo por metro quadrado, pode ser resultado do sombreamento por vegetação, edificações, ou dispositivos tipo Brise Soleil e ou nebulosidade.

Com a planilha em mãos e de posse das fotos tiradas com lente angular olho de peixe em cada ponto de parcela urbana em estudo, pode-se realizar o recorte de carga considerando a obstrução de céu devido à massa construída, através da sobreposição do diagrama de trajetória solar na foto. Com a sobreposição do diagrama de fator de forma, determina-se um valor de obstrução da abóboda celeste, definindo a porcentagem encoberta e em quais horários essa obstrução ocorre.

A técnica de recorte de carga térmica, juntamente com o valor da massa construída e a obstrução de céu, na parcela urbana, mais os valores de temperatura obtidos nos pontos estudados, aproximam de interferência da morfologia urbana nos padrões de temperatura quando se busca a comparação entre os mesmos.

Os recortes de carga permitem apurar a importante interferência do sombreamento nas superfícies de cidades localizadas próximo à linha do equador em relação ao acentuado recorte de carga térmica que proporciona, além do recorte de carga que ocorre em função das massas construídas.

É importante, porém, lembrar que a trajetória solar em Belém devido sua proximidade da linha do equador tem pouca amplitude angular, ao longo do ano, estando próximo dos 90° o que determina, no geral, menor obstrução em função da massa construída.

Devido ao seu clima equatorial de vale, em Belém, juntamente com os altos índices de umidade, concentração de massas de água as suas proximidades e a vegetação abundante ao seu redor, a variação de temperatura anual é pequena, este fator é descrito por LÔLA (1998).

*Devido às características de elevada umidade relativa do ar associada com a grande disponibilidade de energia solar anual, a nebulosidade média mensal é elevada durante grande parte do ano, sendo que em nenhum dos meses o seu valor médio é inferior a 5/10 da abóboda celeste. Nos meses mais chuvosos a nebulosidade média chega a alcançar valores da ordem de 8/10. Em termos anuais, o seu valor médio é de 6/10, valor este considerado bastante elevado (LÔLA, 1998).*

Este parâmetro bem característico da região, defini um recorte de carga bem acentuado, devido ao filtro que impõe a radiação solar direta diminuindo a quantidade de carga absorvida pela superfície da cidade ao longo do ano, ocorrendo de forma mais intensa nos meses de Fevereiro e Março, os quais são registrados as menores temperaturas do ano.

Para efeito de recorte de carga térmica, é adotado o valor de 100 W/m<sup>2</sup> quando determinamos o sombreamento devido obstrução do céu, seja por massa construída ou massa vegetada, a definição para a aplicação deste valor decorre da radiação difusa incidente presente em superfícies com obstrução de céu.

#### 5.5.4- INFRAVERMELHO

Foram realizados sobrevoos sobre a cidade Belém, nas datas de 24 de Março, 22 de Junho e 21 de setembro, com câmera fotográfica que captura imagens em infravermelho, sendo realizadas fotos aéreas de todas as parcelas urbanas analisadas neste estudo. Estes sobrevoos fizeram parte do projeto de pesquisa denominado *Condicionantes Ambientais Urbanas em Clima Tropical Quente-úmido na Amazônia Expressos em Indicadores Microclimáticos e Acústicos na Cidade de Belém, Pará*, com a coordenação dos professores doutores da FAU-UFPA<sup>19</sup> Ana Cláudia Duarte Cardoso (coordenadora) e Irving Montanar Franco (subcoordenador).

---

<sup>19</sup> Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Pará.

Nos meses de Janeiro e Junho de 2012, foram registradas imagens em infravermelho no nível de observador à altura do solo na parcela do Largo do Carmo.

Estas imagens puderam confirmar alguns padrões de aquecimento superficiais diferenciados nos diferentes tipos de superfície variando de acordo com o material encontrado, destacando-se as superfícies de vias com pavimentação asfáltica, e alguns tipos de coberturas de edificações, em sua maioria com telhas de fibrocimento ou telha de zinco, que, quando expostas à radiação, devido seu ângulo de exposição e propriedades térmicas, acumulam, muito rapidamente, esta radiação, reirradiando para região as proximidades.

No ponto do Largo do Carmo, a partir das imagens no nível do solo, fica evidente a contribuição do sombreamento da massa vegetada, assim como, sua temperatura mais baixa na altura das copas em relação às superfícies mais próximas, além disso, também se pode observar que, nas vias pertencentes a esta parcela urbana, ocorre o efeito direto do sombreamento, registrando menores temperaturas nas superfícies mais sombreadas.



Figura 16: Imagem infravermelho Rua Dr. Assis com Tv. Joaquim Távora, Cidade Velha. Fonte: Irving Franco, 2012

Figura 17: Imagem Infravermelho Tv. Joaquim Távora em direção ao largo do Carmo, Cidade Velha. Fonte: Irving Franco, 2012



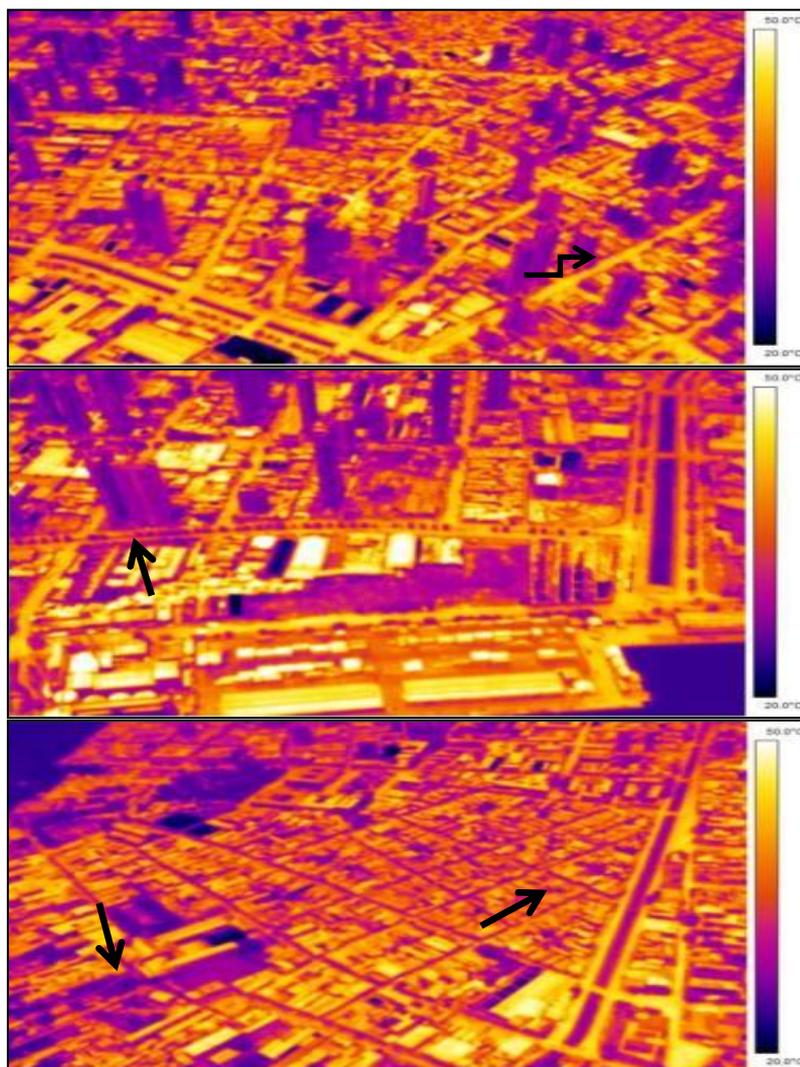
Figura 18: Montagem de imagens infravermelho, tiradas no Largo do Carmo, Cidade Velha  
Fonte: Irving Franco, 2012

Na imagem do sobrevoo, também se destaca o Largo do Carmo em relação ao seu entorno, apresentando temperatura superficial mais baixa. Demais campos vegetados, como o largo do Carmo apresentam também temperaturas superficiais mais amenas.

Percebe-se que as ruas mais estreitas aparecem mais frias e as mais largas aparecem mais quentes.

Como exemplo, têm-se as imagens realizadas no dia 21 de Setembro de 2012, nas quais se podem identificar os quatros pontos e suas parcelas urbanas. As imagens em infravermelho, do bairro do Umarizal, apresentam vias mais largas com maior aquecimento, já na imagem do Bairro da Cidade Velha pode ser verificado o efeito de sombreamento devido estreitamento das vias.

Imagens térmicas em infravermelho Capturadas em Sobrevoo realizado no dia 21 de Setembro de 2012:



Figuras 19: Imagens térmicas infra vermelhas Antônio Barreto e Pedro Álvares Cabral no Umarizal e Largo do Carmo, Pedro Albuquerque Cidade Velha em 21 de setembro de 2012 Fonte: Irving Franco, 2012

Na imagem em que aparece o trecho mais a oeste do bairro da Cidade Velha e que aparecem os dois pontos situados neste bairro, podemos observar a diferença substancial da temperatura superficial do ponto da Pedro Albuquerque em relação ao ponto do Largo do Carmo no momento da captura da imagem, também fica claro que o trecho que corresponde à arborização presente na Praça do Carmo se destaca com uma cor mais escura que determina a menor temperatura superficial, sendo inclusive uma das menores deste campo de imagem.

No campo de imagem onde se localiza o ponto da Pedro Alvares Cabral, pode-se observar a influência da proximidade e da edificação de alto porte e da arborização da via na redução da temperatura superficial, também pode ser notado que, em boa parte do campo, as vias, mesmo as mais largas, não apresentam temperaturas superficiais das mais elevadas dentro da escala estabelecida para leitura, o que também pode determinar influência da ventilação no local ou, simplesmente, superfície umedecida por chuva.

No campo da imagem onde se localiza o ponto da Antônio Barreto, fica, bem claro, a maior temperatura superficial da via, vegetação quase inexistente e, portanto, nenhum efeito de massa vegetada, via mais larga em pavimentação asfáltica o que determina maior temperatura superficial no local, sendo que este é o ponto juntamente com o ponto da Pedro Albuquerque que apresenta maiores registros de temperatura do ar.

O imageamento térmico se constitui em uma ferramenta de leitura das temperaturas superficiais e entendimento dos processos de trocas térmicas locais que podem confirmar os parâmetros de técnicas de análise do balanço energético e conforto ambiental urbano e aumentar a resolução dos mesmos, apresentando imagens para descrição e entendimento do processo.

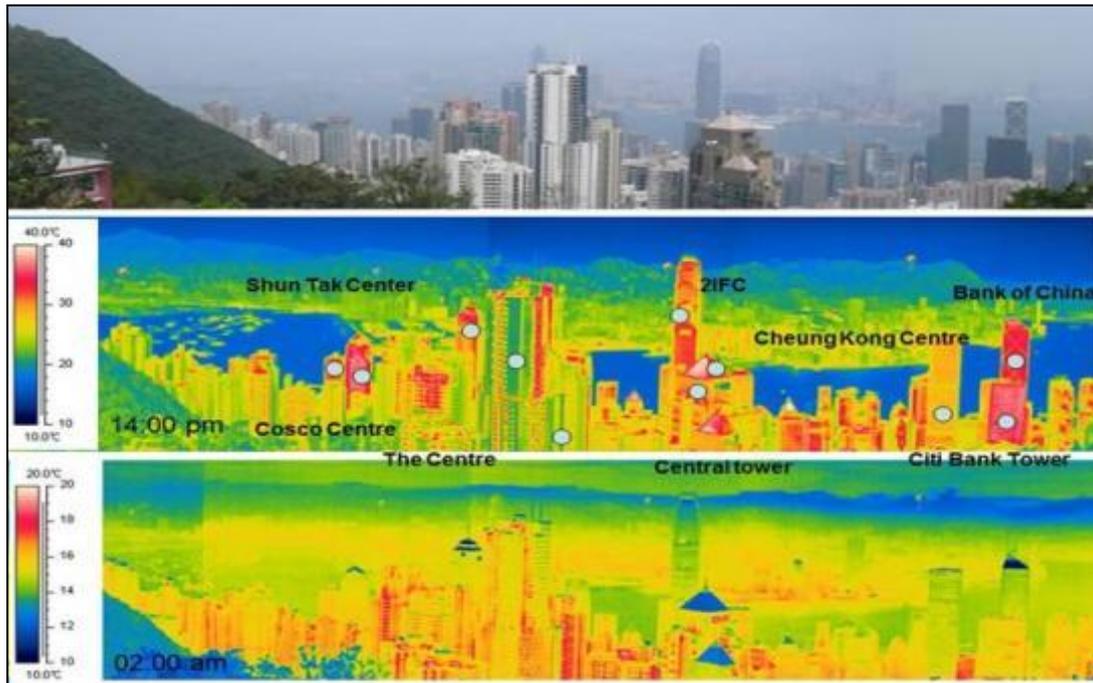


Figura 20: Como exemplo de contribuição das imagens térmicas para os estudos de aquecimento superficial em área urbana temos as imagens térmicas infravermelhas mostrando a mudança das temperaturas das superfícies urbanas de Hong Kong as 14:00h e 02:00h Fonte: YANG e LI, 2009.

## 6. OBJETO DE ESTUDOS

De acordo com Rossi (1995), a área de estudo seria uma porção da área urbana que pode ser definida ou descrita, como uma parcela urbana, um bairro ou ainda uma seção transversal da cidade.

O município de Belém encontra-se localizado entre as latitudes 1,03° mais ao norte e 1,31° mais ao sul de latitude e 48° 29' longitude, o crescimento inicial se deu em terras mais baixas na região sudoeste, a partir do forte do Presépio, ponto inicial da ocupação da cidade.

Sua porção mais ao sul está localizada a 120 km de distância do Oceano Atlântico e a porção, mais ao norte, localizada a 70 km aproximadamente.

Grandes massas d'água com faixa de orla que contando somente a parte continental mais as Ilhas de Caratateua e Mosqueiro que se estende por, aproximadamente, 85 km de extensão, se esta for somada às demais faixas de orla das Ilhas do Combú, Murutucu e Cotijuba, este comprimento chega a, aproximadamente, 150 km, valor significativo na caracterização da cidade.



Figura 21: Imagem Município de Belém com marcação dos limites.  
Fonte: Google Earth

A partir dos bairros da Cidade Velha e da Campina, a cidade começou a se expandir, seguindo terras mais altas, iniciando a ocupação e formação dos bairros de Reduto, Batista Campos, Nazaré, São Brás, Fátima, Pedreira, Marco e trecho do Umarizal.

Num momento mais recente, esse traçado continuou seguindo o caminhar das terras mais altas, que é representada pela extensão da Av. Augusto Montenegro sentido distrito de Icoaraci, ou seja, a cidade se expande rumo ao norte para unir sua mancha urbana central à nucleação localizada no centro de Icoaraci, antiga Vila Pinheiro.

A área, dita centralizadora da cidade ao sul, expandiu-se e passou a ser considerada toda a primeira légua patrimonial, esta região exauriu suas terras, fato que pode ser identificado claramente a partir de imagens aéreas de satélite sobre a cidade, fazendo exceção somente à área de preservação ambiental ao entorno do manancial do Utinga, e ao bairro universitário devido às áreas dos campi universitários não ser densamente construídas.

A cidade em sua extensão ainda preserva alguns bolsões de área verde entre a área centralizadora atual (1ª légua patrimonial) e o novo centro, constituído no eixo de expansão (Bairro do Parque Verde, Av. Augusto Montenegro sentido distrito de Icoaraci).

Verifica-se um processo de verticalização desta área, a qual deve ser apontada como próximo passo do desenvolvimento dos estudos de padrões de conforto térmico.

O Bairro da Cidade Velha faz compreender a forma de ocupação e os padrões ambientais da morfologia inicial da cidade, o bairro do Umarizal seria o modelo presente tardio, pois, em Belém, vem-se desenvolvendo, de forma mais intensa, somente agora, o que ocorreu nas décadas de 70, 80, e noventa em muitas das cidades de grande concentração populacional do Brasil, e o Bairro do Parque verde aponta para uma tendência de crescimento mais atual, padrão observado a partir dos anos 90 e 2000, em grandes cidades brasileiras.

De certa forma, este padrão de crescimento da cidade de Belém em muito não diverge de alguns dos modelos atualmente propostos de compactação de moradias, comércio e serviços, polinucleados com cinturões verdes, favorecendo as trocas térmicas e diminuindo a faixa de domínio das Ilhas de Calor, porém não ocorrendo de forma qualitativa sem um planejamento

adequado que propicie um balanço energético mais favorável e um conforto térmico adequado para a população.

Esta nova área de crescimento da cidade surge justamente em uma das faixas de maior cota da cidade Av. Augusto Montenegro no sentido transversal a ventilação predominante, fator que, no decorrer dos anos, caso não sejam desenvolvidos modelos de análise do desenvolvimento ambiental urbano, pode exercer influência nos padrões de conforto térmico da cidade.

A primeira légua patrimonial, porém, ainda é a área da cidade que atrai maiores interesses de investimento tanto público como privado, portanto existe grande interesse de aquisição de bens. Não podendo mais construir grandes empreendimentos em grandes terrenos o mercado imobiliário passou então a produzir em maior escala as edificações de múltiplos pavimentos e grande gabarito para atender a esta demanda, processo semelhante ao que vem ocorrendo em cidades com grande concentração populacional há um século e meio.

Ao se eleger os bairros do Umarizal e da Cidade Velha, estes apresentam a ponte temporal entre o século XIX e o presente, em termos de urbanização.

Alguns fenômenos recentes de transformação da paisagem urbana em Belém corroboram para a escolha das parcelas urbanas adotadas para objeto de estudos deste trabalho dentro dos bairros da Cidade Velha e do Umarizal e que irão influenciar, definitivamente, na morfologia do bairro.

A Cidade Velha passa por um processo de abertura de orla do rio Guamá, iniciando dentro do bairro e prosseguindo através do bairro do Jurunas até chegar próximo da divisa com o bairro do Condor, prosseguindo com a reforma da Av. Bernardo Sayão até o bairro Universitário passando pelo bairro do Guamá.

Já o bairro do Umarizal, mais especificamente próximo a sua faixa de orla na Av. Pedro Álvares Cabral e algumas vias transversais como exemplo Tv. Almirante Wandenkolk, Tv. Dom Romualdo de Seixas e Tv. Dom Romualdo Coelho, na última década, vem passando um intenso processo de verticalização, aumentando consideravelmente os gabaritos do bairro e o adensamento construtivo, devido, principalmente, ser um bairro de expansão do área central urbana de Belém.

Da forma como foi descrito por Rossi (1995), *“Admitindo a cidade como sistema espacial formado por várias partes com características próprias”*, podem-se caracterizar as parcelas urbanas (nas quais ocorrem os diferentes) microclimas e compreender que os efeitos decorrentes na maioria dos casos são pontuais, ou seja, específico de cada parcela.

Essas mudanças de concepção do território urbano podem nos apontar cenários futuros capazes de promover um entendimento maior da influência deste tipo de intervenção, porém, desta vez, com parâmetros consistentes reais com locais de análise definidos e não somente através de deduções e aproximação por conceitos. Assim estabelecendo uma mensuração diferencial e potencializando leituras de causa efeito.

## 6.1. OBJETO 01 - PARCELA URBANA CIDADE VELHA

Limites, de acordo com a lei municipal que define os limites dos bairros da cidade de Belém (Lei dos Bairros), compreende a área envolvida pela poligonal que tem início na interseção da margem oriental da Baía do Guajará com a Av. Portugal, segue até a Rua João Diogo, a partir da qual passa a se chamar Rua Desembargador Ignácio Guilhon, segue por esta até a Av. Almirante Tamandaré, onde passa a receber a denominação de Av. 16 de Novembro, segue até sua interseção com a Rua Cesário Alvim, flete à direita e segue por esta e por seu prolongamento até encontrar a margem direita do Rio Guamá, Flete à direita e segue até o início da poligonal.

O Bairro da Cidade Velha em parcela urbana na área de orla da cidade na transição do rio Guamá com a Baía do Guajará, além de fazer parte da área de transição entre espaços da cidade com ocupação mais espontânea e outra mais planejada, possui características volumétricas propícias para desenvolvimento de estudos térmicos de acordo com as hipóteses acima citadas. Portanto foi escolhida esta parcela urbana com a função de gerar parâmetros comparativos com as parcelas urbanas do Bairro do Umarizal que está situada na Baía na transição da cidade antiga com os novos eixos de desenvolvimento da cidade ao norte.



Figura 22:  
Imagem aérea  
Bairro da Cidade  
Velha- Belém-  
PA  
Fonte: Google  
Earth



Figura 23:  
Imagem aérea  
Ponto: Largo do Carmo  
Localização: Tv. Dom Bosco entre Tv. Doutor Assis e Rua Siqueira Mendes.  
Fonte: Google Earth



Figura 24:  
Imagem aérea  
Ponto: Pedro Albuquerque  
Localização: Tv. Capitão Pedro Albuquerque com Tv. Major Rodrigues dos Santos.  
Fonte: Google Earth

Nos bairros da Cidade Velha e Campina (Comércio), além de trecho do Reduto, é onde estão presentes os primeiros modelos de traçado, forma de vias e edificações urbanas característicos do período colonial e fins do século XIX, início do século XX.

A Cidade Velha na sua porção ao norte da Av. Tamandaré até a Rua Des. Ignácio Guilhon e sua extensão pela Av. Dezesesseis de Novembro, possui uma morfologia urbana com característica que a torna juntamente com o bairro da Campina o centro histórico de Belém.

Dentro desta área que compreende o centro histórico, é justamente a região da cidade que preservou as características de ocupação dos espaços urbanos da segunda metade do período colonial no Brasil.

A forma como Penteado (1965) descreve a os Bairros da Cidade Velha e da Campina na década de 60 demonstra que as mudanças até os dias atuais foram pequenas e caracteriza bem a morfologia dos Bairros com seus padrões volumétricos bem definidos.

*O coração da cidade possui a característica de não ser arborizado e de estar totalmente edificado, chegando às casas até o alinhamento da rua; a maioria tem um andar, além do térreo; excepcionalmente, mais dois ou três, como acontece no amplo de edificações que ocupa o Boulevard Castilhos França, voltado para as águas da Baía do Guajará. (PENTEADO, 1965:225)*

Algumas das características que compõem este modelo e que acabam determinando ou contribuindo para as relações de trocas térmicas entre os materiais e o meio, como citadas anteriormente: ruas e calçamento estreitos, edificações em sua maioria de 2 (dois) pavimentos e com gabarito mais alto que o atual, muitas casas com porão habitado ou não, edificações em sua maioria unidas ou geminadas, ausência de áreas verdes nas vias e concentração em largos e praças.

Essas características possuem alto potencial de interferência no armazenamento e dissipação de energia térmica.

BRUAND (2010) descreve a conformação urbana do Brasil colonial “As primeiras ruas se apresentavam estreitas, um recurso muito utilizado na arquitetura colonial para impedir a penetração de radiação solar intensa e o combate das altas temperaturas”.

São observáveis estas características em grande trecho da Cidade Velha permanecendo as mesmas, o que ocorre é a alteração de fachadas e alguns casos de toda a edificação, porém as características de alta densidade, com homogeneidade construtiva e do gabarito predomina em todo o Bairro. A partir do momento em que este bairro passou a constituir o Centro Histórico do Município de Belém com tombamento nas esferas municipal e federal a tendência é que tais características morfológicas prevaleçam ainda por muito tempo.

Com este ponto de vista, o bairro possui características morfológicas importantes para aplicação de técnicas de análise térmica do meio urbano, pois preserva características morfológicas coloniais o que possibilita gerar modelos para análise comparativa com o momento atual e ainda projetar um modelo preditivo.

## 6.2. OBJETO 02 - PARCELA URBANA UMARIZAL

Limites de acordo com a lei municipal que define os limites dos bairros da cidade de Belém (Lei dos Bairros): Compreende a área envolvida pela poligonal que inicia na interseção da margem direita da Baía do Guajará com o a Trav. José Pio, segue por esta até o Canal Antônio Baena, pela Trav. Antônio Baena até a Av. Marquês de Herval, flete à direita e segue até a Pass São Joaquim, flete à direita e segue até Trav 9 de Janeiro, flete à esquerda e segue até a Rua Boaventura da Silva, flete à direita e segue até Av Visconde de Souza Franco, flete à direita e segue até a margem direita da Baía do Guajará, flete à direita e segue até o início da poligonal.



Figura 25:  
Imagem aérea  
Bairro do Umarizal-  
Belém-PA  
Fonte: Google  
Earth



Figura 26:  
Imagem aérea de  
Ponto: Antônio  
Barreto  
Localização: Rua  
Antônio Barreto  
entre Tv. Almirante  
Wandenkolk e  
Tv. Dom Romualdo  
de Seixas.  
Fonte: Google  
Earth



Figura 27:  
 Imagem aérea  
 Ponto: Pedro  
 Alvares Cabral  
 Localização: Av.  
 Pedro Alvares  
 Cabral, entre  
 Tv. Almirante  
 Wandenkolk e Tv.  
 Dom Romualdo de  
 Seixas.  
 Fonte: Google  
 Earth

O bairro do Umarizal, que outrora pertencia à área de transição do centro urbano do início do século XX, apresentava parcelas com características de áreas periféricas da cidade, pois se tratava da periferia do centro e, como tal, possuía em suas bordas características similares às áreas de expansão próximas a sua borda.

Às proximidades do bairro de Nazaré, o bairro se desenvolveu sobre a influência do modelo urbanístico aplicado nas áreas centrais da cidade, com vias mais largas, quarteirões mais regulares e intensa arborização, outras características do centro antigo da cidade que se localizava na cota mais alta da primeira légua patrimonial onde se encontravam as terras mais firmes e pouco sujeitas a alagamentos.

Justamente esta borda localizada mais próximo da área central da cidade foi a que primeiramente concentrou a verticalização no bairro. Com o novo momento de verticalização, o Umarizal e, mais especificamente, a região outrora mais periférica do bairro é onde se concentram os maiores investimentos da construção civil em edificações de grande gabarito da cidade.

De verticalização recente, podem-se citar quatro vias que começam a apresentar um adensamento de edificações de alto gabarito: Av. Pedro Alvares Cabral, Av. Senador Lemos, Rua Dom Romualdo de Seixas e Dom Romualdo Coelho, que, num futuro próximo, podem constituir *canyons* urbanos.



Figura 28:  
Edifícios Tv.  
Dom Romualdo de  
Seixas a partir da  
Rua Antônio  
Barreto.  
Via com potencial  
para formação de  
*canyon* urbano  
Fonte: Dorival  
Pinheiro, 2012

Nos últimos 10 (dez) anos, o bairro do Umarizal apresentou um incremento aproximado de 50 prédios de alto gabarito, entre lançamentos e os que já estão em construção no bairro por volta de mais 50 com alto gabarito, atualmente, o bairro é o de maior processo de verticalização da cidade, com prédios tanto residenciais, quanto comerciais.

Todo esse processo de verticalização dos últimos anos vem suscitando uma preocupação de diversos setores da sociedade belenense quanto ao possível acréscimo de temperatura na cidade, como reflexo de possível interferência na área continental em relação aos deslocamentos da massa de ar originária da faixa de orla da baía do Guajará.

Esta maior concentração de edificações de alto gabarito na faixa da orla e em suas proximidades poderia interferir na ventilação como processo de deslocamento de massa de ar entre orla e continente, pois as proximidades de grandes massas de águas propicia o equilíbrio de temperatura e quanto mais se dirigir ao continente o que ocorre é uma maior amplitude térmica devido à propriedade térmica da água que determina um atraso das trocas térmicas entre a massa de água e o ar superficial.

Com esse diferencial, surgem as brisas continente sentido orla, e orla sentido continente que contribuem para transporte de carga de área urbanizada juntamente com a ventilação predominante. Este deslocamento de massas de ar proporciona uma perda de carga térmica, ou seja, diminui a temperatura

local, fator primordial para regiões de clima quente e úmido, com baixa latitude e ainda mais com pequena variação de altitude em planície como é o caso de Belém.

A grande concentração de edificações com alto gabarito direciona a parcela urbana para os fenômenos já conhecidos e muito estudados como formação de cânion urbano e ilhas de calor.

## 7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICAS APLICADAS

Algumas técnicas de leitura do conforto ambiental em parcelas urbanas foram escolhidas para realização deste trabalho como descrito no capítulo 6.5, e para a **massa construída** algumas adaptações foram implementadas devido às características construtivas locais, dentre elas podem ser citadas:

- O valor atribuído para a espessura da superfície de fechamento vertical na Cidade Velha foi de 35 cm, por estas parcelas urbanas escolhidas, dentro da área de estudo serem compostas por edificações do século XIX e início do século XX, as quais possuíam como caracterização construtiva paredes de maior espessura que as atuais.

- O valor da densidade tanto do material de fechamento vertical como horizontal das edificações da cidade velha também foram adaptados devido à mudança de material das superfícies verticais de concreto para tijolo cerâmico, e devido à constatação que várias das edificações possuem pelo menos uma das superfícies horizontais em madeira e não em concreto, o valor médio calculado então foi de <sup>20</sup>1750 Kg/m<sup>3</sup> para as superfícies horizontais.

- Mais uma adaptação ocorrida no Bairro da Cidade Velha foi à altura dos pavimentos sendo adotada, em média, 3,50m devido às características construtivas da maior parte das edificações das parcelas do Bairro estudadas.

- Da mesma forma que foi adaptada à espessura e a densidade da superfície vertical na Cidade Velha, também foram adaptados os valores para o Bairro do Umarizal, passando a ser considerado tijolo cerâmico com densidade de 1300 Kg/m<sup>3</sup> e 15 cm de espessura.

Foi feita a escolha desta técnica de análise, pois através dela, como descreve Vilela (2005), é possível correlacionar o aumento de massa construída com o aumento de temperatura através da redução da velocidade do vento, por aumento da rugosidade associada à baixa permeabilidade, permitindo compreender os efeitos do armazenamento de energia nas construções e sua relação com o meio urbano, além de tornar viável uma predição em relação a um potencial aumento de temperatura em função do padrão construtivo de uma cidade através dos modelos previstos para ocupação do solo urbano.

---

<sup>20</sup> Foi realizado um cálculo de composição das densidades do concreto armado 2500 Kg/m<sup>3</sup> com a madeira 1000 Kg/m<sup>3</sup>

Para realização da contagem de massa construída, foi utilizada imagem de satélite do programa *Google Earth*<sup>21</sup> como sobreposição aos mapas do município de Belém em plataforma *CAD*<sup>22</sup>. Já os valores atribuídos aos gabaritos, que correspondem à altura do fechamento vertical, foram adquiridos em campo, através do levantamento da quantidade de pavimentos das edificações, tanto no Bairro da Cidade Velha, quanto no Bairro do Umarizal.

Para efeito de cálculo de massa construída das parcelas urbanas, foram computados os valores dos prédios em construção com pelo menos uma laje, considerando que estes já exercem influência direta no microclima e que, em pouco tempo, estarão com sua massa completa terminada.

O **Fator de Visão de Céu** que é representado por um fracionamento da abóboda celeste e quantifica a porcentagem de obstrução do céu visível, é um instrumento capaz de definir, quando associado ao diagrama de trajetória solar, os períodos os quais a radiação solar direta não incidirá em um determinado local, e permite saber em quais períodos do ano as superfícies naturais ou construídas receberão radiação solar direta.

Para aplicação desta técnica de análise, foram utilizados os diagramas com fatores de forma presente na norma NBR 15220-03 que trata de Iluminação Natural, e que permite quantificar a obstrução da abóboda celeste a partir de campos definidos por peso em função da sua localização em relação à abóboda celeste.

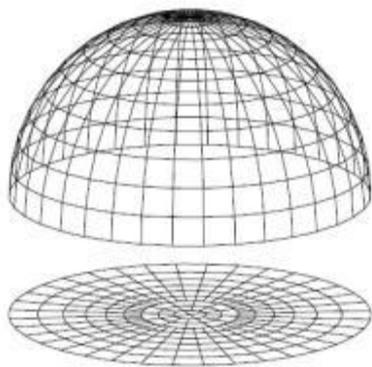


Figura 29: Hemisfera de raio unitário e sua projeção no plano horizontal  
Fonte: ABNT. NBR 15215-3

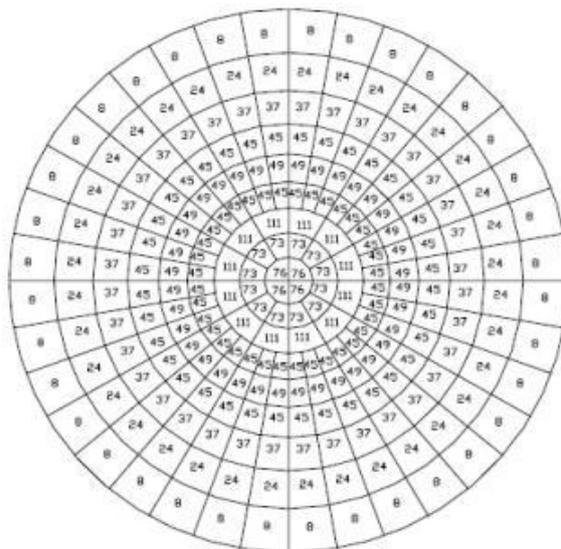


Figura 30: Diagrama de Fatores de Forma  
Fonte: ABNT. NBR 15215-3

<sup>21</sup> Software de acesso a imagens de satélites com ferramentas de navegação e pesquisa

<sup>22</sup> Ambiente computacional para realização de desenhos virtuais.

Para o caso específico deste estudo, foi utilizado Diagrama com fatores de forma, em função da característica de Belém de padrão de céu encoberto em quase todo o período.

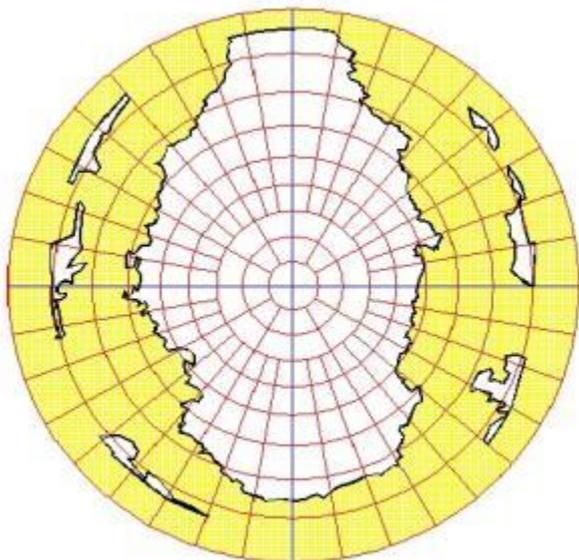


Figura 31: Obstrução do Céu Largo do Carmo –  
Bairro da Cidade Velha  
Fonte: Dorival Pinheiro, 2013

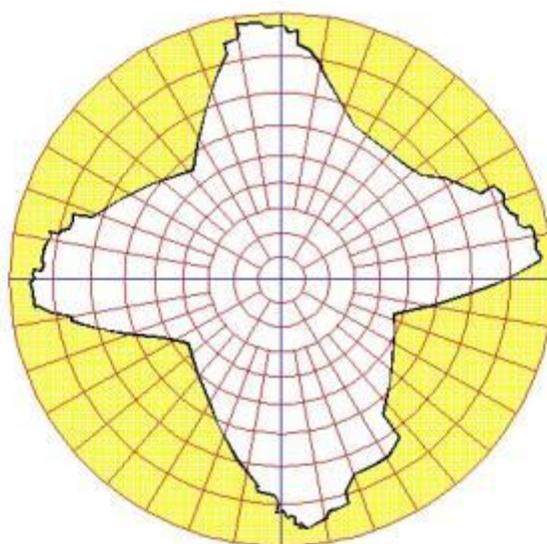


Figura 32: Obstrução do Céu Pedro Albuquerque –  
Bairro da Cidade Velha  
Fonte: Dorival Pinheiro, 2013

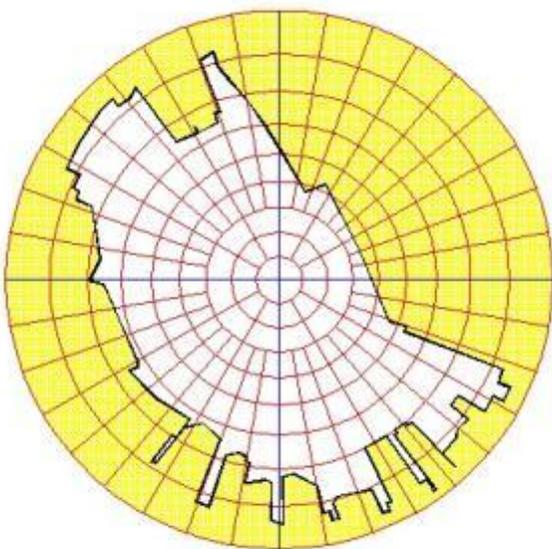


Figura 33: Obstrução do Céu Antônio Barreto –  
Bairro do Umarizal  
Fonte: Dorival Pinheiro, 2013

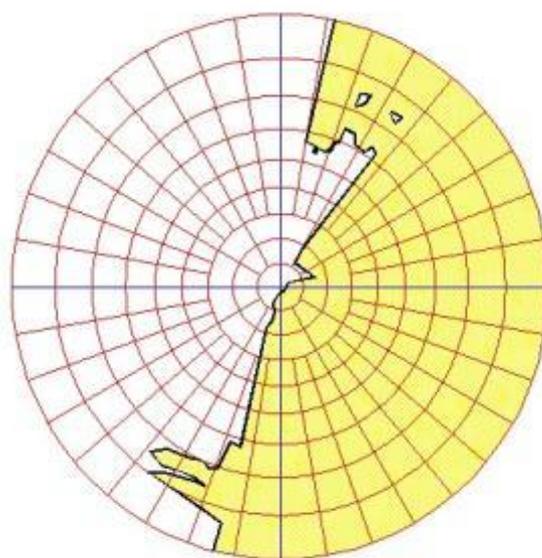


Figura 34: Obstrução do Céu Pedro Álvares Cabral –  
Bairro do Umarizal  
Fonte: Dorival Pinheiro, 2013

O **Recorte de Carga Térmica**, que assim como o fator de forma, é uma estratégia bastante aplicada para os estudos de conforto térmico em ambientes internos de edificações foi utilizado como uma ferramenta que permite complementar e quantificar os efeitos da obstrução do céu que pode ser fracionado a partir da aplicação do diagrama de fatores de forma gerando o *fator de visão de céu*.

O Recorte de carga foi obtido utilizando o diagrama de trajetória solar sobreposto as fotos obtidas em campo com lente angular olho de peixe (8 mm) de todos os pontos, dentro do ambiente CAD, propiciou a leitura da área de obstrução à radiação solar direta devido as massas construídas de cada local.

De posse desta informação, foi aplicado como parâmetro de entrada para geração dos dados no programa <sup>23</sup>LUZ DO SOL 1.1, foram utilizados os valores referenciais à Belém como latitude, nebulosidade média dos meses estudados (utilizando o banco de dados do ARQUITROP 3.0<sup>24</sup>), além da data dos experimentos. Com a inserção destes parâmetros foi solicitada a planilha que informa os valores incidência de carga térmica na superfície da localidade escolhida, aplicando o recorte no horário da obstrução e considerando valor de incidência de radiação por campo difuso, temos o recorte de carga térmica.

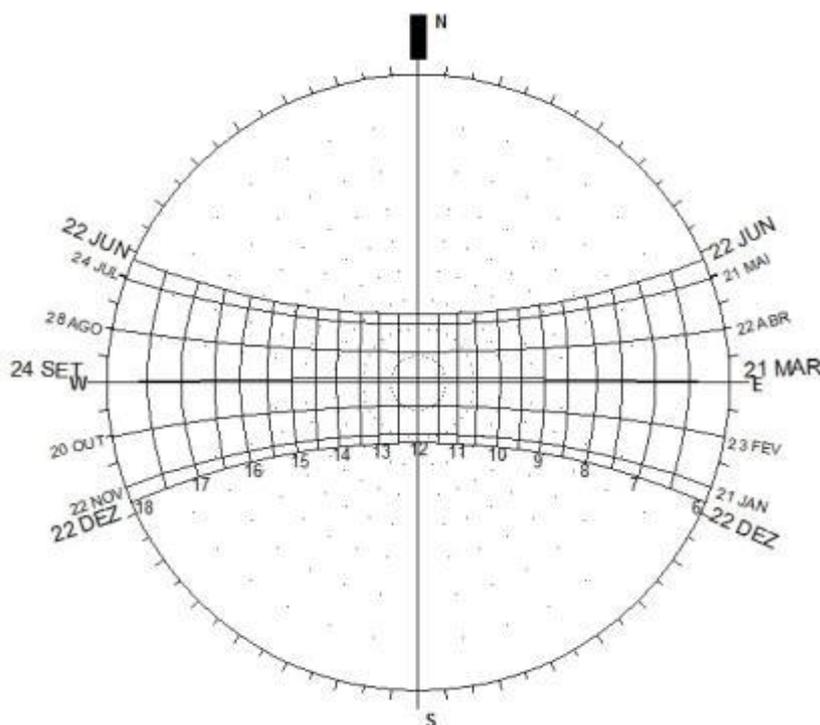


Figura 35:  
Diagrama de  
trajetória solar  
para Latitude 02°  
Sul (Belém)  
Fonte: Dorival  
Pinheiro, 2013

<sup>23</sup> Ferramenta computacional para cálculo de radiação solar e iluminação natural

<sup>24</sup> Sistema integrado de ferramentas computacionais e banco de dados que simula desempenho térmico

Esta quantificação permite realizar inferências em relação ao sombreamento, pois, ao serem atribuídas às médias mensais de nebulosidades, foi possível realizar estudos comparativos em relação ao sombreamento oriundo de edificações.

Estas formas de sombreamento definem recorte de carga térmica que resultam em redução da exposição das superfícies a radiação solar direta e, portanto reduzindo a carga térmica da parcela urbana.

Esta característica é muito importante de ser observada especialmente em regiões de baixa latitude como a de Belém, com altos índices de nebulosidade e grande variação na temperatura entre as condições ar-sombra e ar-sol.

A massa construída, defini o volume da área de estudo selecionada com as propriedades dos materiais, conferindo-lhe uma densidade. Esta densidade está diretamente relacionada à inércia térmica do conjunto, fator este, importante no entendimento das trocas térmicas.

De posse destes valores a aplicação da volumetria no diagrama fatores de forma permiti a quantificação da obstrução do céu na parcela urbana estudada, ou seja, torna quantificável a porcentagem de superfície que receberá radiação direta, porém para o refinamento desta informação foi acrescentada a aplicação do diagrama de trajetória solar que defini o recorte de carga térmica, a partir da trajetória solar ao longo do ano.

Estes três instrumentos juntamente com a aquisição em campo de imagem térmica das superfícies aplicados de forma sequenciada, são capazes de produzir os parâmetros necessários à leitura e análise das trocas térmicas superficiais locais e permitem a caracterização térmica da parcela urbana.

Somente com o perfil das parcelas urbanas definidas e os parâmetros quantitativos do desempenho térmico definidos é que podem ser desenvolvidos instrumentos urbanísticos capazes de gerar parâmetros baseados em valores que expressão a maior ou menor capacidade das superfícies urbanas de acumular e trocar calor com o meio.

A aquisição de dados no local, através da realização de experimentos, constitui parte da estratégia dos estudos, pois com a identificação e análise dos dados de campo, estes se tornam importantes para o conhecimento da interferência real do ambiente construído no local, o que gera subsídios para que sejam realizadas intervenções arquitetônicas e urbanas no meio construído ou natural, podendo com isso favorecer a qualidade ambiental na cidade.

Para o experimento de campo foram escolhidas 04 (quatro) parcelas urbanas as quais seriam aplicadas as técnicas de análise do balanço energético em parcela urbana, sendo 02 (duas) localizadas no Bairro da Cidade Velha e mais 02 (duas) no Bairro do Umarizal.

Estas parcelas urbanas possuem localização em relação às bordas do bairro e as proximidades da baía do Guajará as quais definem uma similaridade em relação as suas posições dentro do bairro.

Este Perfil de Análise foi escolhido dentro da área mais abrangente de estudo da orla do município de Belém, devido principalmente a dois fatores:

- No caso do Bairro da Cidade Velha a sua relevância e importância dentro do contexto morfológico da cidade por estar inserida na origem da formação urbana da cidade, com potencial para trazer respostas mais satisfatórias, pois o conhecimento do comportamento e dos efeitos produzidos na Cidade Velha conduz a um melhor entendimento em escala temporal do que vem ocorrendo atualmente nas áreas de ocupação mais recentes da cidade.

- O Bairro do Umarizal também foi escolhido por fornecer muitas das características importantes para a leitura do processo de desenvolvimento urbano se caracterizando em um padrão, que diferente da Cidade Velha, não é de continuidade dos padrões morfológicos ao longo do tempo e sim pela constante e acentuada mudança nos últimos anos.

Suas características morfológicas próprias de acordo com as hipóteses iniciais e que posteriormente foram confirmadas estão discriminadas na abaixo:

**Tabela 01: Caracterização Morfológica das Parcelas Urbanas**

Bairro do Umarizal		Bairro Cidade Velha	
Parcela Antônio Barreto	Parcela P. Alvares Cabral	Parcela Largo do Carmo	Parcela Pedro Albuquerque
Alta Densidade	Baixa Densidade	Baixa Densidade	Alta densidade
Baixa Compacidade	Baixa Compacidade	Alta Compacidade	Alta Compacidade
Verticalidade Baixa em grande parte com alguns pontos de alto gabarito	Baixa Verticalidade em quantidade com número crescente de altos gabaritos	Baixa Verticalidade	Verticalidade mais baixa ainda
Vias Largas	Vias Largas	Vias estreitas	Vias estreitas
Camada Limite alta se constituindo e em crescimento	Camada Limite alta se constituindo e em crescimento	Camada limite próxima do solo	Camada limite próxima do solo
Trânsito bastante intenso no horário em quase todo o período diminuindo somente após as 21:00h	Trânsito bastante intenso no horário em quase todo o período diminuindo somente após as 21:00h	Trânsito menos intenso no geral, porém com picos de intensidade próximo das 13:00h, nos dias de semana	Trânsito um pouco intenso no horário entre 8:00h e 14:00h durante a semana no restante do período, pouco intenso
Área de superfície exposta pelas coberturas más também pelas laterais de muitas edificações de alto gabarito	Área de superfície exposta pelas coberturas más também pelas laterais de muitas edificações de alto gabarito	Área de superfície exposta pela cobertura e pelas fachadas nos extremos	Área de superfície exposta pela cobertura e pelas fachadas nos extremos
Maior área de exposição para albedo devido vias mais largas das vias	Maior área de exposição para albedo devido vias mais largas das vias	Menor área de exposição para albedo devido estreitamento das vias	Menor área de exposição para albedo devido estreitamento das vias
Efeito de calha quase inexistente devido a grande variedade de gabaritos presentes nas duas laterais das ruas	Efeito de calha não existe devido desproporção na maioria das edificações em relação a largura da via, e variedade no gabarito das construções com uma das laterais bem maior que a outra	Efeito de calha de rua pelo alto grau de uniformidade dos gabaritos das edificações	Efeito de calha de rua consolidado, porém com proporções menores em função do gabarito menor das edificações em relação ao Largo do Carmo.
Efeito parcial de amplitude para ventilação devido à largura da via	Efeito de amplitude para ventilação com via larga e proximidade da orla da Baía do Guajará	Efeito de amplitude na Praça do Largo do Carmo em relação às vias estreitas e proximidade da Orla da Baía do Guajará	Efeito de canalização para ventilação presente porém com baixa intensidade devido a orientação das vias e baixo gabarito das edificações
Calçamento com largura intermediária e proporções regulares ao longo da parcela urbana	Calçamento com boa largura, sendo maior nas laterais do que no canteiro central e de variadas proporções.	Calçamento com largura estreita do calçamento e regular	Calçamento muito estreito na maior parte da parcela urbana.
Pouca vegetação nas vias com algumas árvores dispostas aleatoriamente no calçamento	Vias da parcela urbana com pouca arborização, apresentando concentração de árvores no canteiro central da via principal da parcela urbana.	Largo com praça bem arborizada, sendo que as vias da parcela urbana não possuem arborização.	Parcela urbana completamente sem arborização

Fonte: Dorival Pinheiro; Irving Franco, 2012

Os experimentos de campo, para estes pontos de medição foram realizados nas seguintes datas:

- 28 de Janeiro de 2012 (Acerto de Experimento);
- 24 de Março de 2012 (Realizado em um só ponto);
- 22 de Junho de 2012 (ponto na Cidade Velha e outro no Umarizal);
- 21 de Setembro de 2012 (dois pontos em cada Bairro);
- 27 de Outubro de 2012 (Consolidação dos quatro pontos);
- De 11 a 21 Janeiro de 2013 (quatro pontos com período de uma semana de registro de dados).

As datas inicialmente previstas para realização dos experimentos seriam os momentos de transição da trajetória solar marcados pelos solstícios e equinócios, ou seja, 22 de Junho, 22 de Dezembro, 21 de Março e 24 de Setembro, o experimento realizado em Janeiro de 2012 seria um acerto de experimento para ganho de experiência de uma série de fatores que deveriam ser desenvolvidos ao longo dos trabalhos.

É importante salientar que, para este padrão de experimentos de campo em áreas urbanas, o LADEC<sup>25</sup> está iniciando uma trajetória e , ao mesmo tempo , desenvolvendo um padrão de abordagem prática e conceitual, a partir da compreensão de trabalhos, técnicas e modelos para compreensão do balanço energético e trocas térmicas superficiais desenvolvidas anteriormente.

Algumas circunstâncias foram decisivas para os dias de realização e tempo gasto, além da quantidade de pontos medidos em cada período como:

- Quantidade de pessoal para realização destes experimentos;
- Quantidade de veículos para transporte dos equipamentos de medição;
- Treinamento de pessoal para utilização dos equipamentos;
- Definição de rotinas para utilização de equipamentos, aquisição e guarda dos dados adquiridos em campo;
- Preparação dos equipamentos e montagem dos pedestais;
- Desenvolvimento dos pontos, a partir da verificação do melhor local a ser realizado em função da segurança do pessoal e do equipamento, e da receptividade dos moradores e usuários dos locais escolhidos para o experimento.

Em função desta série de condicionantes, além de outros, não foi possível a aquisição de todos os dados em todos os dias e horários pretendidos, contudo muito foi realizado, e o material coletado, tratado e analisado se demonstrou suficiente para a realização das inferências necessárias à produção de material pretendido desde o início desta etapa acadêmica.

---

<sup>25</sup> LADEC – Laboratório de Análise e Desenvolvimento do Espaço Construído - UFPA

A **primeira etapa** de todo este processo, normalmente, é de caráter empírico. Nessa fase, foram selecionadas as áreas ou parcelas urbanas a serem estudadas o que, evidentemente, obedeceu a critérios de localização e proximidade de padrões morfológicos e naturais pertinentes ao estudo, não se desenvolveram, portanto de forma aleatória.

A **segunda etapa** consistiu na instalação dos pedestais para os equipamentos dos experimentos e sua operacionalização. A escolha do local de implantação de estações levou em consideração dois fatores igualmente importantes: o logístico e o de adequação ambiental.

O trabalho de campo efetuado através de observações dos parâmetros meteorológicos, acompanhados de suas descrições, para este tipo de estudo, mostrou-se indispensável no decorrer do tempo para uma adequada interpretação e uma satisfatória pesquisa experimental.

A **terceira etapa** consistiu no tratamento em laboratório de todo o material coletado nas estações, acrescentando os valores encontrados a partir da aplicação nas parcelas urbanas adotadas das técnicas de análise utilizadas, seguindo, por fim, o tratamento estatístico de todos estes dados, caracterizando-os.

Para caracterização do clima de uma parcela urbana dentro da cidade, muitos fatores e elementos naturais e ou construídos foram adotados como parâmetros, e passaram por processo de validação a partir de experimentos realizados em campo, o que não difere este estudo dos demais a respeito de conforto térmico urbano.

Os dois pontos específicos em cada bairro, objeto de análise, possuem características distintas da cidade como um todo que, porém contemplam várias das características encontradas em muitos dos bairros da cidade, especialmente em sua área mais adensada a zona sul (primeira légua patrimonial).

O Instrumental utilizado foi composto por:

**- Equipamento 1:**

HOBO LOG I

Nº de série: 2260840 / H08-004-02

Medição de temperaturas do ar média, máxima e mínima, Umidade Relativa do ar Incidência de radiação solar.

**- Equipamento 2:**

HOBO LOG II

Nº de série: 2260841 / H08-004-02

Medição de temperaturas do ar média, máxima e mínima, Umidade Relativa do ar Incidência de radiação solar.

**- Equipamento 3:**

HOBO LOG III

Nº de série: 2260840 / H08-004-02

Medição de temperaturas do ar média, máxima e mínima, Umidade Relativa do ar Incidência de radiação solar.

**- Equipamento 4:**

HOBO LOG IV

Nº de série: 2260841 / H08-004-02

Medição de temperaturas do ar média, máxima e mínima, Umidade Relativa do ar Incidência de radiação solar.

**- Equipamento 5:**

ABRIGOS METEOROLÓGICOS PARA EQUIPAMENTO HOBO: Propiciar condição ar-sombra

Devido à necessidade de proteção contra intempéries para estes equipamentos em trabalhos realizados em campo, foram desenvolvidos e montados pequenos abrigos com aberturas laterais para ventilação protegidas por brises, pelas alunas do Mestrado em Conforto Ambiental do PPGAU – Trycia Sampaio e Natália Vinagre, orientadas pelo Professor Irving Montanar Franco.

**- Equipamento 6:**

4 (DOIS)- TERMÔMETROS – BULBO SECO

Obtenção de temperaturas, utilizando termômetros com coluna de mercúrio e Bulbo Seco.

**- Equipamento 7:**

4 (DOIS)- TERMÔMETROS – BULBO ÚMIDO

Obtenção de temperaturas, utilizando termômetros com coluna de mercúrio e Bulbo Úmido

**- Equipamento 8:**

2 (DOIS)- TERMÔMETROS – COLUNA DE HG

Obtenção de temperaturas máximas e mínimas, compõe equipamento de segurança para caso de má leitura dos demais.

**- Equipamento 9:**

CÂMERA COM LEITOR INFRAVERMELHO, ACOMPANHADA DE TRIPÉ.

AR320 FLIR SYSTEMS

Nº de série: 86.5.22-10-08TR-05635

Realizar o imageamento térmico das edificações, assim como das massas vegetais e dos arruamentos dos pontos de medição para caracterização térmica e gradiente de calor. No decorrer do experimento, torna possível a identificação do processo de trocas térmicas dos elementos presentes no local das medições.

**- Equipamento 10:**

MÁQUINA FOTOGRAFICA DIGITAL COM TELA LCD X DE ZOOM

Nº de série: 86.5.22-10-08TR-05635

Importante para registro dos pontos e da realização das atividades, além do entorno imediato.

**- Equipamento 11:**

CÂMERA FOTOGRAFICA COM LENTE ANGULAR TIPO OLHO DE PEIXE 8mm, fixada à câmera, acompanhada por bolsa, duas baterias carregadas, suporte com bolha, e tripé de pernas flexíveis. d'água,

Nº de série: 4801292 (Câmera)

Nº de série: 1003984 (Lente tipo olho de Peixe)

A lente olho de peixe auxilia principalmente na interpretação e análise do Diagrama de Céu, da leitura da obstrução do céu, e dos padrões de céu no momento das edições.

**- Equipamento 12:**

2 (DOIS)- TRIPÉS

Os tripés, juntamente com as agarras , têm função de suporte dos equipamentos de medição.

Os instrumentos analógicos, citados, foram utilizados principalmente com o intuito de fornecer redundância para as medições realizadas pelos sensores digitais HOBO. Para as análises, os valores considerados foram dos sensores que não apresentaram defeito durante os experimentos deste trabalho.



A Figura 36: Foto Abrigo para sensor HOBO utilizado nos experimentos de Campo, modelo com tripé.  
Fonte: Marcelle Vilar, 2012



Figura 38: Câmera Sensor Infravermelho  
Fonte:[http://www.trekequipment.com/flir/a320\\_infrared\\_camera.asp](http://www.trekequipment.com/flir/a320_infrared_camera.asp)



Figura 37: Foto Câmera com Lente angular Olho de Peixe  
Fonte: Dorival Pinheiro, 2013

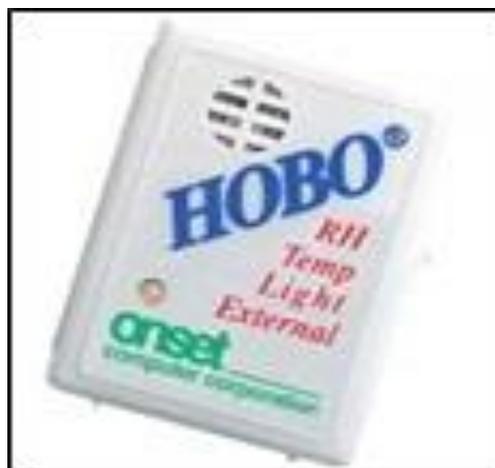


Figura 39: Sensor Data Logger HOBO  
Fonte:[Wttp://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/h08-004-02](http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/h08-004-02)

## 8. DISCUSSÃO

O padrão tipológico das edificações define a massa construída nas cidades, assim a massa construída, juntamente com a massa vegetada e massas d'água, produzem efeitos na paisagem e influenciam, de forma definitiva, nas trocas térmicas locais na escala do micro clima.

As propriedades térmicas dos materiais, a rugosidade do tecido urbano, e a relação com as calhas das ruas proporcionam um microclima e influenciam a capacidade de dissipar energia ao longo de um determinado período.

Quando ocorre intervenção no tecido urbano, resultando incremento de gabarito das edificações em uma escala acentuada, e este acaba formando uma homogeneidade tipológica, passa a configurar um *canyon* urbano, e esta geometria construtiva passa a reproduzir os fenômenos de trocas térmicas e acúmulos de carga térmica em vários estratos verticais.

Quando se pensa nas alterações de padrão térmico local produzido pelo *canyon* urbano e ou aumento de verticalidade, não se pode deixar de entender que elementos como: edificações com grandes gabaritos, grandes áreas impermeabilizadas, produzem efeitos potencialmente satisfatórios em um determinado local e em outro nem tanto. Ao se produzir espaços, portanto, com conforto ambiental, deve-se observar o maior número de variáveis locais para compreender estas alterações.

Comparativamente, como exemplo, quando em vez de se ter quatro (4) edifícios de dez (10) andares na mesma quadra, tem-se um único edifício de quarenta (40) andares, a relação da massa construída com o acúmulo de carga térmica, e sua inércia térmica mudam. Quando, no primeiro caso, ocorre dissipação de carga térmica junto ao solo até o estrato de dez (10) andares, impactando uma área de influência entre edifícios e em condição mais próxima a vizinhança; no segundo caso, com a concentração da massa construída em um edifício de quarenta (40) andares, esta dissipará cerca de 75% de seu potencial de calor radiante acima do canopi<sup>26</sup> térmico da cidade, para a projeção de sombras. O edifício de quarenta (40) andares propiciará a projeção sobre uma área de influência a distâncias maiores de seu<sup>27</sup> limite.

---

<sup>26</sup> Camada Limite no topo das edificações mais altas de uma ilha de calor urbano

<sup>27</sup> Nota de aula do Profº Irving Franco

Não se trata de defender ou repudiar a verticalidade, mas de investigar o efeito da morfologia dessas massas edificadas na dissipação de calor e sombreamento.

Vale investigar os comparativos de áreas de projeção de sombras, pois, como no exemplo fictício citado anteriormente, para 4 blocos, as projeções manter-se-iam contíguas, mais próximas ao lote e o efeito produzido seria um micro clima (ar-sombra) entre os edifícios, enquanto que para um edifício de 40 andares, ter-se-ia um efeito diluído no entorno imediato, porém com alcance maior. Ao avaliar as áreas de projeção de sombra, poderia ser verificado se estas compensariam, de modo favorável, o recorte de carga térmica.

A massa construída com seu potencial de absorção, inércia e dissipação de energia térmica se constitui em uma das ferramentas capazes de explicar, quantificar e gerar parâmetros para o balanço de energia nos espaços urbanos.

Pelo índice de massa, surge o referencial para caracterizar o efeito de “saturação” em termos de armazenamento de energia térmica e a alteração dos padrões de temperatura radiante e, conseqüentemente, da temperatura do ar.

Para estruturas urbanas, que já se consolidaram em todo o seu potencial de planejamento quanto ao adensamento, é possível aplicar e descrever o modelo através do índice de massa com plenitude, no entanto, para territórios em fase inicial de verticalização, a aplicação do índice de massa construída deve atentar à homogeneidade de sua representatividade, isto é, se a massa for concentrada, não haverá representatividade da predominância de seu efeito, mas apenas efeito pontual isolado, confirmando a abrangência restrita ao microclima.

Belém passa por um novo processo de verticalização, e apesar de ter ocorrido um processo de verticalização nos anos 60, 70 e início dos anos 80, a partir da década de 80 até meados de 2000, ocorre um claro momento de estagnação e perdas econômicas, assim como, diminuição da sua importância em nível nacional.

Esse processo levou ao desaquecimento do mercado imobiliário e, por consequência, a estagnação da verticalização na cidade.

A partir de meados da década de 2000, Belém retoma seu processo de verticalização, só que, desta vez com novos parâmetros:

- As edificações com maior gabarito passam de uma média de 12 a 18 pavimentos, aproximadamente, 40 a 60m de altura, para 28 a 40 pavimentos, aproximadamente 85 a 130m de altura;
- O padrão de ocupação dos lotes destas edificações mudou, em sua maioria, os afastamentos laterais, frontal e posterior passaram a ficar maiores sendo que as áreas dos dois primeiros pavimentos passaram a ser utilizados como áreas comuns para os condôminos;
- O número de edificações construídas passou a ser bem maior e algumas áreas passaram a concentrar muitos destes edifícios, tornando-se áreas com maior densidade de prédios altos.
- Surgimento de novas áreas de concentração de edifícios altos como: Bairro do Marco, Pedreira, Cremação, São Brás, Parque Verde e Tenoné.

Por tanto, o que se verifica em Belém na sua área considerada central, mais ao sul da cidade, é um padrão construtivo de intensa verticalização ainda mais se considerar os bairros de expansão do centro antigo, como o Umarizal. Este novo modelo de verticalização está impulsionado com bases tecnológicas mais “arrojadas” em termos de número de gabaritos.

Ao adentrar com maior intensidade no fenômeno da verticalização, certamente, existe uma preocupação no sentido de evitar os excessos de adensamento e a saturação da capacidade do território que, porém ainda necessita de mais parâmetros técnicos de análise do balanço energético das parcelas urbanas da cidade.

Vilela (2007) aponta, em suas análises, a relação direta entre massa construída e a elevação da temperatura, no entanto, é possível verificar inflexões a partir das características específicas de microclima, devido a fatores como o sombreamento das edificações, a massa vegetada e ventilação.

Tais condições foram verificadas, também, nas mensurações de campo realizadas pelo Umarizal em janeiro, de 2013, quando foi observado que para uma malha relativamente homogênea de território consolidada em dois a três pavimentos, entremeado por edifícios altos, notou-se a variação do microclima, de modo favorável quando em condição de sombreamento e quando da abundância de ventilação.

Para Barbirato (2011:02):

*“muitos modelos matemáticos como: (Myrup, (1969); Carlson e Boland, (1978); Tso et al.,( 1990); Oke et al.,( 1992); Voogt e Grimmond, (2000; Lemonsu et al .(, 2004), entre outros) foram elaborados com base no entendimento de balanço de energia urbano, visando a sua aplicação, no planejamento das cidades”.*

Parâmetros numéricos gerados através de experimentos de campo quando aplicados dentro modelos matemáticos específicos, possibilitam a análise e a consequente produção de referencial para o planejamento das cidades.

É importante entender que não existe mais espaço para um planejamento urbano que não possua uma avaliação ambiental, de conforto térmico e acústico através dos parâmetros climáticos e geográficos locais.

*Diante das crescentes discussões a respeito da otimização dos espaços urbanos, torna-se fundamental a adequação de uma legislação urbana eficiente, baseada em pesquisas sobre os principais impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização para, assim, definir o crescimento urbano adequado da cidade (BARBIRATO, 2011).*

## 9. ANÁLISES

De posse dos dados registrados nos experimentos de campo pode-se organizá-los em grupos de valores em função da estrutura de análise proposta para o trabalho conforme está presente neste capítulo.

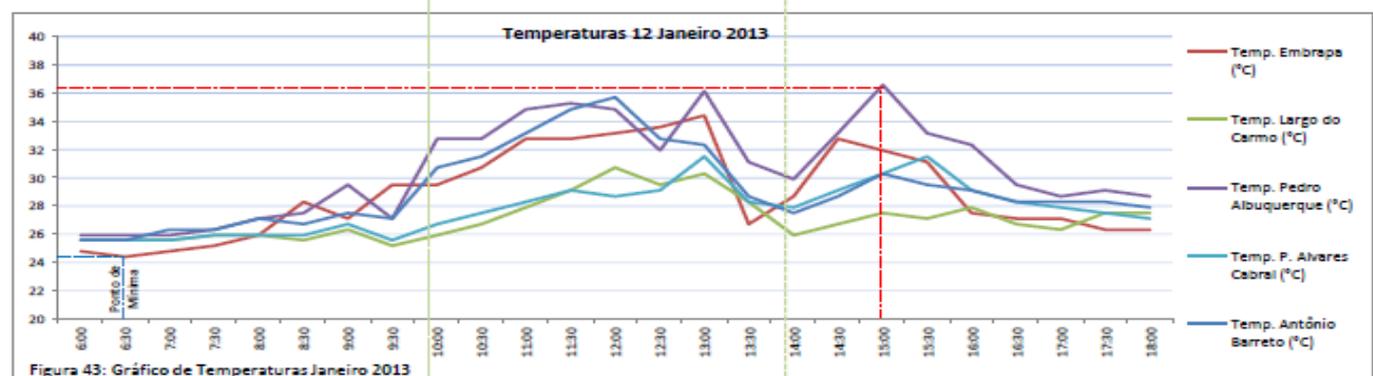
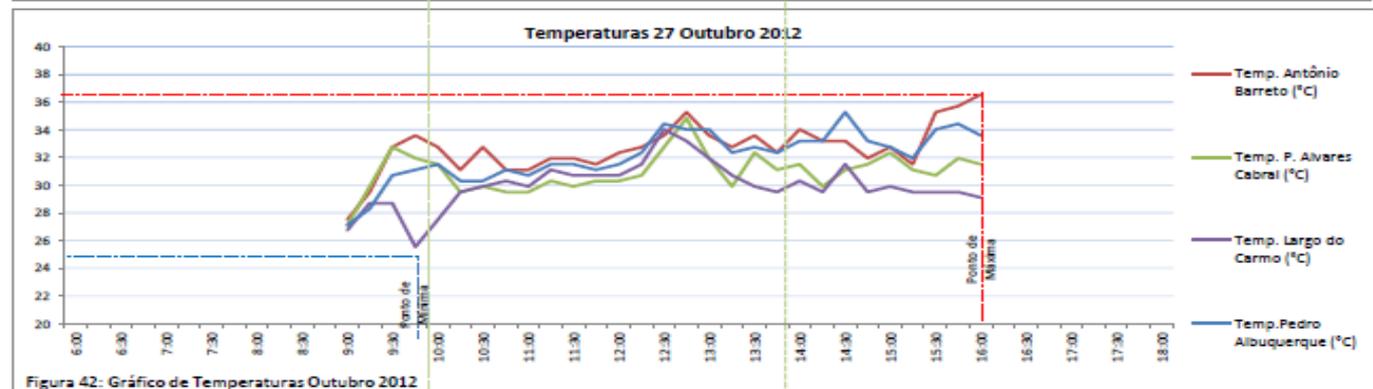
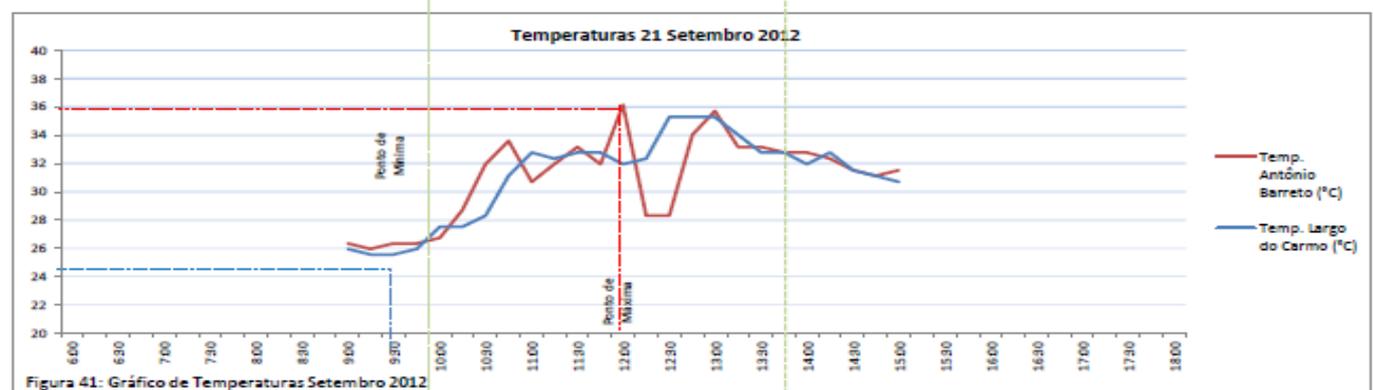
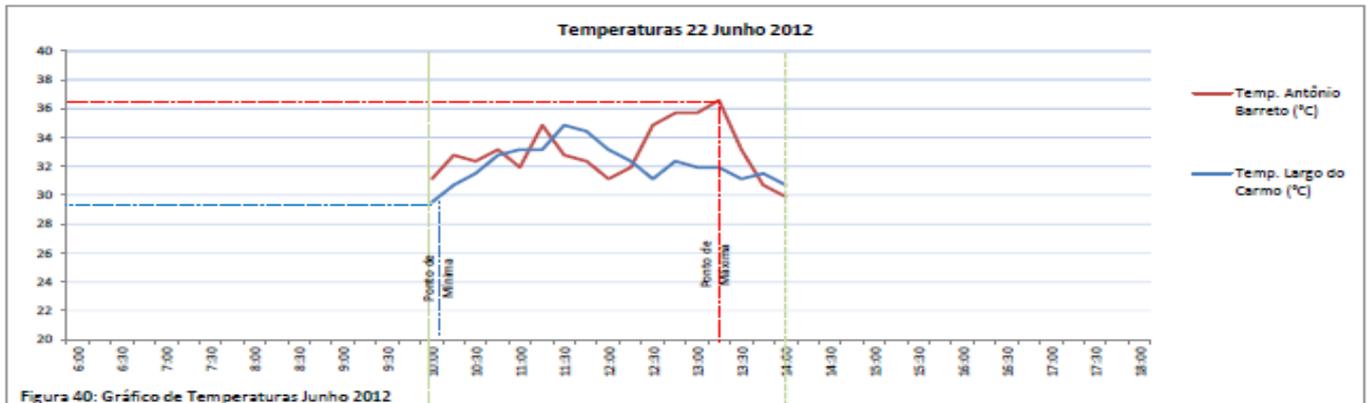




Figura 44: Gráfico de Umidades Relativas Junho 2012

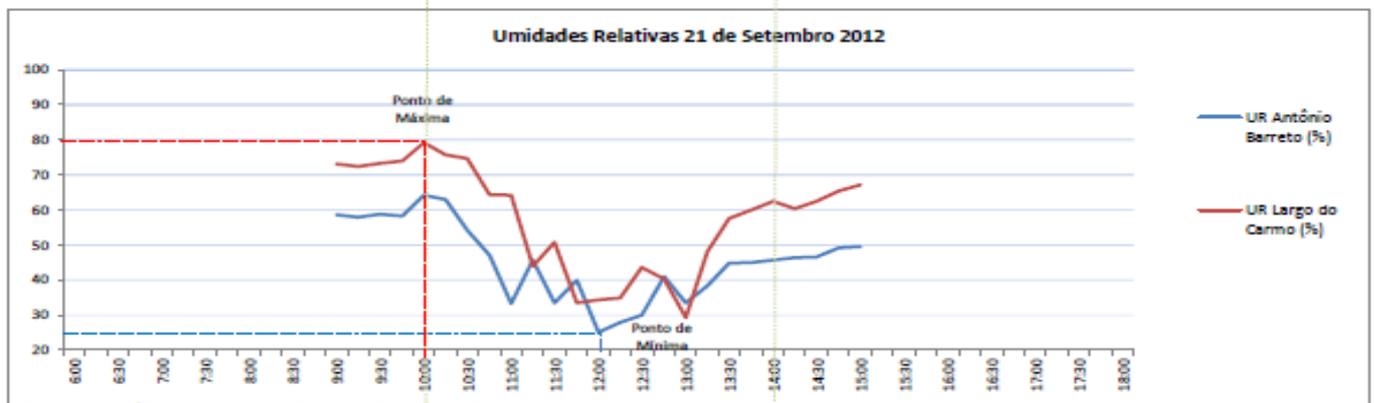


Figura 45: Gráfico de Umidades Relativas Setembro 2012

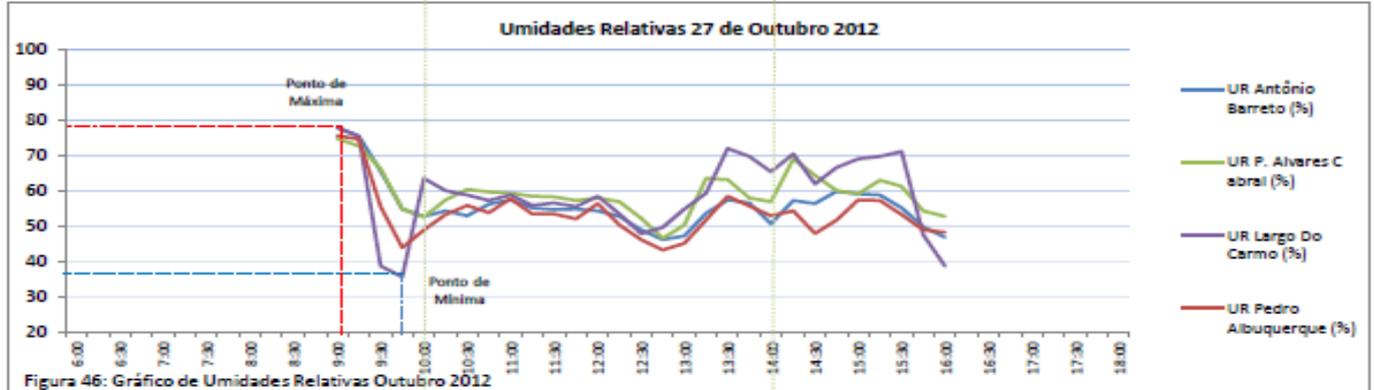


Figura 46: Gráfico de Umidades Relativas Outubro 2012

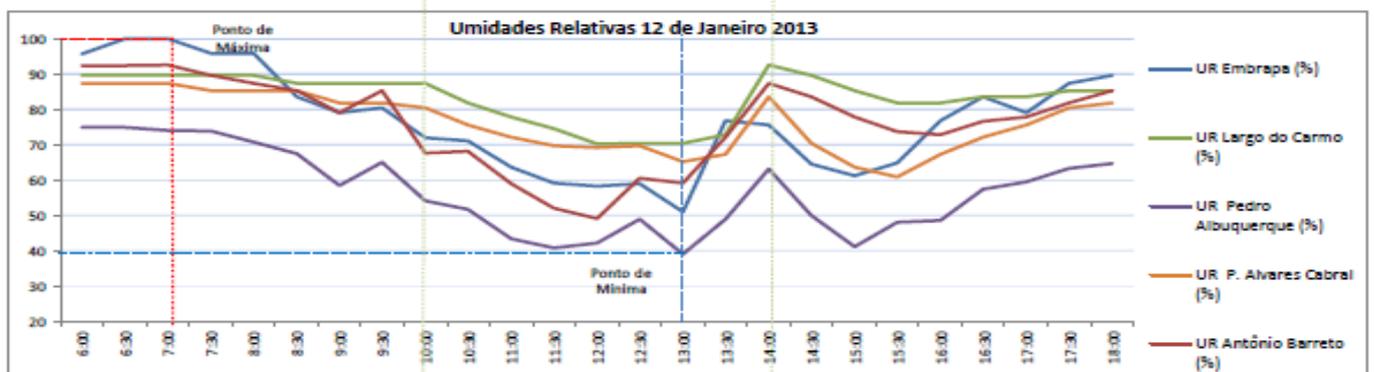


Figura 47: Gráfico de Umidades Relativas Janeiro 2013

### 9.1. Para o dia 22 de Junho 2012

No mês de Junho, o experimento de campo realizado para o trabalho, ficou restrito aos pontos de medição do Largo do Carmo e da Antônio Barreto estas parcelas receberam tal denominação em função do logradouro ao qual se localizam.

Para este experimento, foram possíveis realizar as medições de campo no horário das 10:00h às 14:00h. Como parâmetro inicial, ficou definido o horário das 09:00h às 15:00h, por representar a transição do momento de menor carga térmica solar direta para o de maior carga térmica, atingindo seu pico às 12:00h e retornado para menor carga térmica até às 18:00h, passando pela transição das 15:00h. Neste experimento, porém, não foi possível alcançar o horário planejado devido limitações de pessoal e de transporte para os equipamento e pessoal.

Deve se compreender que o horário estabelecido para realização das medições em uma janela diária, e em dias específicos que pudessem caracterizar as transições climáticas anuais, foi determinado devido este ser bastante representativos da dinâmica da trajetória solar e sua contribuição para o aquecimento superficial. Ao se deparar com uma quantidade de horários diferenciado em para cada período, este fator não descarta o conceito, o que pode vir a acontecer, em alguns casos, é diminuir a resolução, que, porém não invalida a comprovação de determinado fenômeno.

Estes valores apresentados foram coletados pelos equipamentos sensores HOBO e dentro do universo de medição apresentaram os seguintes valores para Temperatura do ar, Umidade Relativa e Intensidade Luminosa.

Estão representados nas planilhas, tabelas e imagens, os valores para Temperatura do ar, Umidade Relativa, Intensidade Luminosa e Recorte de Carga Térmica.

Está também apresentado pela imagem à foto com lente angular Olho de Peixe retina no local do ponto de medição com sobreposição do diagrama de trajetória solar para latitude 2° Sul, posição de aproximada de Belém em relação à linha do equador e, ao lado, o diagrama de fator de forma com a obstrução da abóboda celeste deste ponto em relação à parcela urbana.

Foi constatado que o ponto da Antônio Barreto, no bairro do Umarizal, possui campo de obstrução acentuado devido à proximidade de edificações, além de quantidade acentuada de prédios de alto gabarito desta região, já no caso do Largo do Carmo na Cidade Velha, é possível notar uma obstrução maior em função da massa vegetada em relação às edificações.

O recorte de carga térmica, no ponto da Antônio Barreto, no bairro do Umarizal é de  $927 \text{ Wh/m}^2$  para o dia, porém, no horário registrado, não houve recorte de carga por obstrução a partir de massa construída, o *fator de visão de céu* de para o ponto é de 28%, e a *massa construída* é de  $973 \text{ Kg/m}^2$  para um raio adotado de 300m a partir do ponto de medição.

Para o ponto do Largo do Carmo, no Bairro da Cidade Velha, o recorte de carga térmica seria  $690 \text{ Wh/m}^2$  no dia, porém, no horário registrado, não houve recorte, 24% de *obstrução de céu* e *massa construída* de  $691 \text{ kg/m}^2$ .

Podemos observar, claramente, para os dois pontos, no dia 22 do mês de Junho, que a relação entre trajetória solar e obstrução da abóboda celeste gerou uma proporção dos valores em relação aos dois pontos do fator de visão de céu com o recorte de carga térmica.

Já a massa construída apresenta uma diferença significativa entre os dois pontos sendo a massa da parcela urbana correspondente ao ponto do Largo do Carmo 71% da massa correspondente ao ponto da Antônio Barreto.

As temperaturas registradas no ponto da Antônio Barreto no bairro do Umarizal apresentam maiores valores, em sua maioria, em relação às temperaturas observadas no ponto de medição do Largo do Carmo no Bairro da Cidade Velha.

Quando observamos os valores registrados de umidade relativa para os dois pontos a relação se inverte e neste caso o ponto da Antônio Barreto em todos os períodos apresenta umidade relativa mais baixa.

Como forma de visualizar os momentos de sombreamento por nebulosidade e confirmar o sombreamento devido obstrução por massa construída ou vegetada, foi incluída a medição de intensidade luminosa, que nos permitiu correlacionar tais informações com os valores de temperatura e umidade obtidos.

Para uma melhor compreensão do fenômeno de ganho de carga térmica superficial por radiação em Belém deve ser observado o fator

nebulosidade, e para que fosse possível essa quantificação foi adotada a leitura da intensidade luminosa que permitiu identificar em que horários e qual a proporcionalidade da sua interferência nos ganhos de carga térmica.

Tabela 02: Carga Térmica - Antônio Barreto 22/06					
DIÁRIA 22 DE JUNHO					
UMARIZAL					
Radiação Solar (W/m <sup>2</sup> ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 6.1 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )	Horário	NEB 6.1 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	34	63	06:30	34	63
07:00	87	164	07:00	87	100
07:30	150	282	07:30	100	100
08:00	216	405	08:00	100	100
08:30	279	524	08:30	100	100
09:00	337	632	09:00	100	100
09:30	388	727	09:30	388	727
10:00	431	807	10:00	431	807
10:30	465	872	10:30	465	872
11:00	491	921	11:00	491	921
11:30	508	952	11:30	508	952
12:00	513	962	12:00	513	962
12:30	508	952	12:30	508	952
13:00	491	921	13:00	491	921
13:30	465	872	13:30	465	872
14:00	431	807	14:00	431	807
14:30	388	727	14:30	388	727
15:00	337	632	15:00	337	632
15:30	279	524	15:30	100	100
16:00	216	405	16:00	100	100
16:30	150	282	16:30	100	100
17:00	87	164	17:00	87	100
17:30	34	63	17:30	34	63
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	7.285	13.660	Total	6.358	11.178

	Recorte de Carga	NTB = NEBULOSIDADE
	Sombreamento	

Tabela 03: Técnicas de Análise		
Técnica de Análise	Valor	Unid.
Massa Construída	973	Kg/m <sup>2</sup>
Obstrução de Céu	28%	%
Recorte com Nebulosidade	0	Wh/m <sup>2</sup>

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival Pinheiro

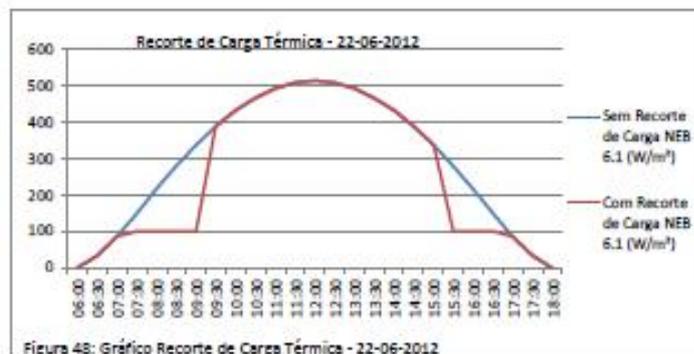


Figura 48: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 22-06-2012

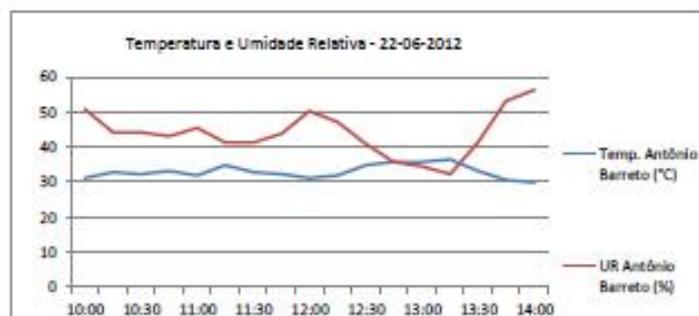


Figura 49: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 22-06-2012

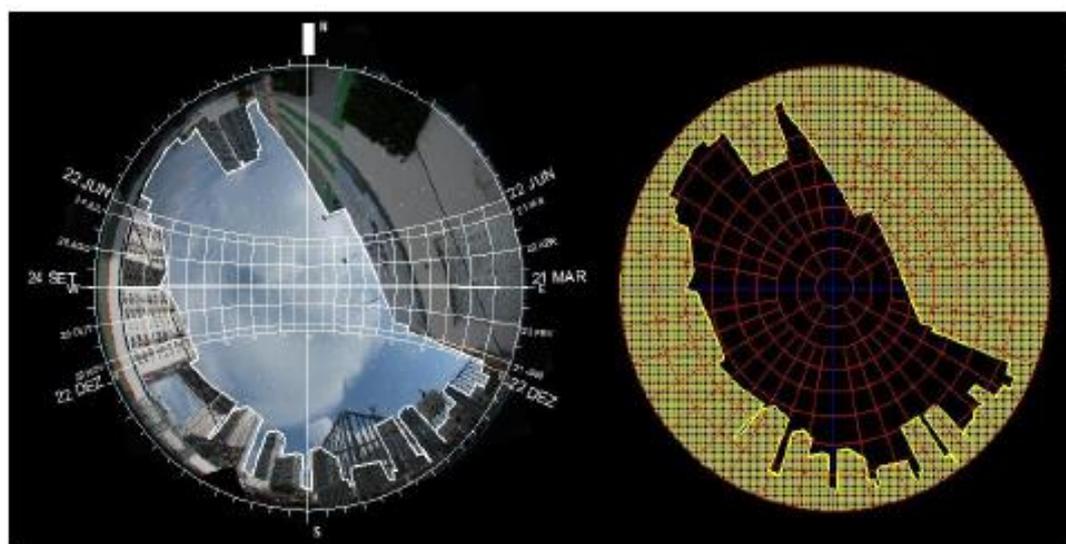
Figura 50: Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m<sup>2</sup>)  
tem como função identificar sombreamento por nebulosidade

Figura 51: Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetórias Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Antônio Barreto

Tabela 04: Carga Térmica - LARGO DO CARMO 22/06					
BELÉM 22 DE JUNHO					
CIDADE VELHA					
Radiação Solar (W/m <sup>2</sup> ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 6.1 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )	Horário	NEB 6.1 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	34	63	06:30	34	63
07:00	87	164	07:00	87	100
07:30	150	282	07:30	100	100
08:00	216	405	08:00	100	100
08:30	279	524	08:30	100	100
08:40	337	632	09:00	337	632
09:30	388	727	09:30	388	727
10:00	431	807	10:00	431	807
10:30	463	872	10:30	463	872
11:00	491	921	11:00	491	921
11:30	508	952	11:30	508	952
12:00	513	962	12:00	513	962
12:30	508	952	12:30	508	952
13:00	491	921	13:00	491	921
13:30	463	872	13:30	463	872
14:00	431	807	14:00	431	807
14:30	388	727	14:30	388	727
15:00	337	632	15:00	337	632
15:30	279	524	15:30	100	100
16:00	216	405	16:00	100	100
16:30	150	282	16:30	100	100
17:00	87	164	17:00	87	100
17:30	34	63	17:30	34	63
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	7.285	13.660	Total	6.595	11.710

	Recorte de Carga	NEB + NEBULOSIDADE
	Sombreamento	

Tabela 05: Técnicas de Análise		
Técnica de Análise	Valor	Unid
Massa Construída	691	Kg/m <sup>2</sup>
Obstrução de Céu	24%	%
Recorte com Nebulosidade	0	Wh/m <sup>2</sup>

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival Pinheiro

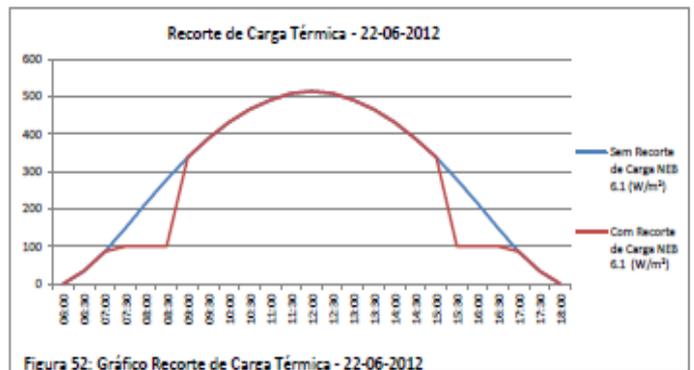


Figura 52: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 22-06-2012

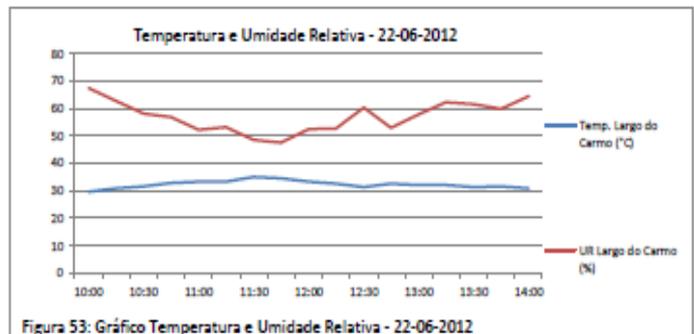


Figura 53: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 22-06-2012

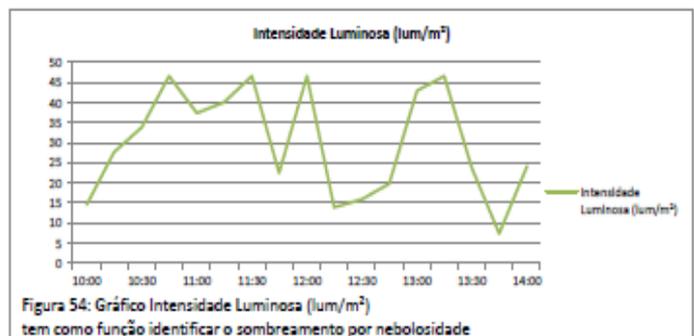


Figura 54: Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m<sup>2</sup>) tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

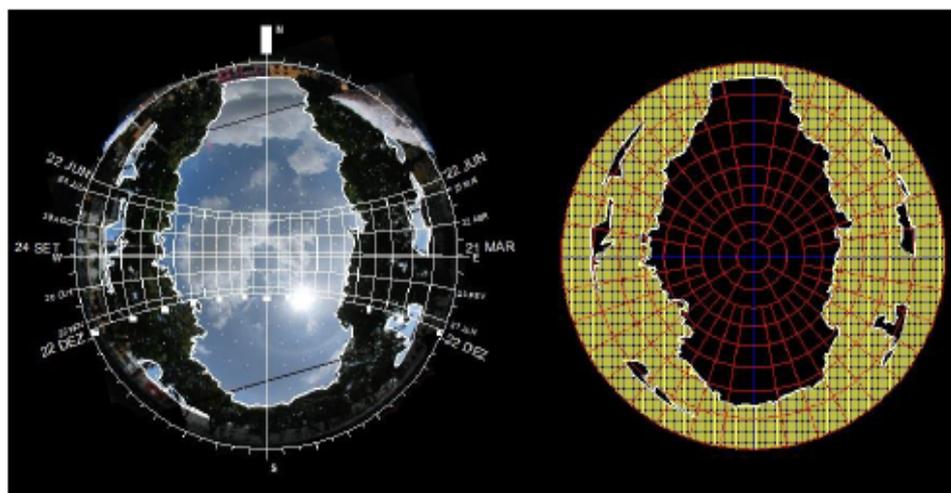


Figura 55: Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Largo do Carmo

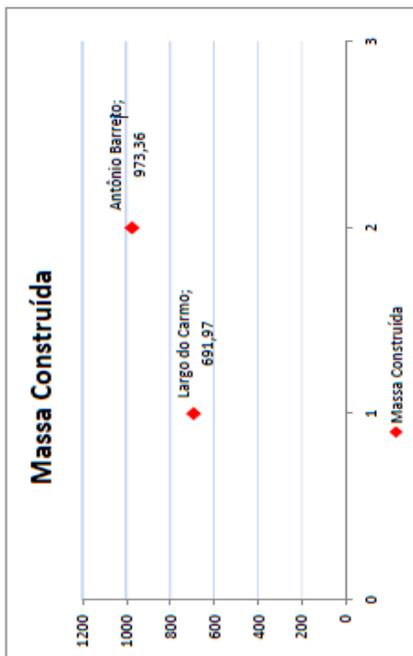


Figura 56: Gráfico Massa Construída

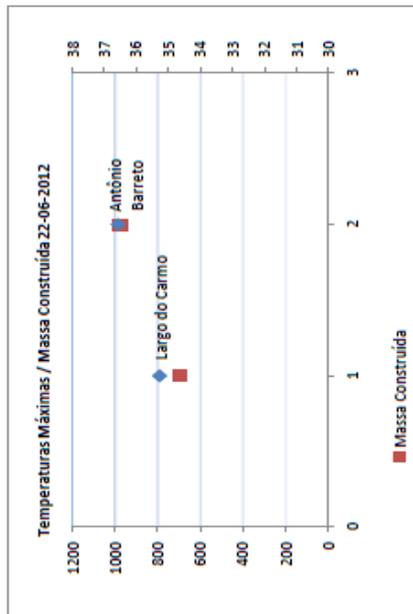


Figura 57: Gráfico Temperaturas Máximas / Massa Construída 22-06-2012

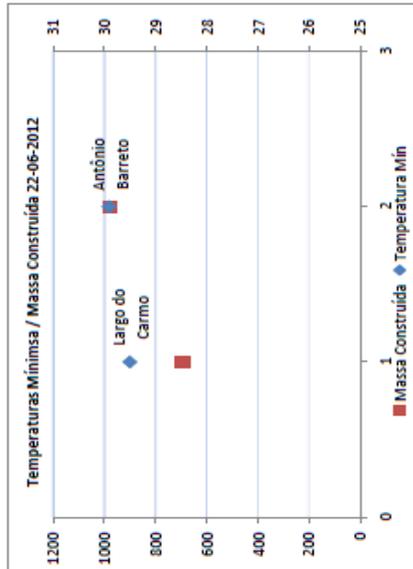


Figura 58: Gráfico Temperaturas Mínimas / Massa Construída 22-06-2012

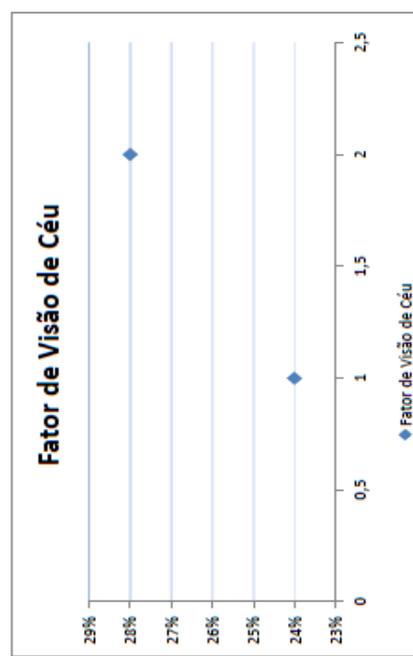


Figura 59: Gráfico Fator de Visão de Céu

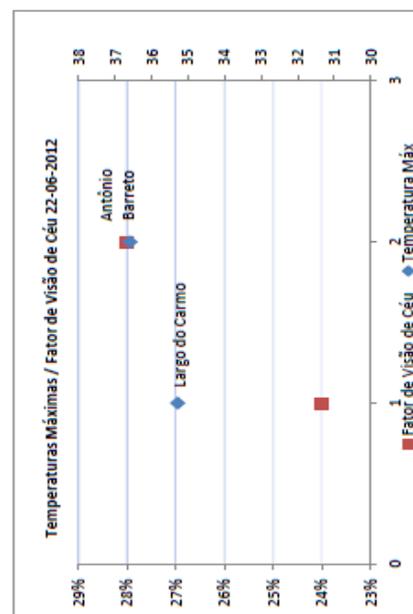


Figura 60: Gráfico Temperaturas Máximas / Fator de Visão de Céu 22-06-2012

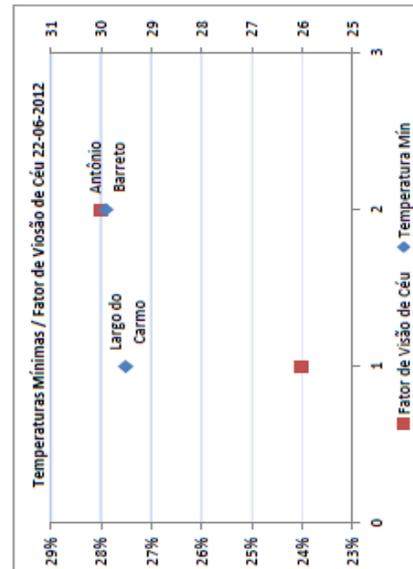


Figura 61: Gráfico Temperaturas Mínimas / Fator de Visão de Céu 22-06-2012

Não houve Registro de Recorte dentro do horário de realização do experimento

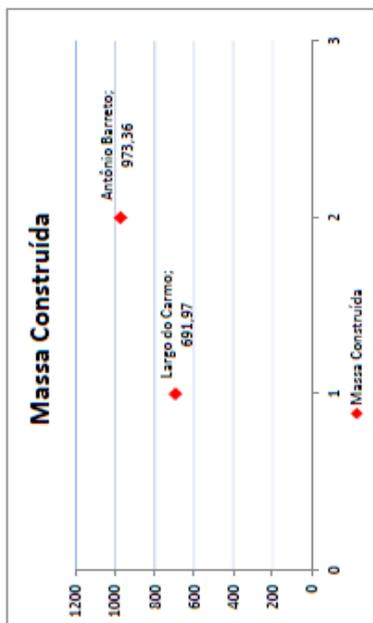


Figura 62: Gráfico Massa Construída

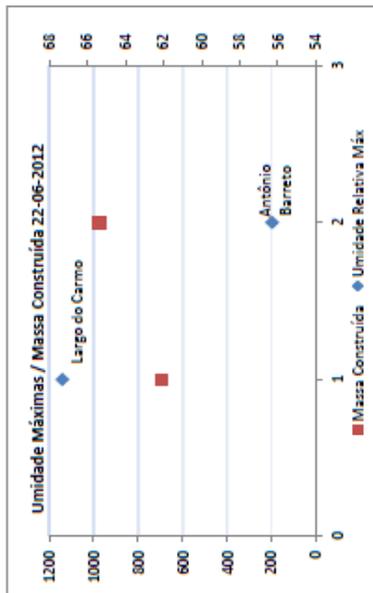


Figura 63: Gráfico Umidades Máximas / Massa Construída 22-06-2012

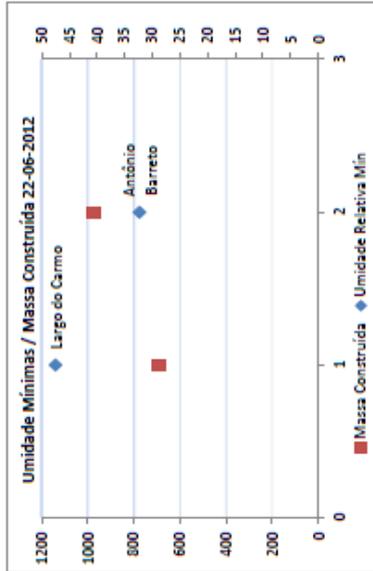


Figura 64: Gráfico Umidades Mínimas / Massa Construída 22-06-2012

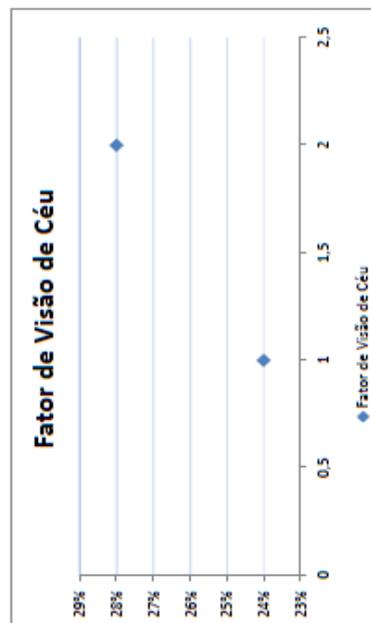


Figura 65: Gráfico Fator de Visão de Céu

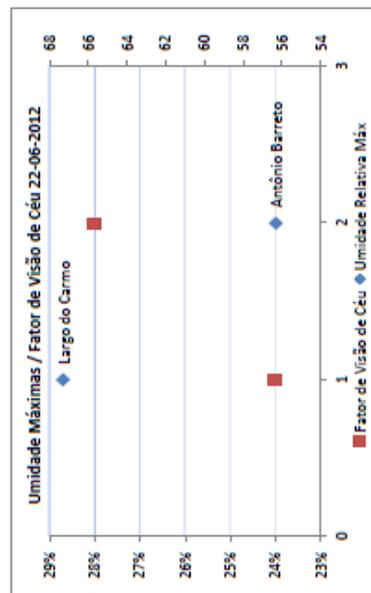


Figura 66: Gráfico Umidades Máximas / Fator de Visão de Céu 22-06-2012

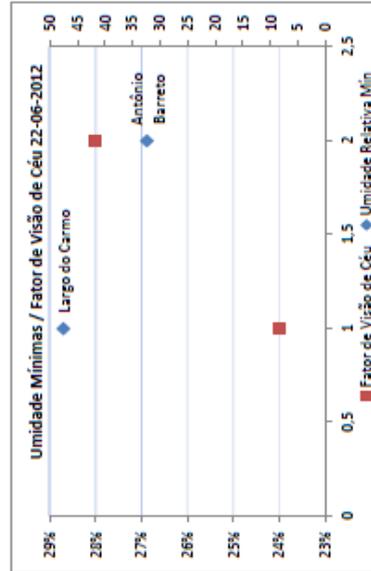


Figura 67: Gráfico Umidades Mínimas / Fator de Visão de Céu 22-06-2012

Não houve Registro de Recorte dentro do horário de realização do experimento

Pode-se observar que, tanto para as temperaturas máximas como mínimas, a massa construída aponta para uma tendência diretamente proporcional à temperatura registrada, ou seja, quanto maior a massa maior a temperatura, sendo que os valores obedecem a certa proporção de acréscimo de temperatura em função do aumento proporcional da massa.

Pelo diagrama de trajetória solar, ficou constatado que o horário de aquisição dos dados não apresentou recorte de carga térmica o que não invalida o efeito do mesmo nas temperaturas registradas já que estas sofrem influência do período de sombreamento devido obstruções da trajetória solar em função da inércia térmica dos materiais constituintes das superfícies que sofrem influência do horário sombreado.

Para a obstrução de céu, a mesma relação da *massa construída* volta a se estabelecer para estes dois pontos, no dia 22 de Junho, quanto maior a obstrução maior a temperatura, sendo que a variação tanto das temperaturas máximas e mínimas e da obstrução do céu é pequena.

Quando se defronta com os três parâmetros de análise em relação à umidade relativa, o comportamento se inverte no ponto de maior massa construída as máximas e mínimas de umidade são menores e no ponto menor massa construída a umidade é maior, seguindo uma relação de similaridade para os três casos.

## 9.2. Para o dia 21 de Setembro 2012

Em Setembro de 2012, deu início a segunda etapa das medições de campo, o experimento permaneceu nos pontos de medição do Largo do Carmo e da Antônio Barreto, neste momento, incrementou-se a janela horária de monitoramento, entre 09:00h às 15:00h, que representa a transição do momento de menor carga térmica solar direta para o de maior carga, atingindo seu pico às 12:00h e retornado para menor carga térmica até as 18:00h, passando pela transição das 15:00h. Com o maior conhecimento do local e das dinâmicas de preparação para realização deste experimento a meta de horários propostas foi atingida.

Estes valores apresentados foram coletados pelos equipamentos sensores HOBO e, dentro do universo de medição, apresentaram os valores adotados para análise da Temperatura do ar, Umidade Relativa e Intensidade Luminosa.

Novamente estão representados nestas planilhas os valores para Temperatura do ar, Umidade Relativa, Intensidade Luminosa e Recorte de Carga Térmica.

Também foi realizada imagem através de foto com lente angular Olho de Peixe no local dos pontos de medição com sobreposição do diagrama de trajetória solar para latitude 2° Sul, posição aproximada de Belém em relação à linha do equador, e ao lado o diagrama de fator de forma com a obstrução da abóboda celeste deste ponto em relação à parcela urbana.

Como os pontos de observação e medição foram os mesmos do mês de junho podem-se considerar os mesmos parâmetros obtidos de Massa Construída, e Fator de Visão de Céu com sua obstrução.

Para o dia 21 de setembro, o recorte de carga térmica no ponto da Antônio Barreto no Bairro do Umarizal é de 853 W/m<sup>2</sup>, dentro da faixa do horário de registro dos dados este valor cai para 297 W/m<sup>2</sup>, para o mesmo Fator de Visão de Céu é 28% e Massa Construída de 973 Kg/m<sup>2</sup>.

Para o ponto do Largo do Carmo no Bairro da Cidade Velha, o recorte de carga térmica do dia 21 de Setembro é de 712 Wh/m<sup>2</sup>, e dentro da faixa de horário de aquisição dos dados foi nulo novamente, para os mesmos 24% de obstrução de Céu e Massa Construída de 691 kg/m<sup>2</sup>.

Foi detectado, portanto, que o recorte de carga determinado pela Massa Construída, para o dia 21 de Setembro, oferece uma variação não muito significativa em relação ao dia 22 de Junho, tanto para os valores diários como para os valores presentes no horário da realização dos experimentos.

Ficou claro, nos dois pontos, que, no mês de Setembro, a relação entre trajetória solar e obstrução da abóboda celeste gerou uma relação proporcional de 86% para o valor de Fator de Visão de Céu, do Largo do Carmo em relação a Antônio Barreto.

Mantendo-se a relação Massa Construída e Fator de Visão de Céu nos dois pontos em relação ao mês de Junho o que acontecerá nos demais períodos já que estes valores não apresentaram mudança no período.

No mês de setembro, diferentemente do mês de Junho, o qual a diferença nas curvas dos padrões de temperatura foram um pouco mais acentuada, esta diferença diminui. Outro fator que pôde ser constatado foi o aumento significativo de diferença entre as máximas e mínimas de temperatura do ar, o qual não aparece na relação com o recorte de carga já que o mesmo não apresentou redução acentuada em relação ao mês de Junho.

O ponto do largo do Carmo já não aparece com menores temperaturas em quase todo o período de medição, a relação está um pouco mais equilibrada, porém o ponto da Antônio Barreto permanece com maior registro de maiores temperaturas inclusive as máximas e mínimas.

Já a relação entre as umidades relativas medidas nos pontos permanece com padrão similar em relação ao mês de Junho, apresentando o ponto da Antônio Barreto, quase sempre os menores valores.

Tabela 06: Carga Térmica - Antônio Barreto 21/09					
BELÉM 21 DE SETEMBRO					
UMARIZAL					
Radiação Solar ( $W/m^2$ ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 5.6 ( $W/m^2$ )	NEB 0.0 ( $W/m^2$ )	Horário	NEB 5.6 ( $W/m^2$ )	NEB 0.0 ( $W/m^2$ )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	40	71	06:30	40	71
07:00	105	183	07:00	100	100
07:30	179	314	07:30	100	100
08:00	257	449	08:00	100	100
08:30	330	578	08:30	100	100
09:00	397	695	09:00	100	100
09:30	456	797	09:30	456	797
10:00	506	886	10:00	506	886
10:30	548	959	10:30	548	959
11:00	581	1.017	11:00	581	1.017
11:30	603	1.055	11:30	603	1.055
12:00	610	1.068	12:00	610	1.068
12:30	603	1.055	12:30	603	1.055
13:00	581	1.017	13:00	581	1.017
13:30	548	959	13:30	548	959
14:00	506	886	14:00	506	886
14:30	456	797	14:30	456	797
15:00	397	695	15:00	397	695
15:30	330	578	15:30	330	578
16:00	257	449	16:00	257	449
16:30	179	314	16:30	100	100
17:00	105	183	17:00	100	100
17:30	40	71	17:30	40	71
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	8.614	15.076	Total	7.762	13.060

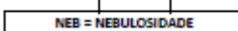
	Recorte de Carga		NEB = NEBULOSIDADE
	Sombreamento		

Tabela 07: Técnicas de Análise		
Técnica de Análise	Valor	Unid
Massa Construída	973	Kg/m <sup>2</sup>
Obstrução de Céu	28%	%
Recorte com Nebulosidade	297	Wh/m <sup>2</sup>

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival Pinheiro

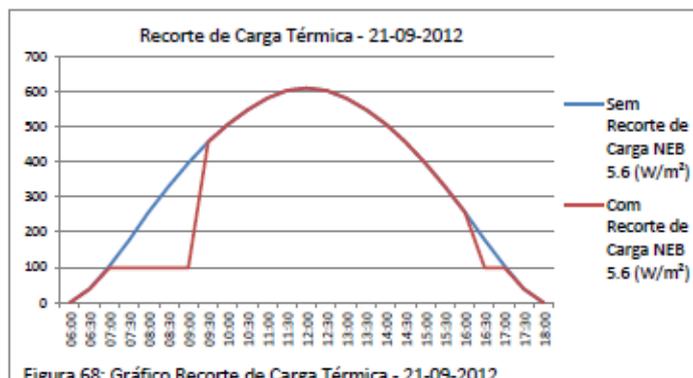


Figura 68: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 21-09-2012

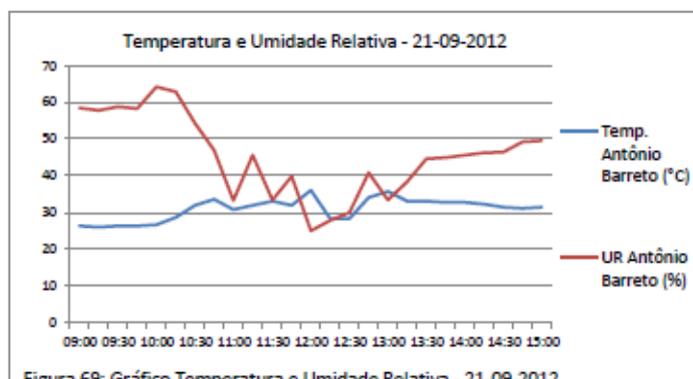


Figura 69: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 21-09-2012

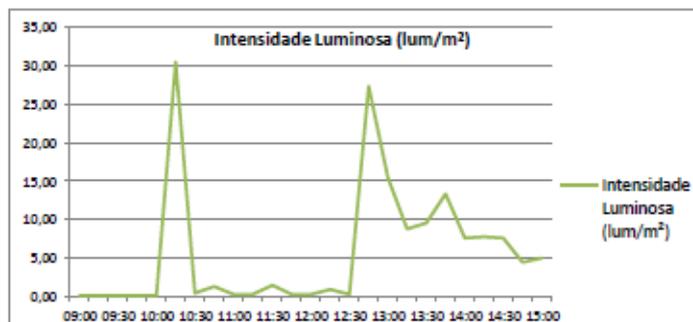
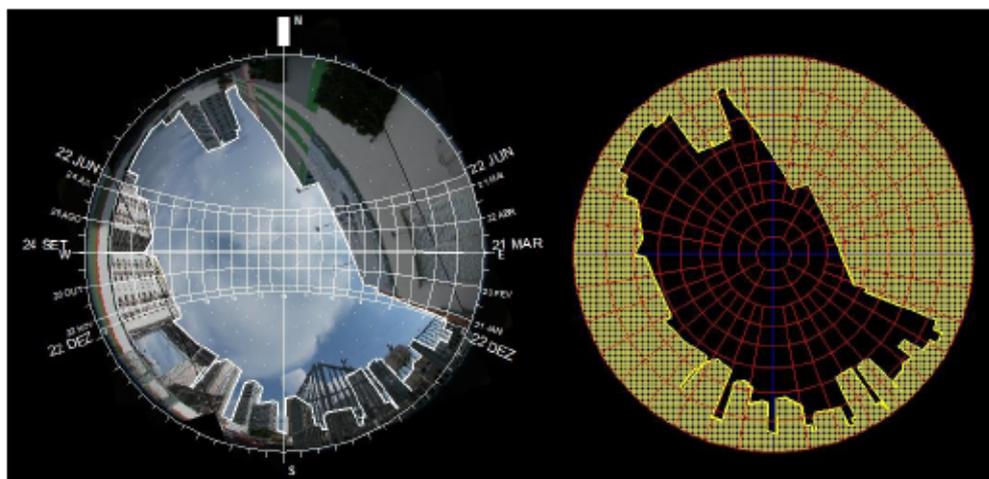
Figura 70: Gráfico Intensidade Luminosa ( $lum/m^2$ )  
tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

Figura 71: Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Antônio Barreto

Tabela 08: Carga Térmica - Largo do Carmo 21/09					
BELÉM 21 DE SETEMBRO					
CIDADE VELHA					
Radiação Solar ( $W/m^2$ ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 5.6 ( $W/m^2$ )	NEB 0.0 ( $W/m^2$ )	Horário	NEB 5.6 ( $W/m^2$ )	NEB 0.0 ( $W/m^2$ )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	40	71	06:30	40	71
07:00	105	183	07:00	100	100
07:30	179	314	07:30	100	100
08:00	257	449	08:00	100	100
08:30	330	578	08:30	100	100
09:00	397	695	09:00	397	695
09:30	456	797	09:30	456	797
10:00	506	886	10:00	506	886
10:30	548	959	10:30	548	959
11:00	581	1.017	11:00	581	1.017
11:30	603	1.055	11:30	603	1.055
12:00	610	1.068	12:00	610	1.068
12:30	603	1.055	12:30	603	1.055
13:00	581	1.017	13:00	581	1.017
13:30	548	959	13:30	548	959
14:00	506	886	14:00	506	886
14:30	456	797	14:30	456	797
15:00	397	695	15:00	397	695
15:30	330	578	15:30	330	578
16:00	257	449	16:00	100	100
16:30	179	314	16:30	100	100
17:00	105	183	17:00	100	100
17:30	40	71	17:30	40	71
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	8.614	15.076	Total	7.902	13.306

	Recorte de Carga		NEB + NEBULOSIDADE
	Sombreamento		

Tabela 09 Técnicas de Análise		
Técnica de Análise	Valor	Unid
Massa Construída	691	Kg/m <sup>3</sup>
Obstrução de Céu	24%	%
Recorte com Nebulosidade	0	Wh/m <sup>2</sup>

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival Pinheiro

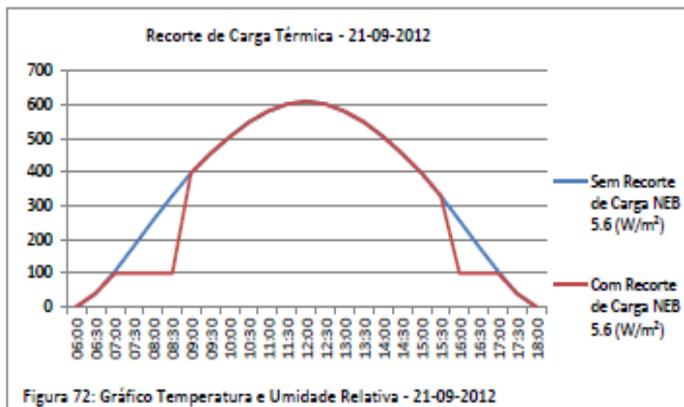


Figura 72: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 21-09-2012

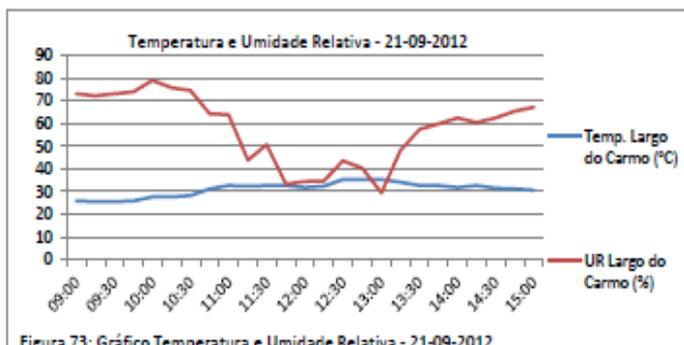


Figura 73: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 21-09-2012

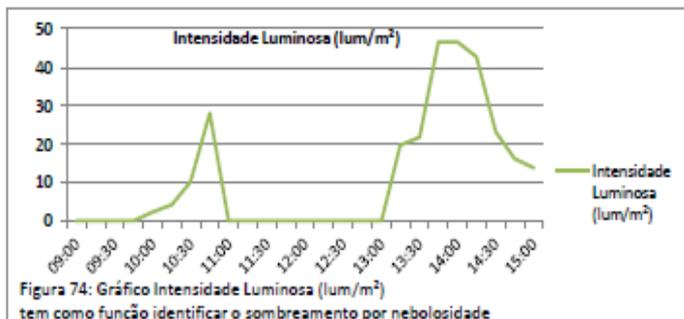
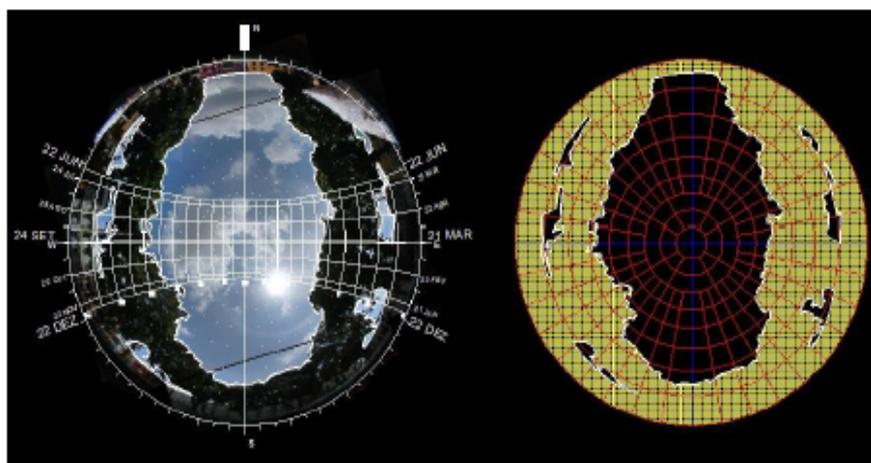
Figura 74: Gráfico Intensidade Luminosa ( $lum/m^2$ ) tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

Figura 75: Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Largo do Carmo

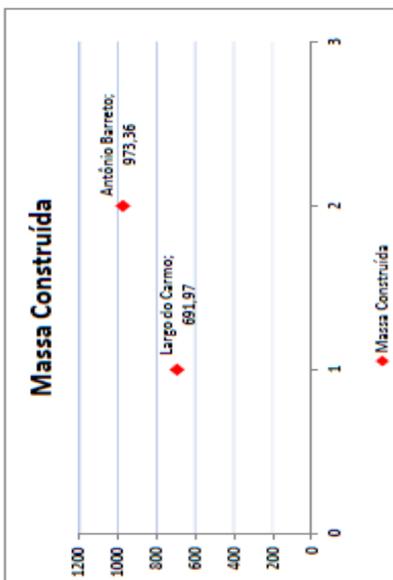


Figura 76: Gráfico Massa Construída

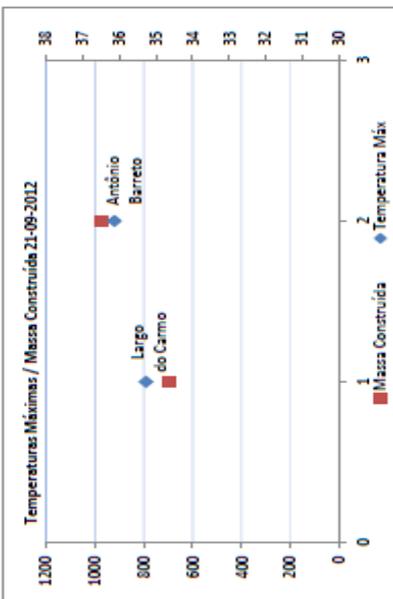


Figura 77: Gráfico Temperaturas Máximas / Massa Construída 21-09-2012

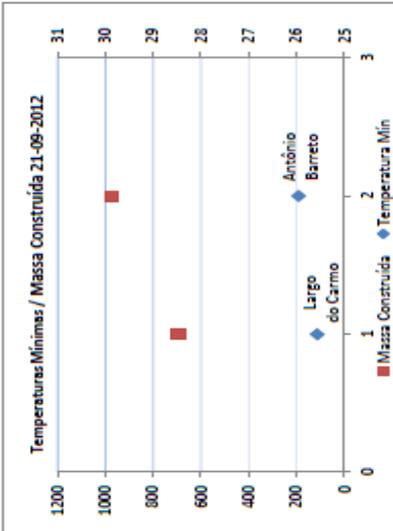


Figura 78: Gráfico Temperaturas Mínimas / Massa Construída 21-09-2012

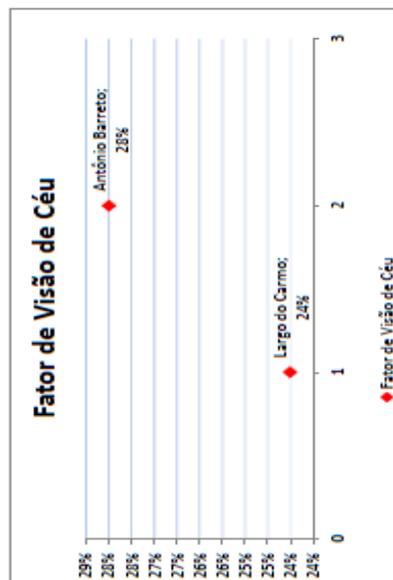


Figura 79: Gráfico Fator de Visão de Céu

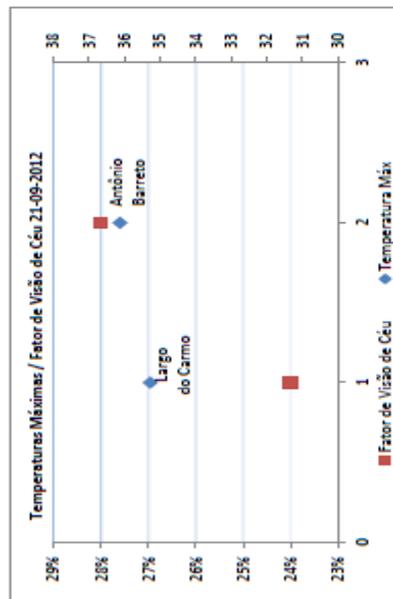


Figura 80: Gráfico Temperaturas Máximas / Fator de Visão de Céu 21-09-2012

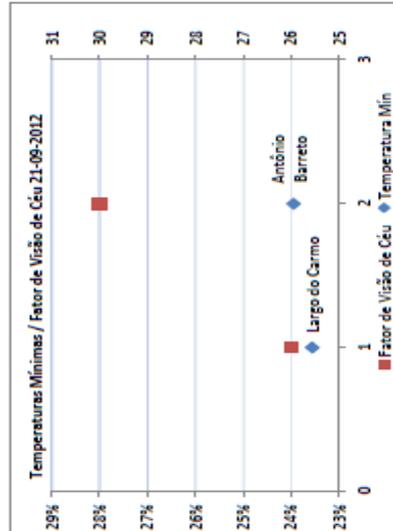


Figura 81: Gráfico Temperaturas Mínimas / Fator de Visão de Céu 21-09-2012

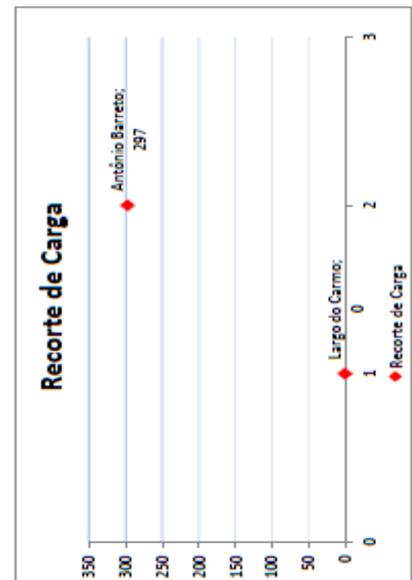


Figura 82: Gráfico Fator de Visão de Céu

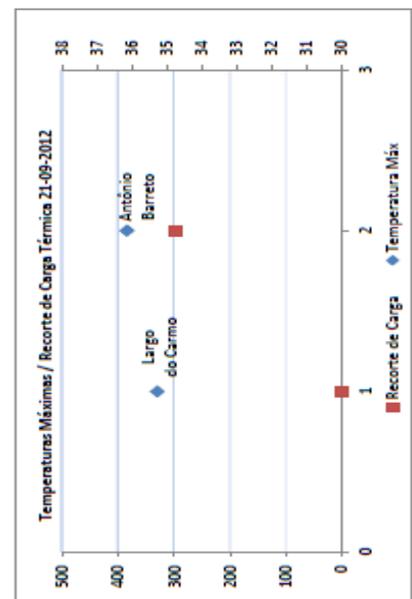


Figura 83: Gráfico Temperaturas Máximas / Recorte de Carga 21-09-2012

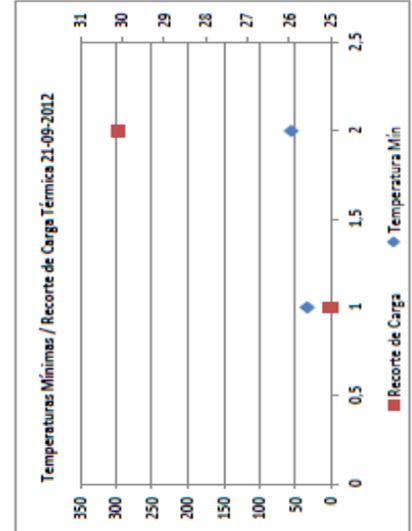


Figura 84: Gráfico Temperaturas Mínimas / Recorte de Carga 21-09-2012

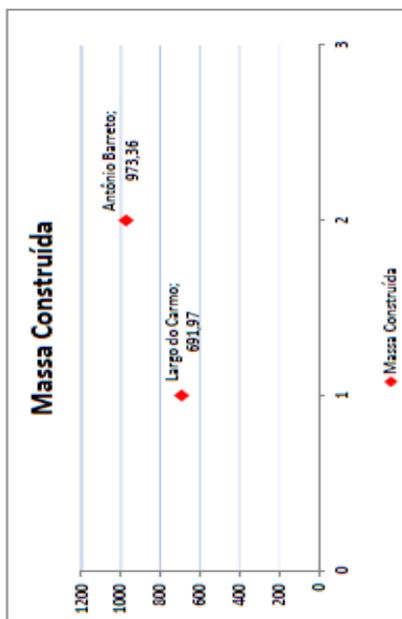


Figura 85: Gráfico Massa Construída

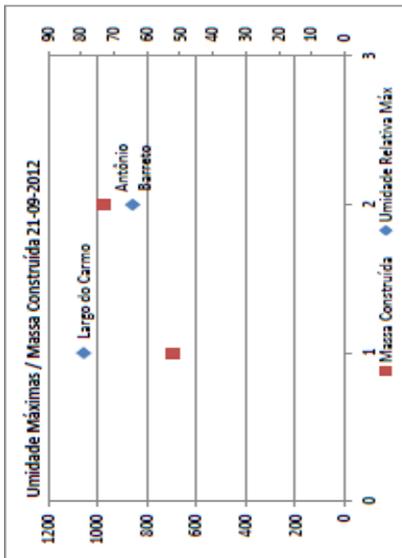


Figura 86: Gráfico Umidades Máximas / Massa Construída 21-09-2012

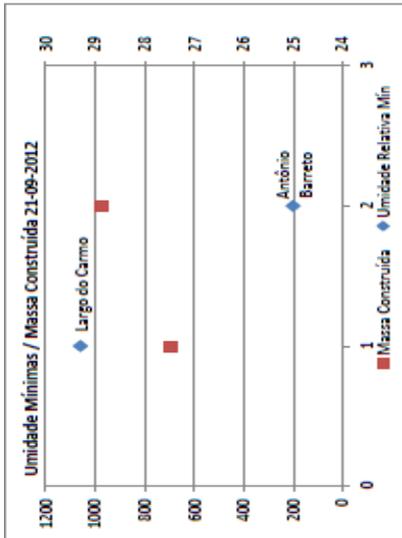


Figura 87: Gráfico Umidades Mínimas / Massa Construída 21-09-2012

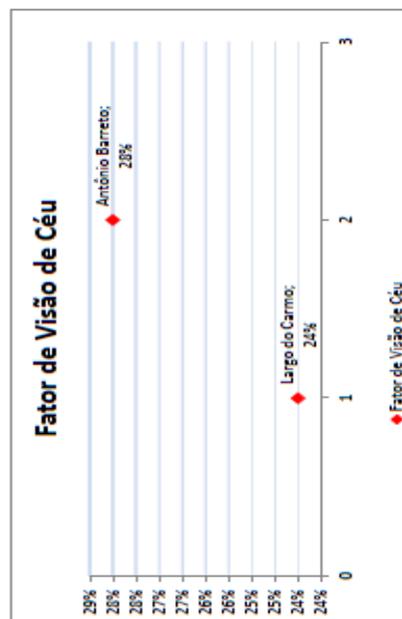


Figura 88: Gráfico Fator de Visão de Céu

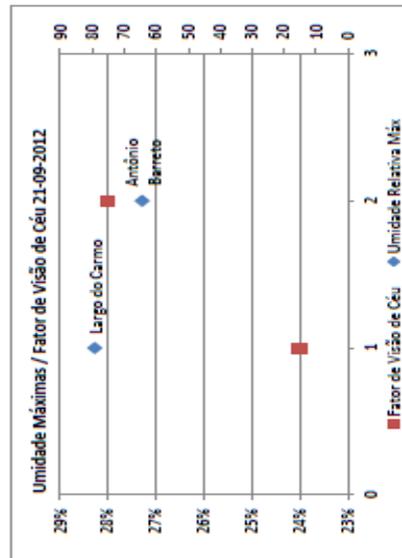


Figura 89: Gráfico Umidades Máximas / Fator de Visão de Céu 21-09-2012

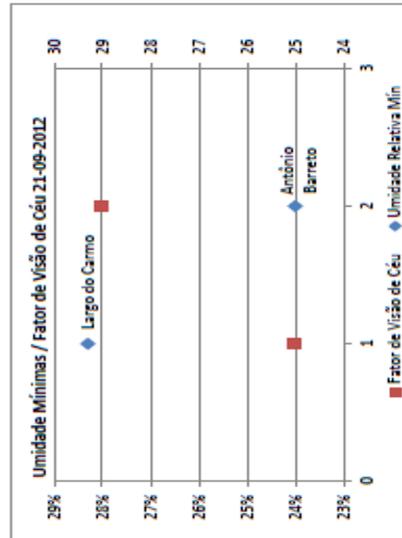


Figura 90: Gráfico Umidades Mínimas / Fator de Visão de Céu 21-09-2012

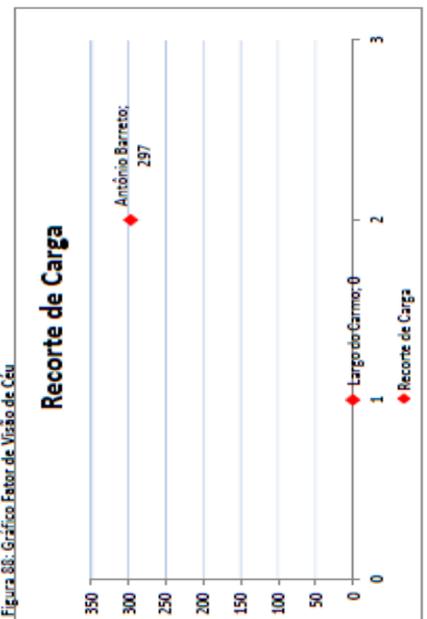


Figura 91: Gráfico Fator de Visão de Céu

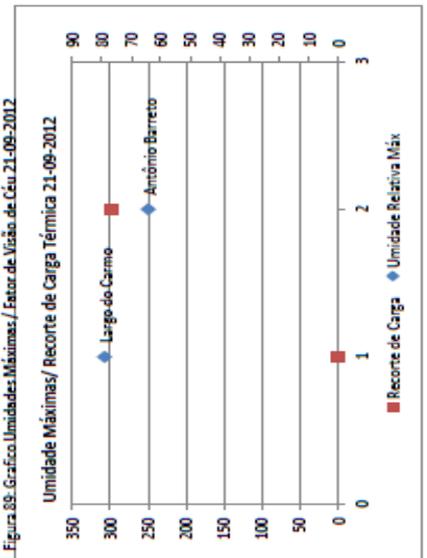


Figura 92: Gráfico Umidades Máximas / Recorte de Carga 21-09-2012

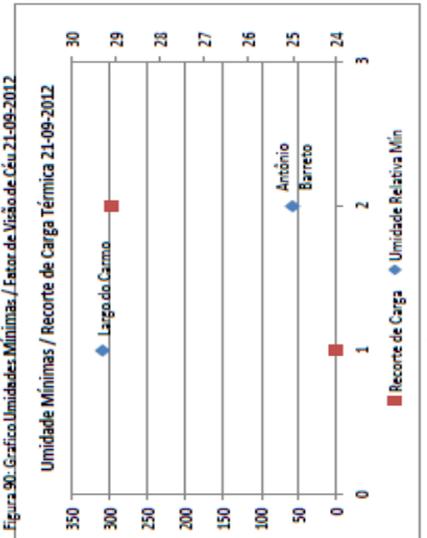


Figura 93: Gráfico Umidades Mínimas / Recorte de Carga 21-09-2012

Tanto para as temperaturas máximas, como mínimas, a massa construída aponta para uma tendência diretamente proporcional à temperatura registrada, ou seja, quanto maior a massa maior a temperatura, sendo que os valores obedecem a certa proporção de acréscimo de temperatura em função do aumento proporcional da massa, sendo que, neste período, a proporção da relação entre Massa Construída e temperatura está mais próxima.

No caso da obstrução de céu em relação às temperaturas registrada foi observado o distanciamento da proporção de relação entre o Fator de Visão de Céu e as temperaturas, porém o parâmetro principal da correlação dos dados se mantém para o ponto de maior obstrução em que são registradas as maiores temperaturas.

A relação entre o recorte de carga e o *fator de visão de céu* ainda permanece, porém com proporções diferenciadas, em setembro, a relação de mínimas fica bem mais distante, já que as mesmas ficaram bem abaixo de Junho.

Em relação à umidade relativa, o comportamento se inverte no ponto de maior massa construída as máximas e mínimas de umidade são menores, e no ponto menor massa construída, a umidade é maior seguindo uma relação de similaridade para os três casos, e a tendência se confirma nos dois períodos.

Chamam atenção, neste dia do mês de setembro, os registros de umidade, sendo as máximas 79,1% e 64,2% e as mínimas de 29,3% e de 25% para os pontos do Largo do Carmo e Antônio Barreto, respectivamente, o que, para os padrões médios locais, podem ser considerados baixos, principalmente nas mínimas.

### 9.3. Para o dia 27 de Outubro 2012

O experimento de campo realizado em outubro de 2012 marcou a terceira etapa das medições de campo, o experimento neste momento foi expandido para 04 pontos sendo dois no Bairro do Umarizal (Antônio Barreto e Pedro Alvares Cabral) e dois no Bairro da Cidade Velha (Largo do Carmo e Pedro Albuquerque), neste a faixa de horário de medições foi de 09:00 h às 16:00h a qual atende ao horário pretendido. Com o maior conhecimento do local e das dinâmicas de preparação para realização deste experimento pode-se expandir um pouco mais o horário.

Estes valores apresentados foram coletados pelos equipamentos sensores HOBO e, dentro do universo de medição, apresentaram os valores para Temperatura do ar, Umidade Relativa e Intensidade Luminosa.

Tanto as planilhas, como as imagens e diagramas para este mês, foram acrescentadas de uma parcela urbana para cada bairro.

Aqui, neste momento, foram adicionados os parâmetros de Massa Construída, Fator de Visão de Céu e recorte de Carga Térmica para os pontos da Pedro Alvares Cabral e Pedro Albuquerque nos bairros do Umarizal e Cidade Velha, respectivamente.

O recorte de carga térmica no ponto da Antônio Barreto, no bairro do Umarizal, é de 968 Wh/m<sup>2</sup> para o dia 27 de outubro, relativamente significativo em relação ao mês de setembro, quando se refere ao horário de realização do experimento este valor passa para 440 W/m<sup>2</sup>, considerando o mesmo Fator de Visão de Céu de 28% e Massa Construída de 973 Kg/m<sup>2</sup> que são as referências dentro dos parâmetros adotados.

Para o ponto do Largo do Carmo, no Bairro da Cidade Velha, foram registrados os seguintes valores 679 W/m<sup>2</sup> de recorte de carga térmica para o dia, e 151 W/m<sup>2</sup> para o horário do experimento, o valor diário é aproximado do recorte do mês de Junho, 24% de obstrução de Céu e Massa Construída de 691 kg/m<sup>2</sup>.

O novo ponto do Umarizal situado na Pedro Alvares Cabral apresenta como valores 3365 Wh/m<sup>2</sup> de recorte de carga térmica diário, bem acima do registro dos outros dois pontos em função do grande campo de obstrução gerado pela edificação de 32 pavimentos ao lado do local de aquisição dos

dados, e de 2914 w/m<sup>2</sup> para o horário do experimento. Este ponto também apresenta 47% de *obstrução de céu* e *massa construída* de 547 kg/m<sup>2</sup>, a menor massa construída, que, além de se encontrar as proximidades de grandes edificações, está às proximidades da Baía do Guajará que ainda possui na sua faixa de orla edificações de baixo gabarito e com pouca densidade, em sua maioria galpões.

No segundo ponto do bairro da Cidade Velha, na Pedro Albuquerque, os valores encontrados foram de 77 Wh/m<sup>2</sup> para o recorte de carga térmica diário, valor muito abaixo dos demais pontos chegando a 2% do valor diário observado no ponto da Pedro Álvares Cabral, dentro do horário de realização do experimento o valor de recorte de carga térmica foi nulo. Ainda para este ponto, foi calculado 26% de valor de obstrução de Céu dentro da média dos demais pontos, apesar de se manter com obstrução de céu dentro da média apresenta um baixo recorte de carga o que interfere, significativamente, nas relações deste parâmetro de análise e Massa Construída de 914 kg/m<sup>2</sup>, o segundo maior valor dentro os quatro pontos.

Dentro das características da localização geográfica dos pontos em relação aos Bairros, foi observado que o ponto do Largo do Carmo se situa mais próximo da faixa de orla do bairro, às proximidades das margens da Baía do Guajará, e o ponto da Antônio Barreto no Bairro do Umarizal se encontra mais dentro do continente afastado da faixa de orla do bairro.

Quando se adota o ponto de medição da Pedro Albuquerque no Bairro do da Cidade Velha, introduz-se sua característica de localização mais adentro do continente, como ocorre no ponto da Antônio Barreto, no bairro do Umarizal, já o ponto da Pedro Álvares Cabral no bairro do Umarizal introduziu a localização as proximidades da orla as margens da Baía do Guajará, como no ponto do Largo do Carmo.

Esta escolha de similaridade de localização de parcelas urbanas dentro dos bairros possibilita um parâmetro de análise mais apurado para caracterização dos efeitos da morfologia urbana nos pontos de medição.

O recorte de carga apresentou dois pontos extremos, Pedro Álvares Cabral e Pedro Albuquerque, com relação de 2% para o segundo ponto em relação ao primeiro, estando a Antônio Barreto e o Largo do Carmo com recortes mais aproximados entre si e intermediários em relação aos demais.

Já a Massa Construída apresenta valores similares para os pontos da Antônio Barreto no bairro do Umarizal e o ponto da Pedro Albuquerque no bairro da Cidade Velha com proporção de 93%, e valores relativamente aproximados dos pontos do Largo do Carmo no Bairro e da Pedro Alvares Cabral, com proporção de 79%.

Apesar de não apresentarem diferenças demasiadas no conjunto dos períodos de medição, dois momentos se destacam às 9:45h e às 16:00h nos quais ocorre uma diferença acentuada de temperatura entre os pontos, chegando a apresentar nos dois momentos uma diferença de 8°C e 7°C entre os pontos da Antônio Barreto e do Largo do Carmo.

O ponto da Antônio Barreto passa a alternar os momentos de registro de maior temperatura com o ponto da Pedro Albuquerque, já os Pontos do Largo do Carmo e da Pedro Alvares Cabral alternam-se nos registros de menor temperatura.

As diferenças entre máximas e mínimas registradas dentro dos próprios pontos aparecem relativamente acentuadas, apresentando amplitudes térmicas de 5°C a 9°C.

O Largo do Carmo apresenta, na maior parte do período, os maiores valores para umidade relativa com uma proximidade dos valores apresentados na Pedro Alvares Cabral, já o ponto da Pedro Albuquerque apresenta os menores valores para o período acompanhado de perto do ponto da Antônio Barreto.

O que pode ser observado em relação aos valores de temperatura e umidade relativa é certo agrupamento dos valores obtidos nos pontos mais próximos das bordas do bairro, voltadas para a baía do Guajará e que possuem índice de massa mais aproximado entre si, e o segundo agrupamento a partir dos valores dos pontos localizados mais no centro dos bairros Pedro Albuquerque na Cidade Velha e Antônio Barreto no Umarizal que possuem valores de Massa Construída muito próximos.

É importante observar que há similaridade entre estes grupos de pontos quanto à massa construída.

Tabela 10: Carga Térmica - Antônio Barreto 27/10					
BELÉM 27 DE OUTUBRO					
UMARIZAL					
Radiação Solar (W/m <sup>2</sup> ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 5.5 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )	Horário	NEB 5.5 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	39	68	06:30	39	68
07:00	102	176	07:00	100	100
07:30	175	302	07:30	100	100
08:00	251	433	08:00	100	100
08:30	323	558	08:30	100	100
09:00	389	671	09:00	100	100
09:30	446	771	09:30	446	771
10:00	495	855	10:00	495	855
10:30	536	925	10:30	536	925
11:00	567	979	11:00	567	979
11:30	587	1.013	11:30	587	1.013
12:00	594	1.025	12:00	594	1.025
12:30	587	1.013	12:30	587	1.013
13:00	567	979	13:00	567	979
13:30	536	925	13:30	536	925
14:00	495	855	14:00	495	855
14:30	446	771	14:30	446	771
15:00	389	671	15:00	389	671
15:30	323	558	15:30	323	558
16:00	251	433	16:00	100	100
16:30	175	302	16:30	100	100
17:00	102	176	17:00	100	100
17:30	39	68	17:30	39	68
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	8.414	14.527	Total	7.446	12.276

	Recorte de Carga		NEB + NEBULOSIDADE
	Sombreamento		

Tabela 11: Técnicas de Análise		
Técnica de Análise	Valor	Unid
Massa Construída	973	Kg/m <sup>2</sup>
Obstrução de Céu	28%	%
Recorte com Nebulosidade	440	Wh/m <sup>2</sup>

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival

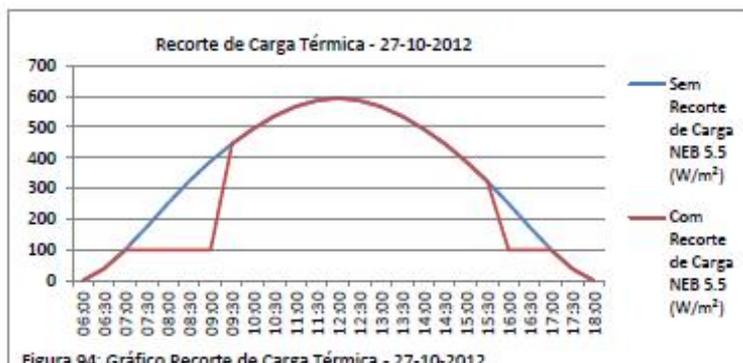


Figura 94: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 27-10-2012

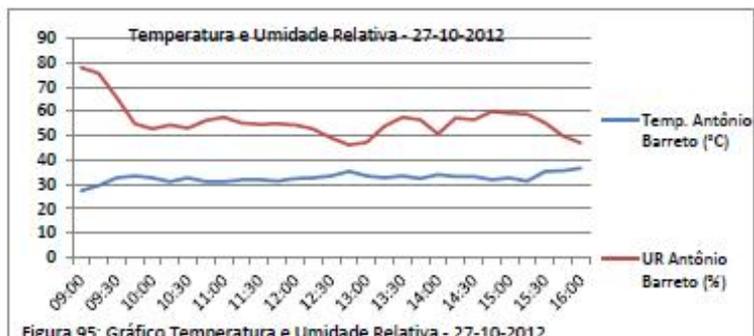


Figura 95: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 27-10-2012

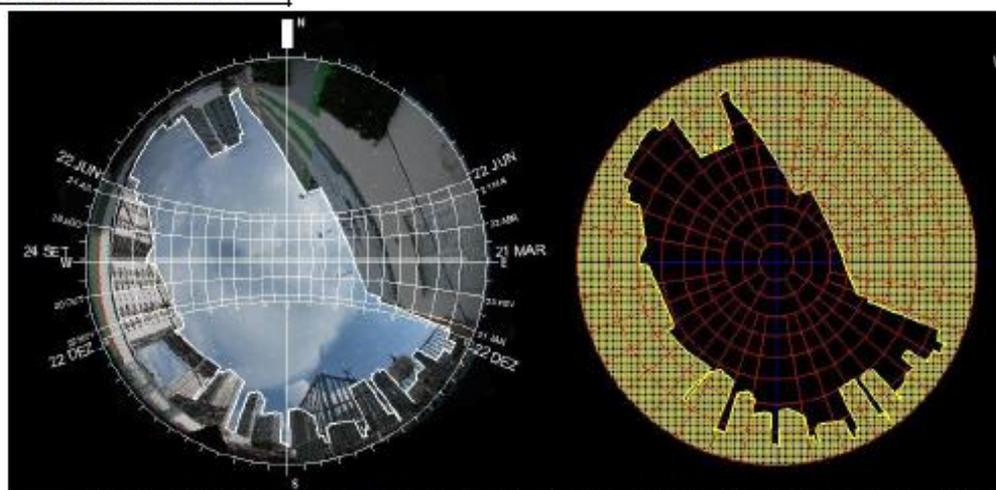
Figura 96: Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m<sup>2</sup>) tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

Figura 97: Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Antônio Barreto

Tabela 12: Carga Térmica - Pedro Álvares Cabral 27/10					
BELÉM 27 DE OUTUBRO					
UMARIZAL					
Radiação Solar (W/m <sup>2</sup> ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 5.5 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )	Horário	NEB 5.5 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	39	68	06:30	39	68
07:00	102	176	07:00	100	100
07:30	175	302	07:30	100	100
08:00	251	433	08:00	100	100
08:30	323	558	08:30	100	100
09:00	389	671	09:00	100	100
09:30	446	771	09:30	100	100
10:00	495	855	10:00	100	100
10:30	536	925	10:30	100	100
11:00	567	979	11:00	100	100
11:30	587	1.013	11:30	100	100
12:00	594	1.025	12:00	100	100
12:30	587	1.013	12:30	587	1.013
13:00	567	979	13:00	567	979
13:30	536	925	13:30	536	925
14:00	495	855	14:00	495	855
14:30	446	771	14:30	446	771
15:00	389	671	15:00	389	671
15:30	323	558	15:30	323	558
16:00	251	433	16:00	251	433
16:30	175	302	16:30	175	302
17:00	102	176	17:00	102	176
17:30	39	68	17:30	39	68
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	8.414	14.527	Total	5.049	7.919

  Recorte de Carga        NEB = NEBULOSIDADE  
  Sombreamento

Tabela 13: Técnicas de Análise		
Técnica de Análise	Valor	Unid
Massa Construída	547	Kg/m <sup>2</sup>
Obstrução de Céu	47%	%
Recorte com Nebulosidade	2914	Wh/m <sup>2</sup>

valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival Pinheiro

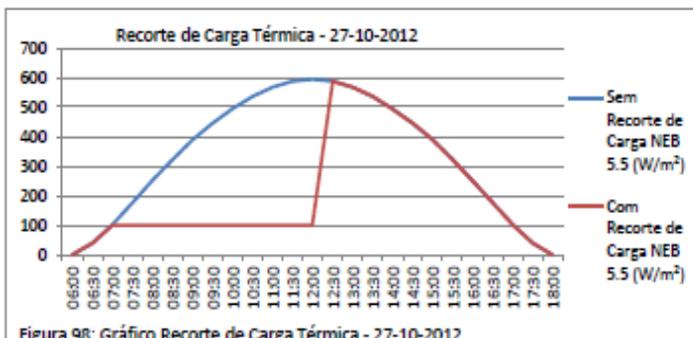


Figura 98: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 27-10-2012

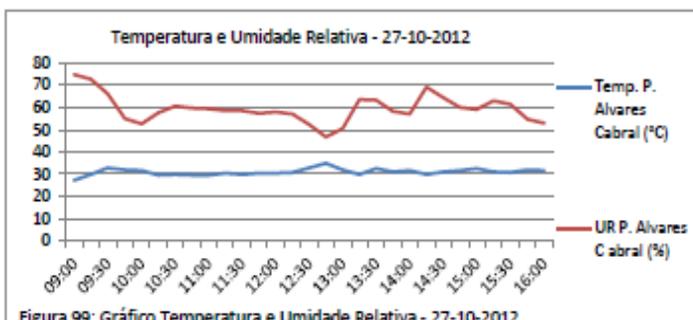


Figura 99: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 27-10-2012

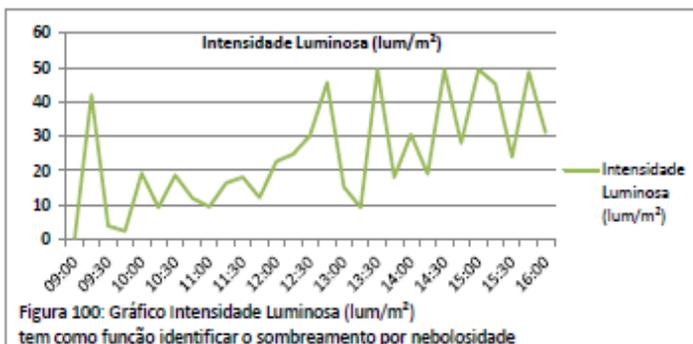


Figura 100: Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m<sup>2</sup>) tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

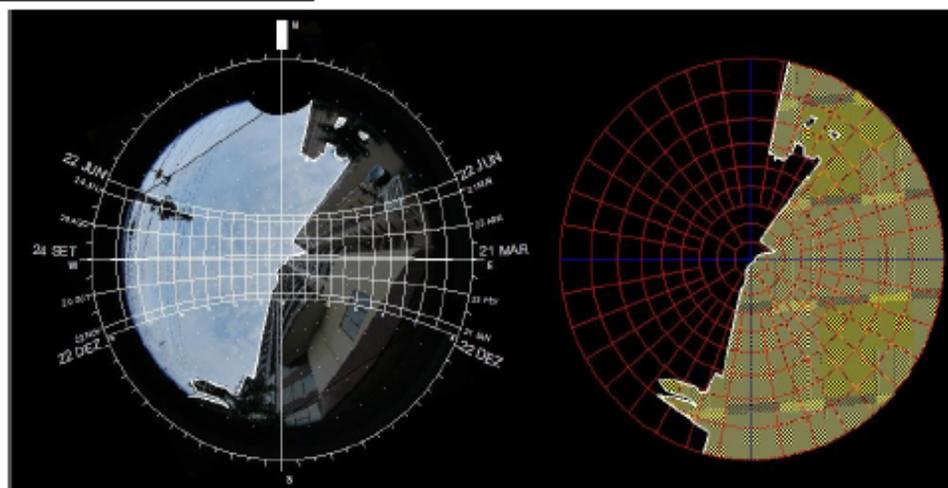


Figura 101: Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Pedro Álvares Cabral

Tabela 14: Carga Térmica - Largo do Carmo 27/10					
BELÉM 27 DE OUTUBRO					
CIDADE VELHA					
Radiação Solar ( $W/m^2$ ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 5.5 ( $W/m^2$ )	NEB 0.0 ( $W/m^2$ )	Horário	NEB 5.5 ( $W/m^2$ )	NEB 0.0 ( $W/m^2$ )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	39	68	06:30	39	68
07:00	102	176	07:00	100	100
07:30	175	302	07:30	100	100
08:00	251	433	08:00	100	100
08:30	323	558	08:30	100	100
09:00	389	671	09:00	389	671
09:30	446	771	09:30	446	771
10:00	495	855	10:00	495	855
10:30	536	925	10:30	536	925
11:00	567	979	11:00	567	979
11:30	587	1.013	11:30	587	1.013
12:00	594	1.025	12:00	594	1.025
12:30	587	1.013	12:30	587	1.013
13:00	567	979	13:00	567	979
13:30	536	925	13:30	536	925
14:00	495	855	14:00	495	855
14:30	446	771	14:30	446	771
15:00	389	671	15:00	389	671
15:30	323	558	15:30	323	558
16:00	251	433	16:00	100	100
16:30	175	302	16:30	100	100
17:00	102	176	17:00	100	100
17:30	39	68	17:30	39	68
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	8.414	14.527	Total	7.735	12.847

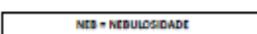
	Recorte de Carga		NEB = NEBULOSIDADE
	Sombreamento		

Tabela 15: Técnicas de Análise		
Técnica de Análise	Valor	Unid
Massa Construída	691	$Kg/m^2$
Obstrução de Céu	24%	%
Recorte com Nebulosidade	151	$Wh/m^2$

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival Pinheiro

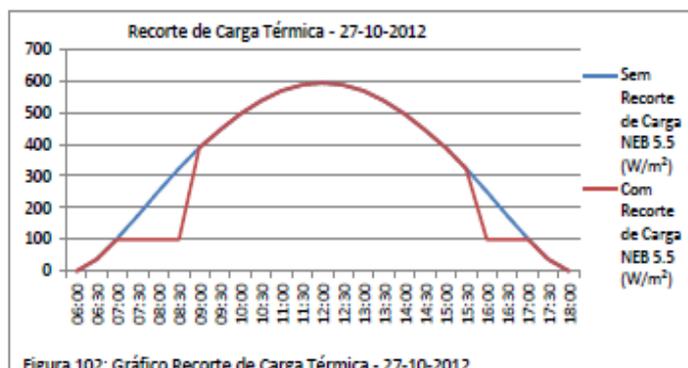


Figura 102: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 27-10-2012

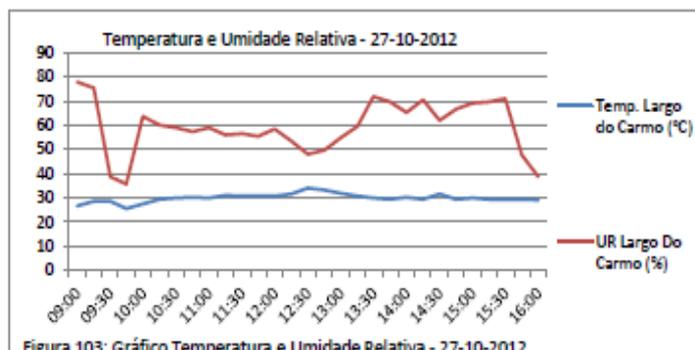


Figura 103: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 27-10-2012

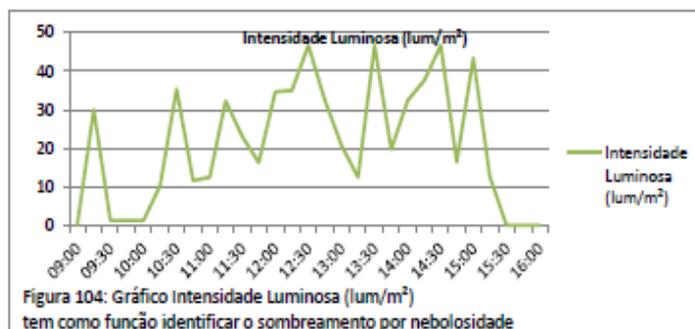
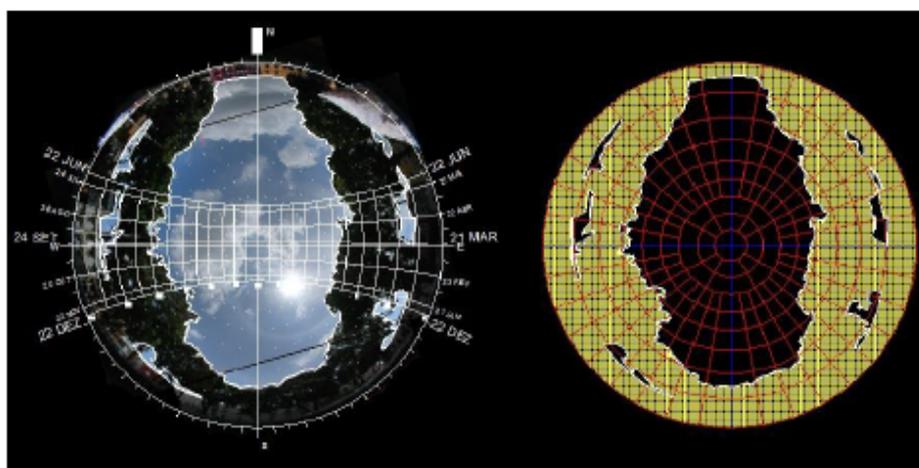
Figura 104: Gráfico Intensidade Luminosa ( $lum/m^2$ ) tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

Figura 105: Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Largo do Carmo

Tabela 16: Carga Térmica - Pedro Albuquerque 27/10					
SELÉM 27 DE OUTUBRO					
CIDADE VELHA					
Radiação Solar (W/m <sup>2</sup> ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 5.5 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )	Horário	NEB 5.5 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	39	68	06:30	39	68
07:00	102	176	07:00	102	176
07:30	175	302	07:30	175	302
08:00	251	433	08:00	251	433
08:30	323	558	08:30	323	558
09:00	389	671	09:00	389	671
09:30	446	771	09:30	446	771
10:00	495	855	10:00	495	855
10:30	536	925	10:30	536	925
11:00	567	979	11:00	567	979
11:30	587	1.013	11:30	587	1.013
12:00	594	1.025	12:00	594	1.025
12:30	587	1.013	12:30	587	1.013
13:00	567	979	13:00	567	979
13:30	536	925	13:30	536	925
14:00	495	855	14:00	495	855
14:30	446	771	14:30	446	771
15:00	389	671	15:00	389	671
15:30	323	558	15:30	323	558
16:00	251	433	16:00	251	433
16:30	175	302	16:30	100	100
17:00	102	176	17:00	100	100
17:30	39	68	17:30	39	68
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	8.414	14.527	Total	8.337	14.249

Recorte de Carga
  Sombreamento
 NEB + NEBULOSIDADE

Tabela 17: Técnicas de Análise		
Técnicas de Análise	Valor	Unid.
Massa Construída	914	Kg/m <sup>2</sup>
Obstrução de Céu	26%	%
Recorte com Nebulosidade	0	Wh/m <sup>2</sup>

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival Pinheiro

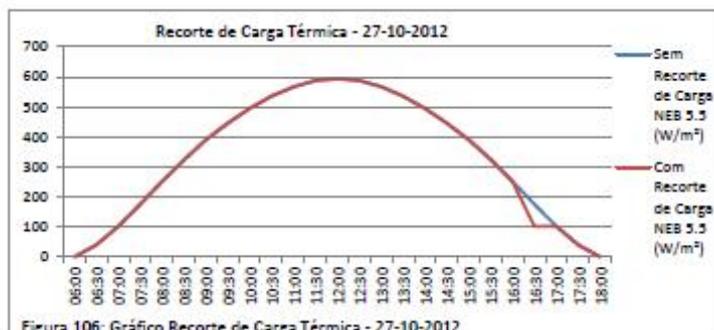


Figura 106: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 27-10-2012

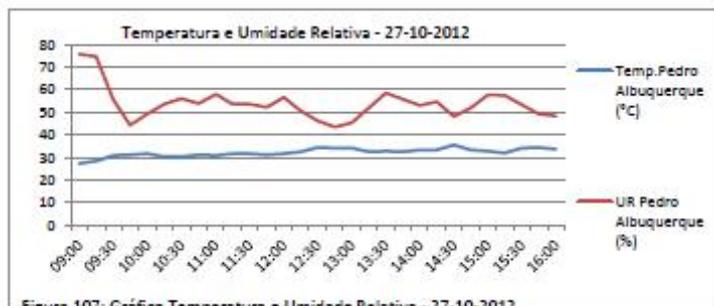


Figura 107: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 27-10-2012

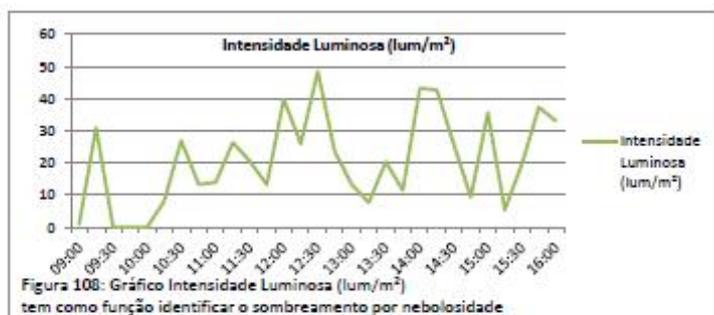


Figura 108: Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m<sup>2</sup>) tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

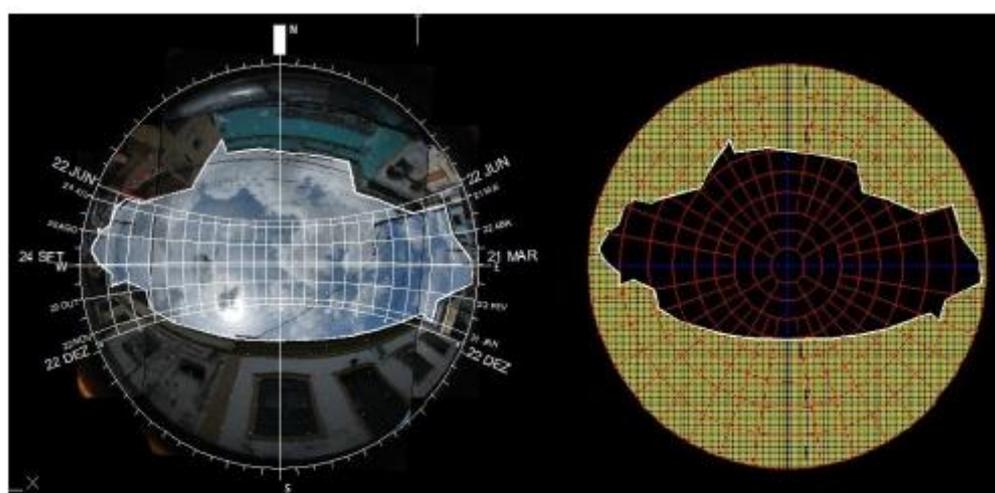


Figura 109: Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Pedro Albuquerque

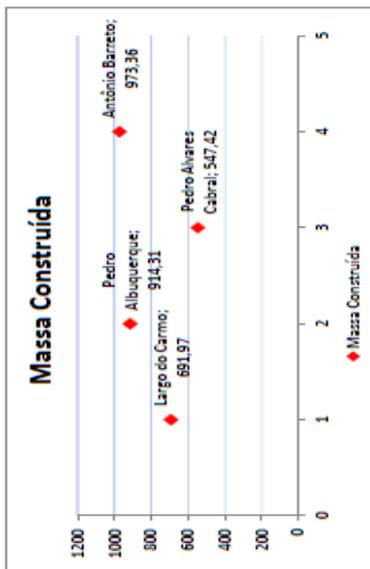


Figura 110: Gráfico Massa Construída

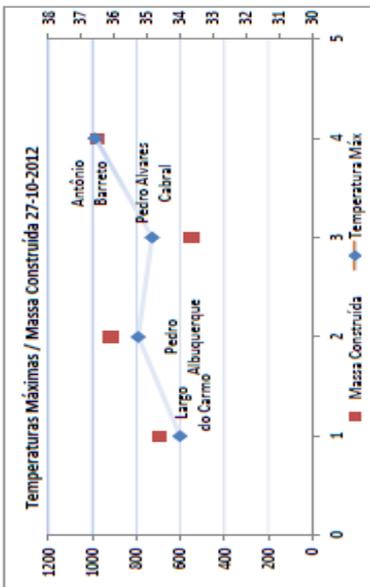


Figura 111: Gráfico Temperaturas Máximas / Massa Construída 27-10-2012

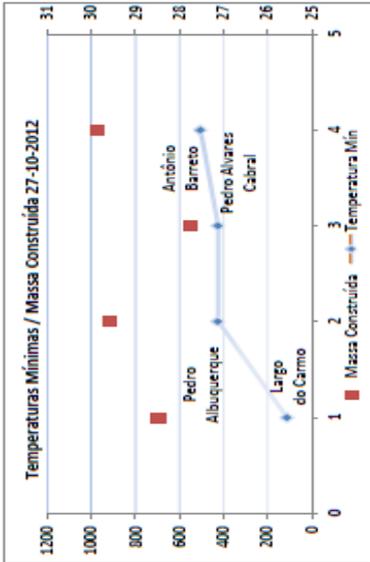


Figura 112: Gráfico Temperaturas Mínimas / Massa Construída 27-10-2012

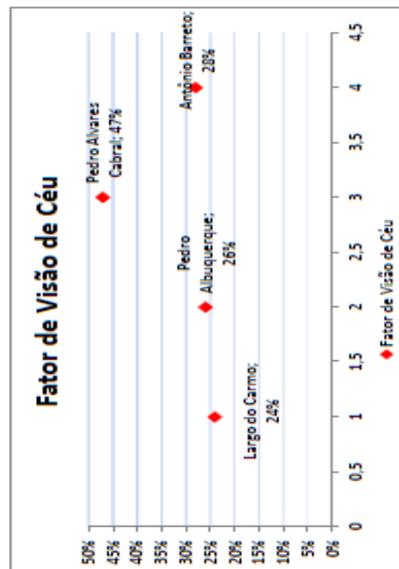


Figura 113: Gráfico Fator de Visão de Céu

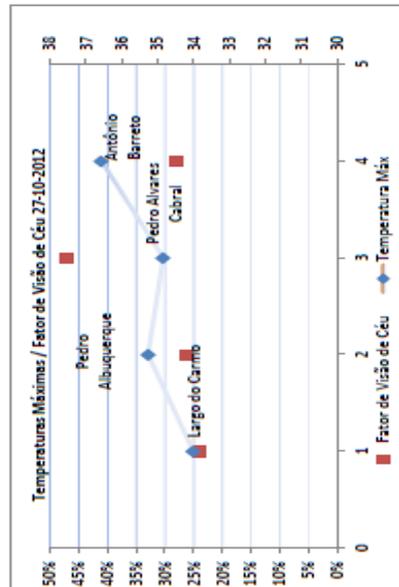


Figura 114: Gráfico Temperaturas Máximas / Fator de Visão de Céu 27-10-2012

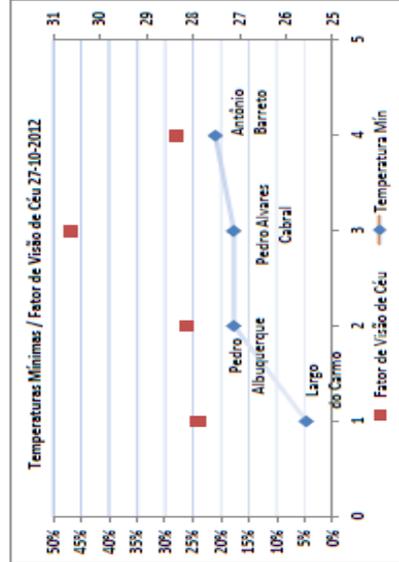


Figura 115: Gráfico Temperaturas Mínimas / Fator de Visão de Céu 27-10-2012

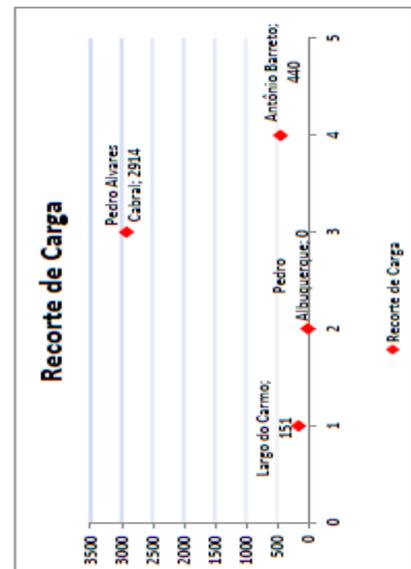


Figura 116: Gráfico Fator de Visão de Céu

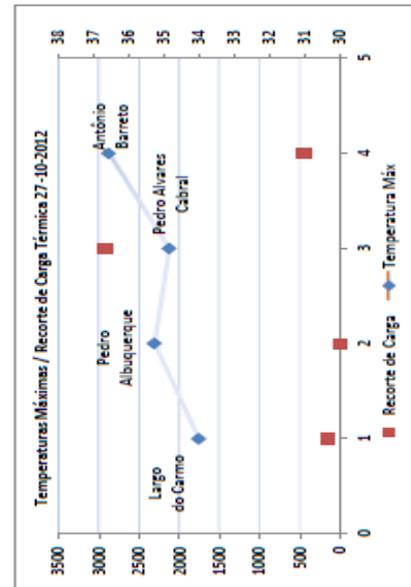


Figura 117: Gráfico Temperaturas Máximas / Recorte de Carga 27-10-2012

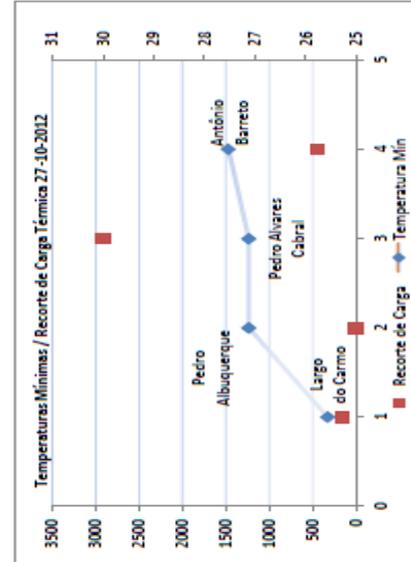


Figura 118: Gráfico Temperaturas Mínimas / Recorte de Carga 27-10-2012

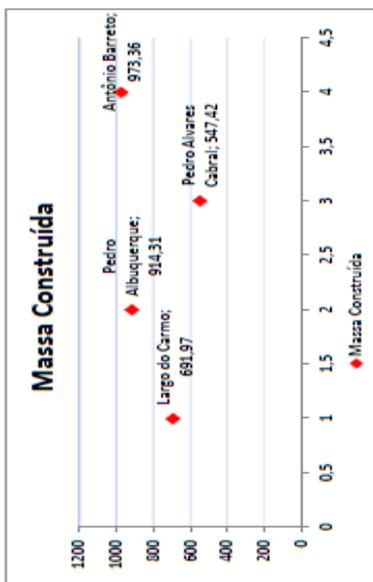


Figura 119: gráfico Massa Construída

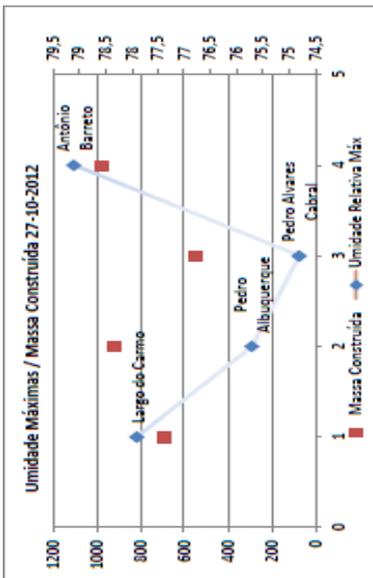


Figura 120: Gráfico Umidades Máximas / Massa Construída 27-10-2012

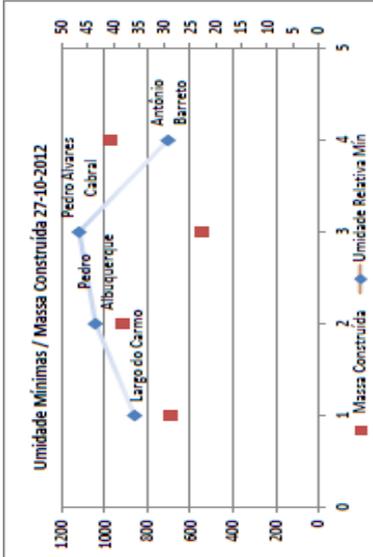


Figura 121: Gráfico Umidades Mínimas / Massa Construída 27-10-2012

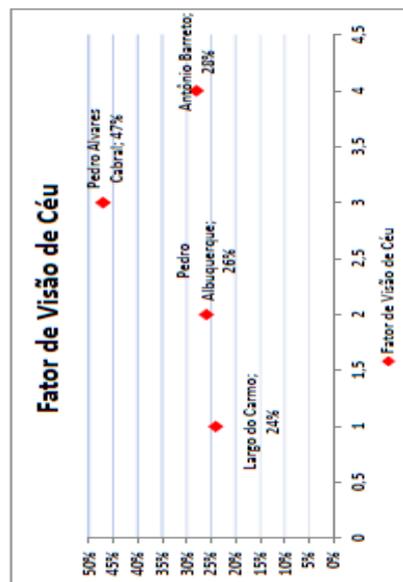


Figura 122: gráfico Fator de Visão de Céu

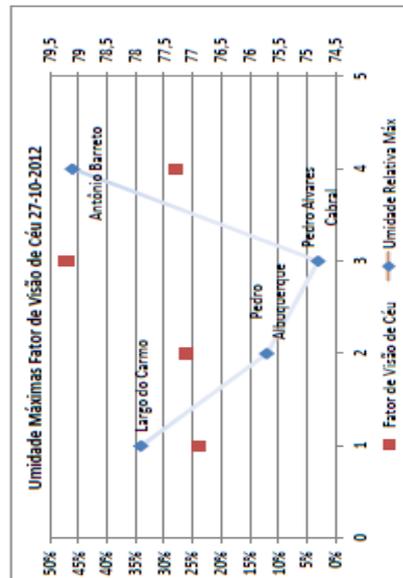


Figura 123: Gráfico Umidades Máximas / Fator de Visão de Céu 27-10-2012

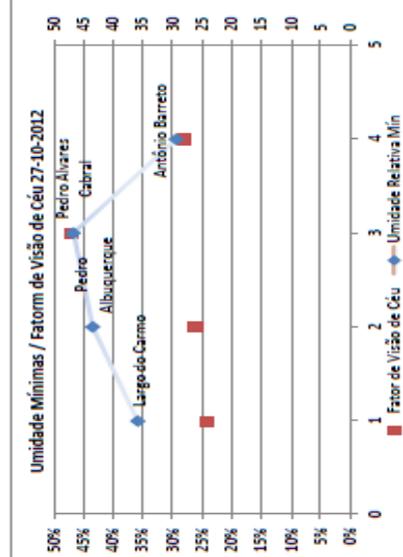


Figura 124: Gráfico Umidades Mínimas / Fator de Visão de Céu 27-10-2012

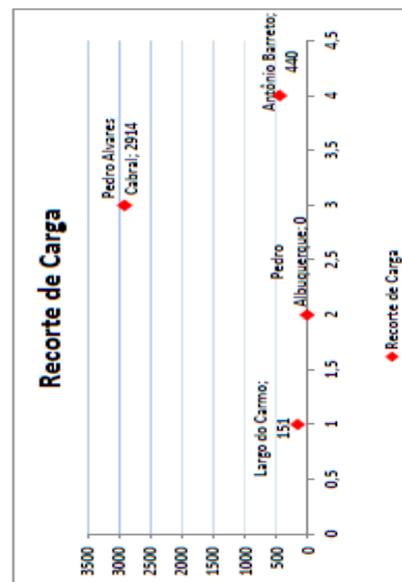


Figura 125: Gráfico Fator de Visão de Céu

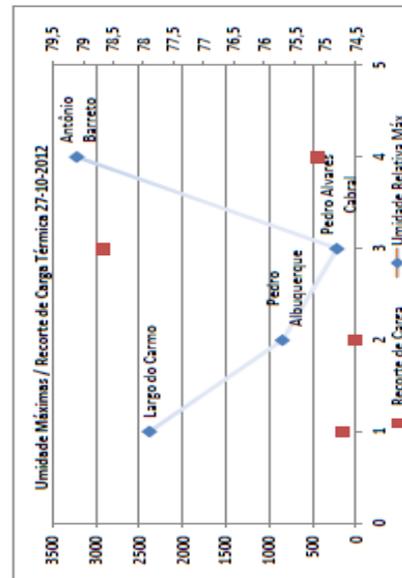


Figura 126: Gráfico Umidades Máximas / Recorte de Carga 27-10-2012

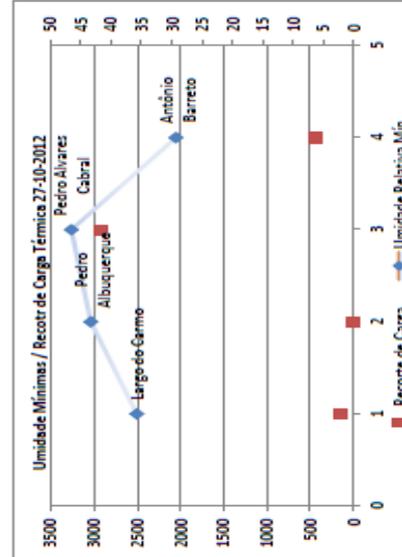


Figura 127: Gráfico Umidades Mínimas / Recorte de Carga 27-10-2012

Em relação à temperatura, os valores de massa construída, tanto de máximas, quanto de mínimas apresentam similaridade de comportamento entre os pontos do Largo do Carmo e Pedro Albuquerque na Cidade Velha e, também, com o ponto da Antônio Barreto no Umarizal, já a Pedro Alvares Cabral apresenta um padrão diferenciado.

Ou seja, o ponto possui a menor *massa construída* e não possui os menores valores de temperatura máxima, mínima e nem média. A massa construída, porém, não está distante do Ponto do Largo do Carmo que apresenta os menores valores de temperatura.

Para o caso da obstrução do céu ou *fator de visão de céu*, novamente, o ponto da Pedro Alvares Cabral foge a um comportamento padronizado observado na comparação entre os demais pontos, pois o mesmo apresenta uma relação de maior *fator de visão de céu* menor temperatura, os demais pontos apresentam a relação inversa, maior obstrução de céu maior temperatura, o que indica pouca proteção, sombreamento associado a grande inércia térmica.

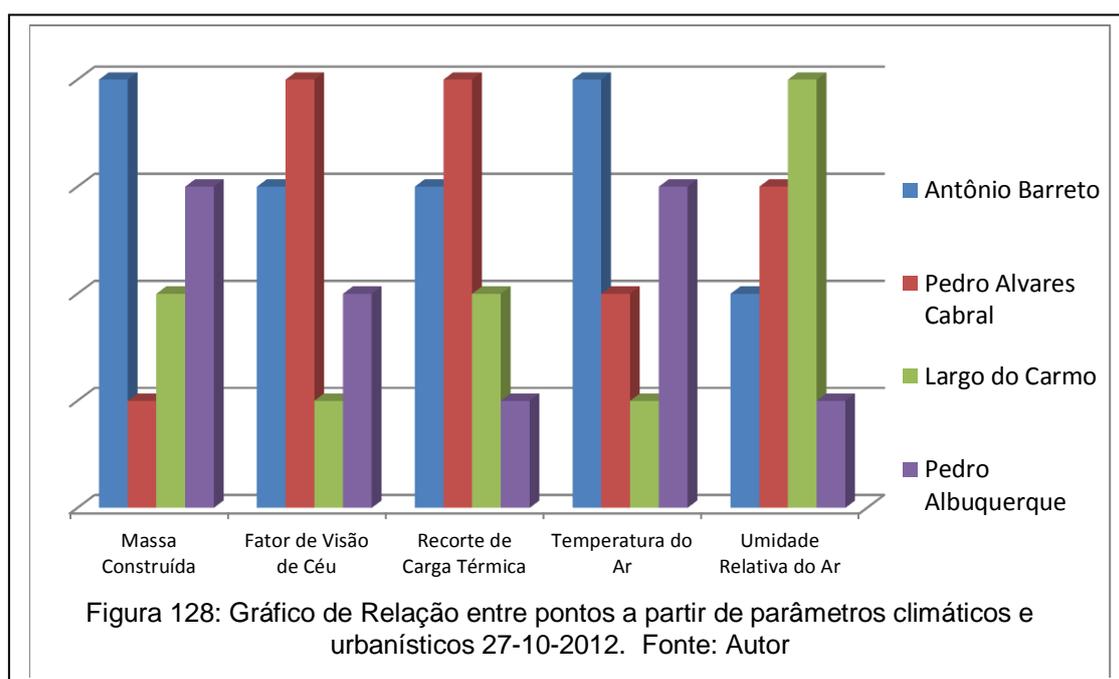
O recorte de carga térmica é o parâmetro que indica um menor padrão na relação entre maiores e menores valores de temperatura apesar de apresentar similaridade no comportamento dos pontos em relação às temperaturas máximas e mínimas.

Ao se deparar com os três parâmetros de análise em relação à umidade relativa, ocorre o mesmo comportamento observado para as temperaturas, ou seja, não ocorrem entre os quatro pontos uma clara correlação entre os valores de temperatura e umidade com os parâmetros de análise, *massa construída*, *fator de visão de céu* e *recorte de carga*, pois a associação mais precisa demanda também inferências com ventilação, vegetação, nebulosidade e com maior saturação de dados.

Comparativamente os valores obtidos em campo em relação aos parâmetros adotados, a partir das técnicas de análise de balanço energético do meio urbano, para os pontos de estudo no dia 27 de Outubro de 2012, seriam em ordem decrescente:

Tabela 18: Relação entre pontos a partir de parâmetros climáticos e urbanísticos 27-10-2012						
Bairro	Parcela Urbana	Massa Construída	Fator de Visão de Céu	Recorte de Carga Térmica	Temperatura do Ar	Umidade Relativa do Ar
Umarizal	Antônio Barreto	1º	2º	2º	1º	3º
	Pedro Alvares Cabral	4º	1º	1º	3º	2º
Cidade Velha	Largo do Carmo	3º	4º	3º	4º	1º
	Pedro Albuquerque	2º	3º	4º	2º	4º

Fonte: Autor



Pode-se, então, observar, de forma mais clara ainda, estes parâmetros comparativos para os dados obtidos no dia 27 de Outubro de 2012, apesar do posicionamento próximo entre o ponto do Largo do Carmo e o ponto da Pedro Albuquerque em relação aos parâmetros de *recorte de carga térmica* e *fator de visão de céu* a diferença do parâmetro *recorte de carga térmica* entre os dois pontos é bastante acentuada.

#### 9.4. Para o dia 12 de Janeiro 2013

A última etapa dos experimentos de campo realizada deu-se entre os dias de 11 e 21 de Janeiro de 2013, neste momento, após a experiência adquirida nos experimentos anteriores com o desenvolvimento dos pontos de medição, podem-se fixar os aparelhos nos quatro pontos escolhidos, isto possibilitou a leitura intermitente dos valores climáticos pretendidos para o desenvolvimento do trabalho, entrando numa fase voltada a obter maior resolução na coleta de dados.

Neste momento foi acrescentado mais um ponto para análise o qual serviria de referência para o desenvolvimento do trabalho com aplicação de parâmetros de metrologia. Ao se escolher a área da Embrapa, após a solicitação para uso do espaço destinado à estação meteorológica da instituição, foi possível, então, promover um pareamento dos dados obtidos nos sensores utilizados neste trabalho, com os instrumentos da instituição, já que estes possuem um padrão e são referência na aquisição de dados climáticos na cidade.

Para análise mais sucinta, escolheu-se o dia 12 de janeiro, no horário de 06:00h às 18:00h, para se separar os dados para análise, pois, desta forma, seria viável observar os padrões climáticos pretendidos no período da incidência de radiação solar direta.

Estes valores apresentados foram coletados pelos equipamentos sensores HOBO e, dentro do universo de medição, apresentaram os seguintes valores para Temperatura do ar, Umidade Relativa e Intensidade Luminosa.

A quantidade de pontos adotada para coleta e análise dos dados permaneceu a mesma do mês de outubro.

O recorte de carga térmica no ponto da Antônio Barreto no Bairro do Umarizal para o dia 12 de janeiro é de  $156 \text{ Wh/m}^2$ , período de menor recorte, para o mesmo *fator de visão de céu* de 28% e *massa construída* de  $973 \text{ Kg/m}^2$ .

Para o ponto do Largo do Carmo no bairro da Cidade Velha, foram registrados os seguintes valores,  $374 \text{ Wh/m}^2$  de *recorte de carga térmica*, apresentando redução em relação aos períodos anteriores, 24% de *obstrução de céu* e *massa construída* de  $691 \text{ kg/m}^2$ .

No ponto da Pedro Alvares Cabral, o valor de 1860 Wh/m<sup>2</sup> de recorte de carga térmica foi bem inferior ao registrado em outubro, porém ainda acima do da média do registro dos demais pontos, 47% de obstrução de céu e *massa construída* de 547 kg/m<sup>2</sup>.

Já no ponto situado na Pedro Albuquerque, os valores encontrados foram de 64 Wh/m<sup>2</sup> para o recorte de carga térmica, o menor de todos os registrados na pesquisa, porém, proporcionalmente, mais aproximado dos demais para este dia.

O recorte de carga apresentou uma maior proximidade entre os pontos da Pedro Albuquerque, o ponto do Largo do Carmo e o ponto da Antônio Barreto, sendo ainda o ponto de menor recorte de carga o da Pedro Albuquerque.

Dentro do período de análise, que ficou compreendido entre 06:00h e às 18:00h, observou-se o mesmo comportamento para as medições de temperatura em relação ao mês de outubro, para os quatro pontos de análise, ficando com as maiores temperaturas registradas os pontos da Pedro Albuquerque, em primeiro lugar e Antônio Barreto, em segundo, os pontos da Pedro Alvares Cabral e do Largo do Carmo com as menores temperaturas, sendo que o ponto de referência da EMBRAPA para a série de valores registrados ficou em uma posição intermediária, porém apresentando a mínima entre todas as registradas de 24,4°C.

O ponto de referência para os valores de saturação escolhido foi o da EMBRAPA, devido possuir uma estação meteorológica de medição dos parâmetros climáticos que registra dados em séries históricas e controle dos dados o que aproximaria os sensores utilizados neste trabalho a valores com maior referência de dados.

Outro fator determinante na escolha foi à localização do ponto, por situar-se em área aberta com um mínimo de pequenas edificações a uma distância as margens dos limites de análise de massa construída e ainda devido ao fato de não possuir obstrução do céu, portanto, para parâmetro de análise os valores de massa construída e de obstrução céu são praticamente nulos, o que transformou esta parcela urbana em local de referência (campo meteorológico).

Pode-se observar a maior diferença entre os valores de temperatura registrados no horário de 15:00 h quando apresenta uma diferença de 11,1°C entre os pontos da Pedro Albuquerque 36,6°C e da Largo do Carmo 25,5°C.

Uma amplitude de térmica de 10,6°C foi a maior registrada no dia dentro do mesmo ponto, ocorrendo no ponto da Pedro Albuquerque, tendo a menor amplitude de temperatura ocorrida no ponto do Largo do Carmo.

O Largo do Carmo apresenta, na maior parte do período, os maiores valores para umidade relativa, logo a seguir, surgem os valores do ponto da Pedro Alvares Cabral e da Antônio Barreto; o ponto de medição da Pedro Albuquerque se destaca com os menores valores de umidade durante o período.

Quando se observam os valores registrados no ponto situado na EMBRAPA, verifica-se que este, na maioria dos registros, encontra-se em posição intermediária em relação aos demais pontos que, porém apresenta nos horários de 6:30h e 7:00h a umidade relativa de 100% em função da sua localização dentro de área verde com poucas e pequenas edificações e bem possível de, neste caso, ter ocorrido precipitação de chuvas neste horário.

Tabela 19: Carga Térmica - Antônio Barreto 12/01					
BELÉM 12 DE JANEIRO					
UMARIZAL					
Radiação Solar (W/m <sup>2</sup> ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 7.7 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )	Horário	NEB 7.7 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	26	63	06:30	26	63
07:00	66	161	07:00	66	100
07:30	114	277	07:30	100	100
08:00	164	398	08:00	100	100
08:30	212	515	08:30	212	515
09:00	255	622	09:00	255	622
09:30	294	715	09:30	294	715
10:00	326	793	10:00	326	793
10:30	352	857	10:30	352	857
11:00	371	904	11:00	371	904
11:30	384	933	11:30	384	933
12:00	388	943	12:00	388	943
12:30	384	933	12:30	384	933
13:00	371	904	13:00	371	904
13:30	352	857	13:30	352	857
14:00	326	793	14:00	326	793
14:30	294	715	14:30	294	715
15:00	255	622	15:00	255	622
15:30	212	515	15:30	212	515
16:00	164	398	16:00	100	100
16:30	114	277	16:30	100	100
17:00	66	161	17:00	66	100
17:30	26	63	17:30	26	63
18:00	0	0	18:00	0	0
<b>Total</b>	<b>5.516</b>	<b>13.419</b>	<b>Total</b>	<b>5.360</b>	<b>12.347</b>

Recorte de Carga  
 Sombreamento  
 NEB = NEBULOSIDADE

Tabela 20: Técnicas de Análise		
Técnica de Análise	Valor	Unid
Massa Construída	973	Kg/m <sup>3</sup>
Obstrução de Céu	28%	%
Recorte com Nebulosidade	156	Wh/m <sup>2</sup>

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival Pinheiro

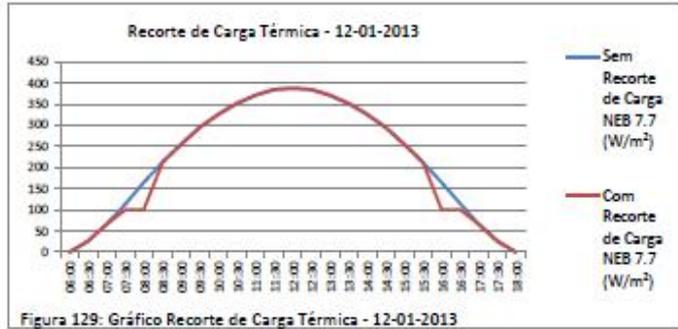


Figura 129: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 12-01-2013

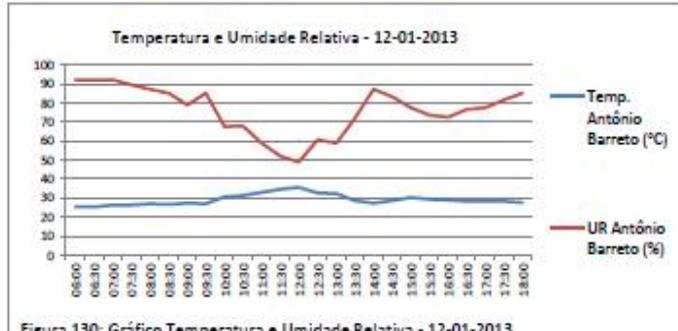


Figura 130: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 12-01-2013

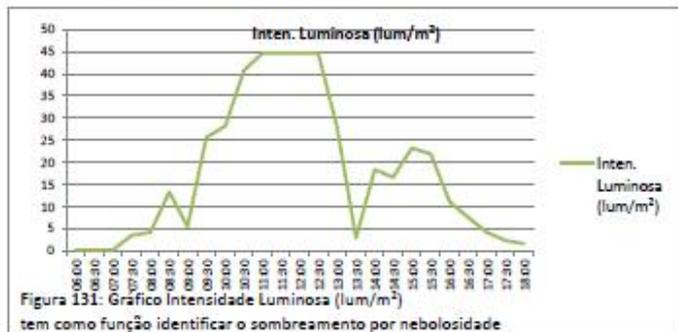


Figura 131: Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m<sup>2</sup>)  
tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

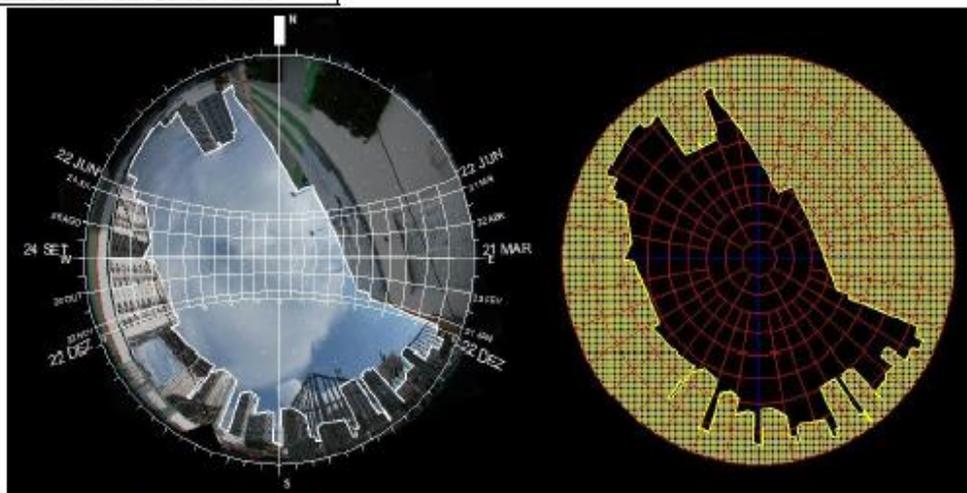


Figura 132 - Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Antônio Barreto

**Tabela 21: Carga Térmica - Pedro Alvares Cabral 12/01**

**BELÉM 12 DE JANEIRO**

**UMARIZAL**

Radiação Solar (W/m<sup>2</sup>) - Incidência (Cobertura)

Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 7.7 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )	Horário	NEB 7.7 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	26	63	06:30	26	63
07:00	66	161	07:00	66	100
07:30	114	277	07:30	100	100
08:00	164	398	08:00	100	100
08:30	212	515	08:30	100	100
09:00	255	622	09:00	100	100
09:30	294	715	09:30	100	100
10:00	326	793	10:00	100	100
10:30	352	857	10:30	100	100
11:00	371	904	11:00	100	100
11:30	384	933	11:30	100	100
12:00	388	943	12:00	100	100
12:30	384	933	12:30	384	933
13:00	371	904	13:00	371	904
13:30	352	857	13:30	352	857
14:00	326	793	14:00	326	793
14:30	294	715	14:30	294	715
15:00	255	622	15:00	255	622
15:30	212	515	15:30	212	515
16:00	164	398	16:00	164	398
16:30	114	277	16:30	114	277
17:00	66	161	17:00	66	161
17:30	26	63	17:30	26	63
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	5.516	13.419	Total	3.656	7.401

Recorte de Carga
  Sombreamento
 NEB = NEBULOSIDADE

**Tabela 22: Técnicas de Análise**

Técnica de Análise	Valor	Unid
Massa Construída	547	Kg/m <sup>2</sup>
Obstrução de Céu	47%	%
Recorte com Nebulosidade	1880	Wh/m <sup>2</sup>

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival

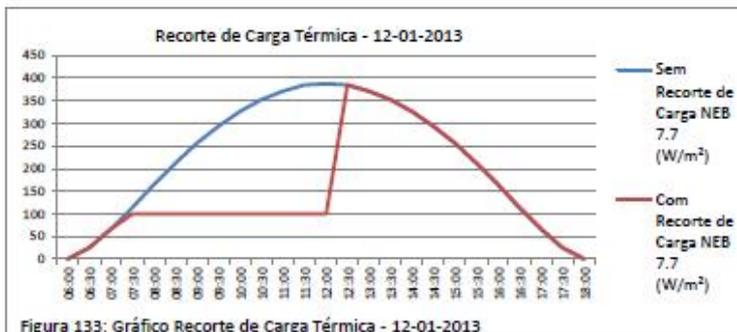


Figura 133: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 12-01-2013

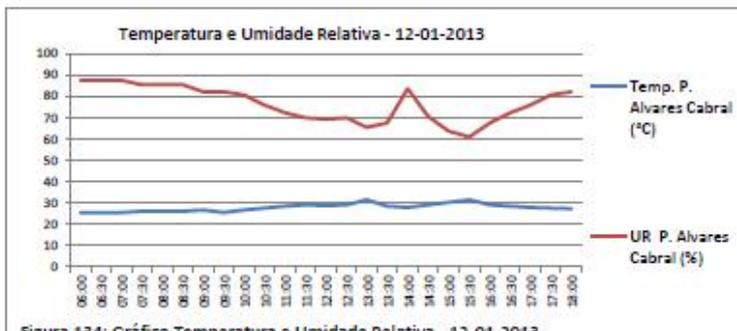


Figura 134: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 12-01-2013

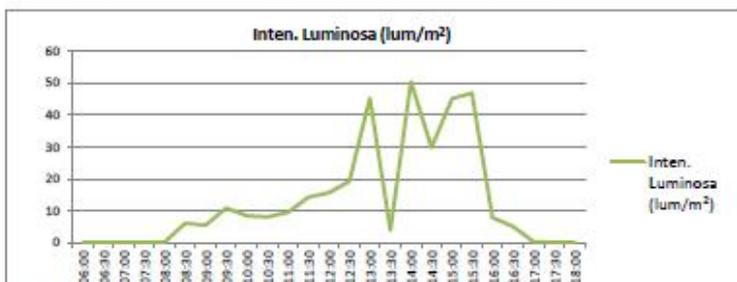


Figura 135: Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m<sup>2</sup>) tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

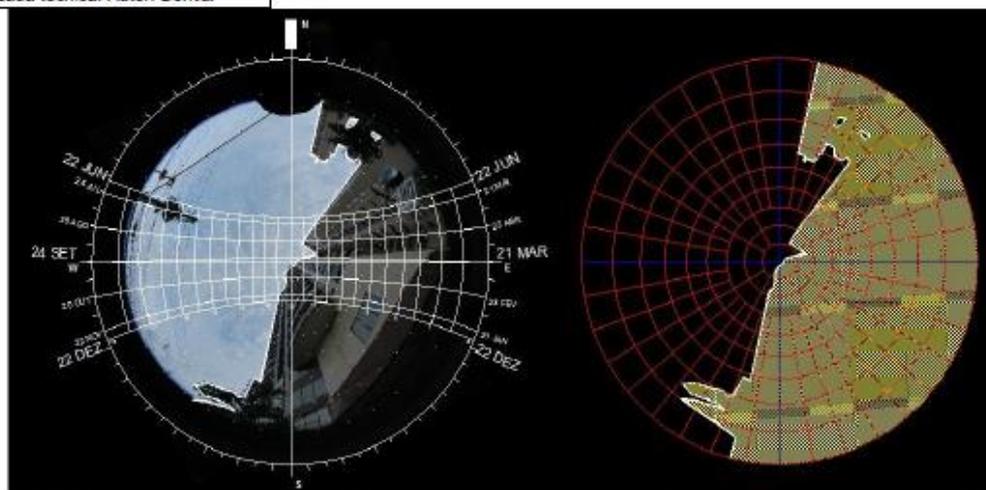


Figura 136 - Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Pedro Alvares Cabral

Tabela 23: Carga Térmica - Largo do Carmo 12/01					
BELÉM 12 DE JANEIRO					
CIDADE VELHA					
Radiação Solar (W/m <sup>2</sup> ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 7.7 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )	Horário	NEB 7.7 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	26	63	06:30	26	63
07:00	66	161	07:00	66	100
07:30	114	277	07:30	100	100
08:00	164	398	08:00	100	100
08:30	212	515	08:30	100	100
09:00	255	622	09:00	255	622
09:30	294	715	09:30	294	715
10:00	326	793	10:00	326	793
10:30	352	857	10:30	352	857
11:00	371	904	11:00	371	904
11:30	384	933	11:30	384	933
12:00	388	943	12:00	388	943
12:30	384	933	12:30	384	933
13:00	371	904	13:00	371	904
13:30	352	857	13:30	352	857
14:00	326	793	14:00	326	793
14:30	294	715	14:30	294	715
15:00	255	622	15:00	255	622
15:30	212	515	15:30	100	100
16:00	164	398	16:00	100	100
16:30	114	277	16:30	100	100
17:00	66	161	17:00	66	100
17:30	26	63	17:30	26	63
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	3.516	13.419	Total	3.136	11.517

Recorte de Carga       NEB + NEBULOSIDADE  
 Sombreamento

Tabela 24: Técnicas de Análise		
Técnica de Análise	Valor	Unid
Massa Construída	691	Kg/m <sup>2</sup>
Obstrução de Céu	24%	%
Recorte com Nebulosidade	380	Wh/m <sup>2</sup>

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival Pinheiro

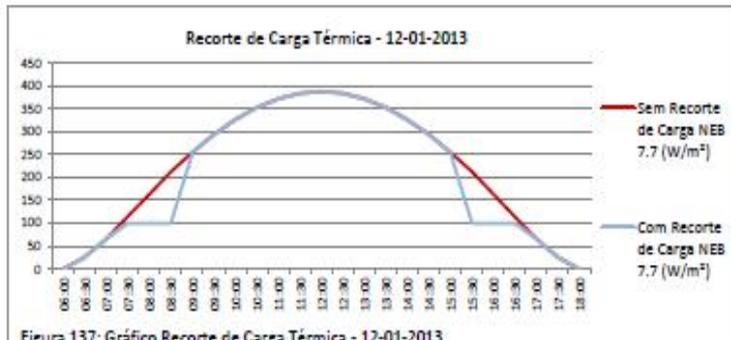


Figura 137: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 12-01-2013

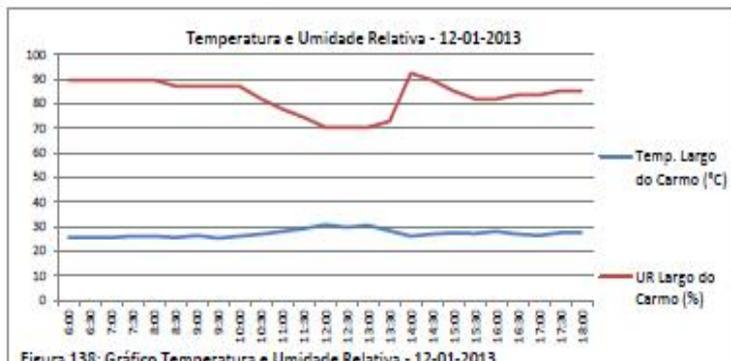


Figura 138: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 12-01-2013

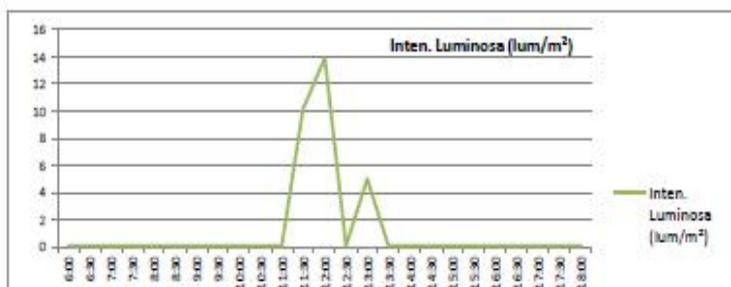


Figura 139: Gráfico Intensidade Luminosa (lum/m<sup>2</sup>)  
tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

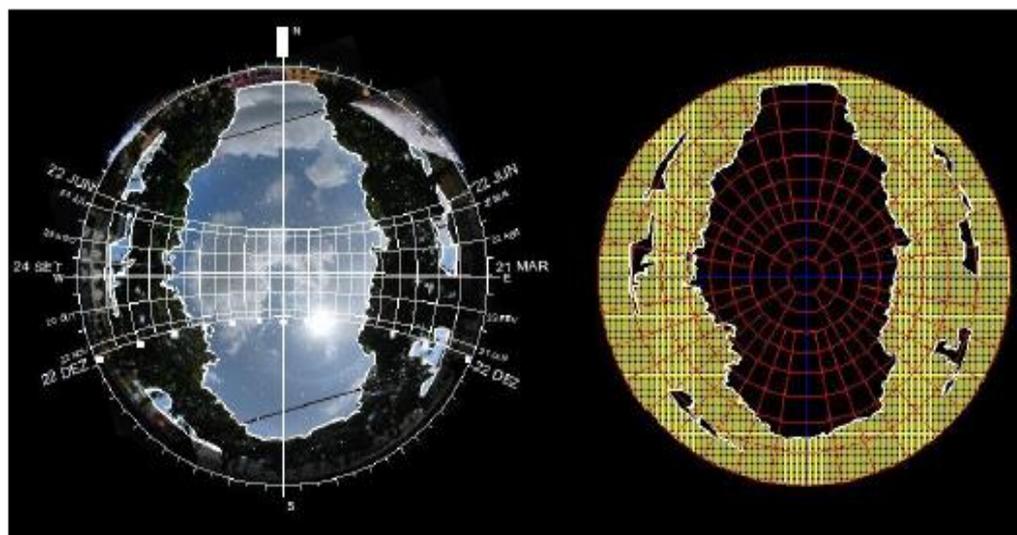


Figura 140 - Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Largo do Carmo

Tabela 25: Carga Térmica - Pedro Albuquerque 12/01					
BELÉM 12 DE JANEIRO					
CIDADE VELHA					
Radiação Solar (Wh/m <sup>2</sup> ) - Incidência (Cobertura)					
Sem Recorte de Carga			Com Recorte de Carga		
Horário	NEB 7.7 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )	Horário	NEB 7.7 (W/m <sup>2</sup> )	NEB 0.0 (W/m <sup>2</sup> )
06:00	0	0	06:00	0	0
06:30	26	63	06:30	26	63
07:00	66	161	07:00	66	100
07:30	114	277	07:30	114	277
08:00	164	398	08:00	164	398
08:30	212	515	08:30	212	515
09:00	255	622	09:00	255	622
09:30	294	715	09:30	294	715
10:00	326	793	10:00	326	793
10:30	352	857	10:30	352	857
11:00	371	904	11:00	371	904
11:30	384	933	11:30	384	933
12:00	388	943	12:00	388	943
12:30	384	933	12:30	384	933
13:00	371	904	13:00	371	904
13:30	352	857	13:30	352	857
14:00	326	793	14:00	326	793
14:30	294	715	14:30	294	715
15:00	255	622	15:00	255	622
15:30	212	515	15:30	212	515
16:00	164	398	16:00	100	100
16:30	114	277	16:30	100	100
17:00	66	161	17:00	66	100
17:30	26	63	17:30	26	63
18:00	0	0	18:00	0	0
Total	5.516	13.419	Total	5.438	12.822

07:30

16:30

<span style="background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Recorte de Carga	NEB = NEBULOSIDADE
<span style="background-color: #FFDAB9; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Sombreamento	

Tabela 26: Técnicas de Análise		
Técnica de Análise	Valor	Unid
Massa Construída	914	Kg/m <sup>2</sup>
Obstrução de Céu	26%	%
Recorte com Nebulosidade	64	Wh/m <sup>2</sup>

Valores obtidos pela aplicação dos parâmetros de cálculo de cada técnica. Autor: Dorival Pinheiro

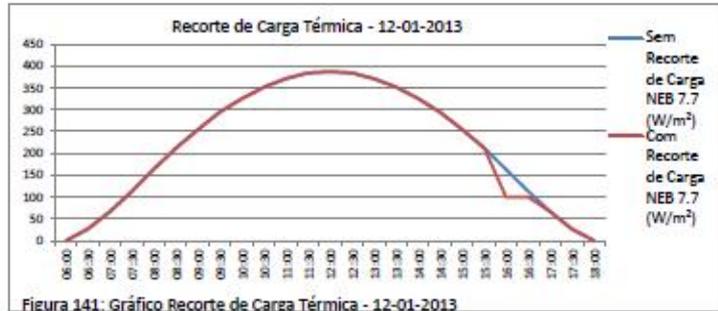


Figura 141: Gráfico Recorte de Carga Térmica - 12-01-2013

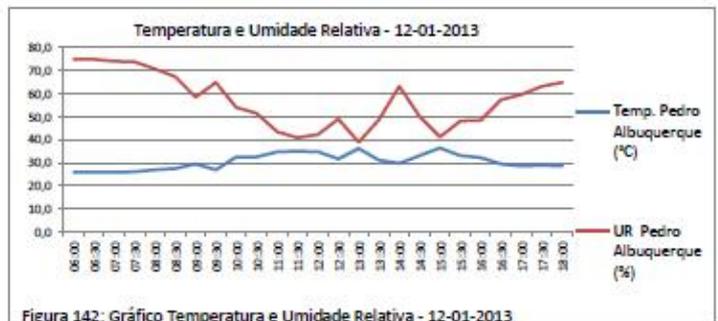


Figura 142: Gráfico Temperatura e Umidade Relativa - 12-01-2013

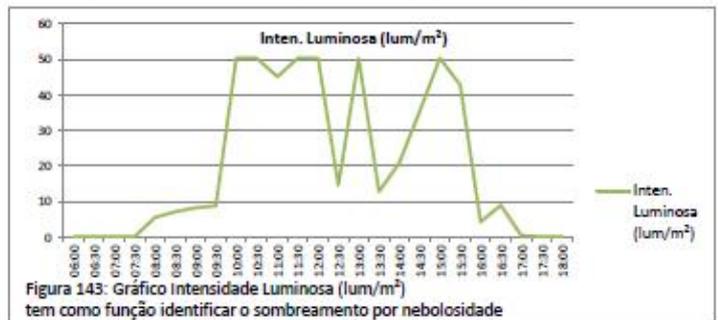


Figura 143: Gráfico Inten. Luminosa (lum/m<sup>2</sup>) tem como função identificar o sombreamento por nebulosidade

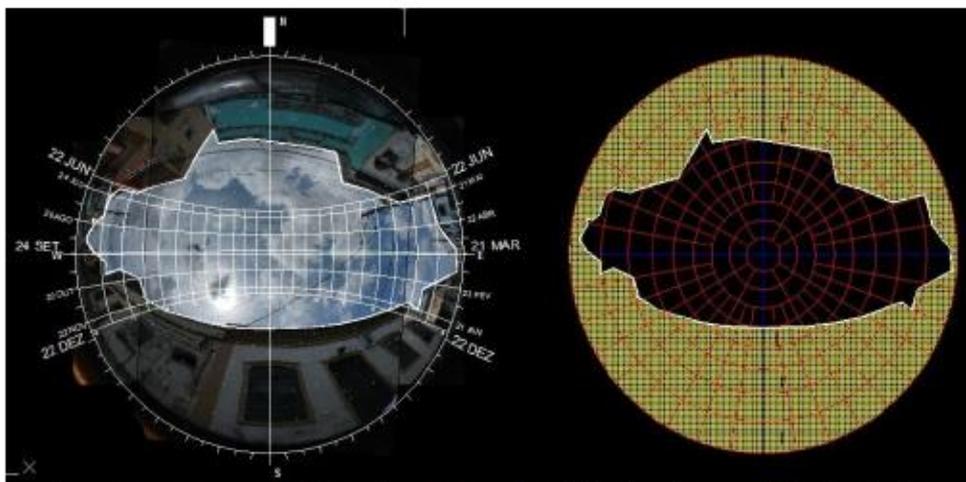


Figura 144 - Foto Lente Angular Olho de Peixe com Diagrama de trajetória Solar sobreposto, ao lado a obstrução da abóboda celeste Pedro Albuquerque

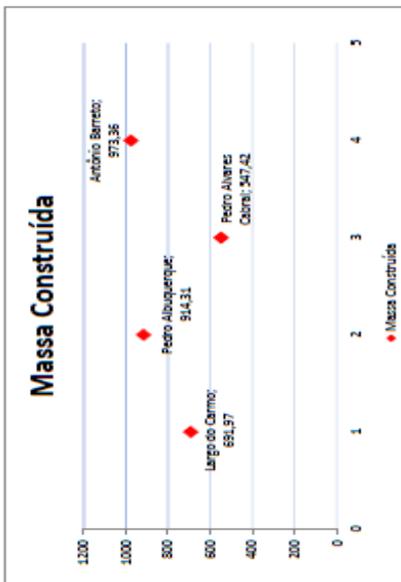


Figura 145: Gráfico Massa Construída

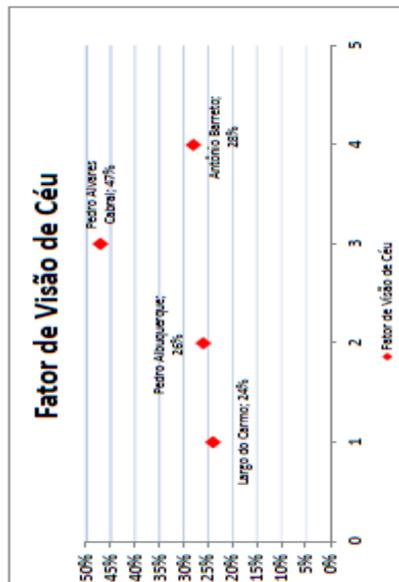


Figura 148: Gráfico Fator de Visão de Céu

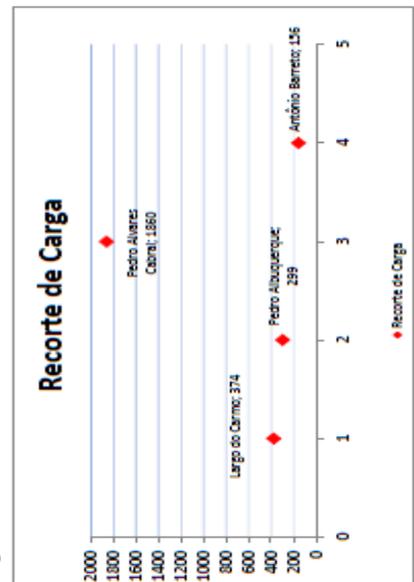


Figura 151: Gráfico Fator de Visão de Céu

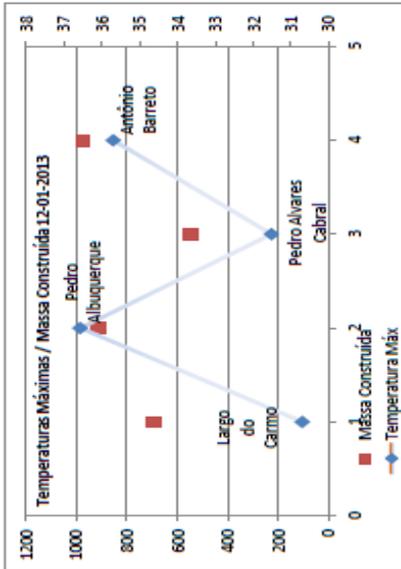


Figura 146: Gráfico Temperaturas Máximas / Massa Construída 12-01-2013

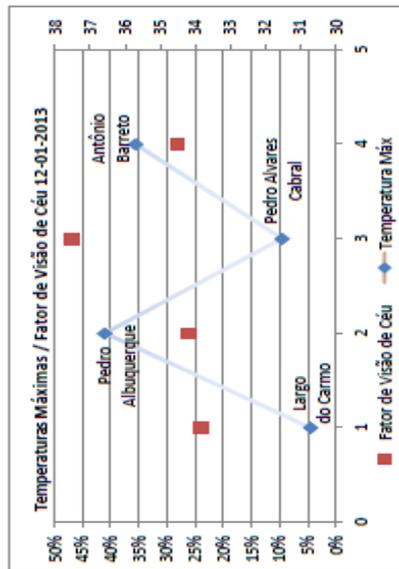


Figura 149: Gráfico Temperaturas Máximas / Fator de Visão de Céu 12-01-2013

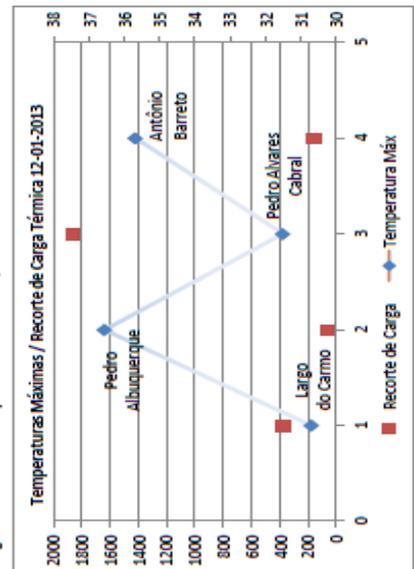


Figura 152: Gráfico Temperaturas Máximas / Recorte de Carga 12-01-2013

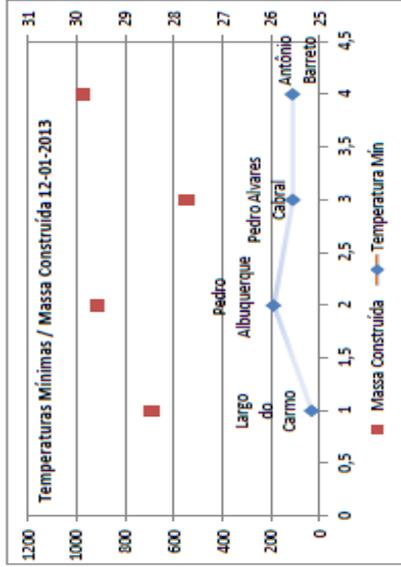


Figura 147: Gráfico Temperaturas Mínimas / Massa Construída 12-01-2013

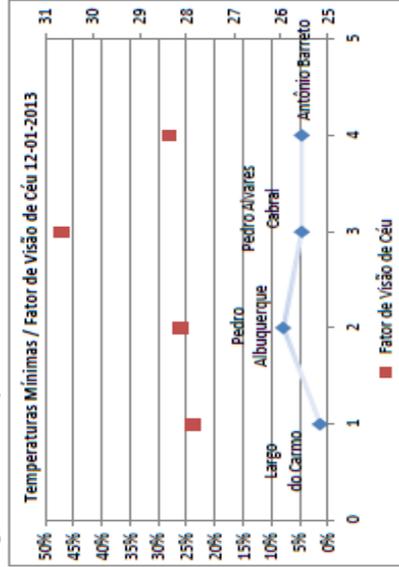


Figura 150: Gráfico Temperaturas Mínimas / Fator de Visão de Céu 12-01-2013

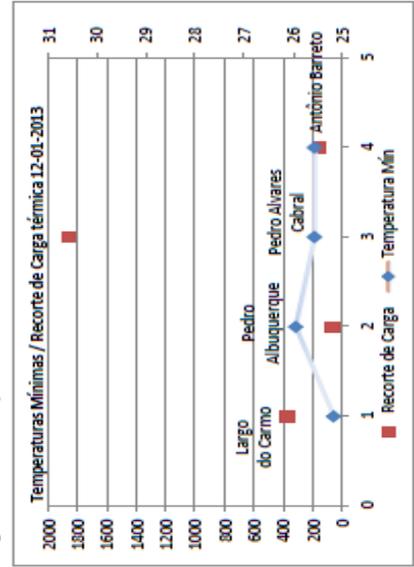


Figura 153: Gráfico Temperaturas Mínimas / Recorte de Carga 12-01-2013

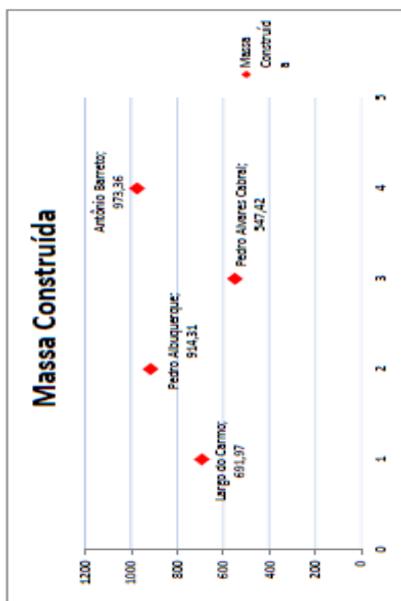


Figura 154: Gráfico Massa Construída

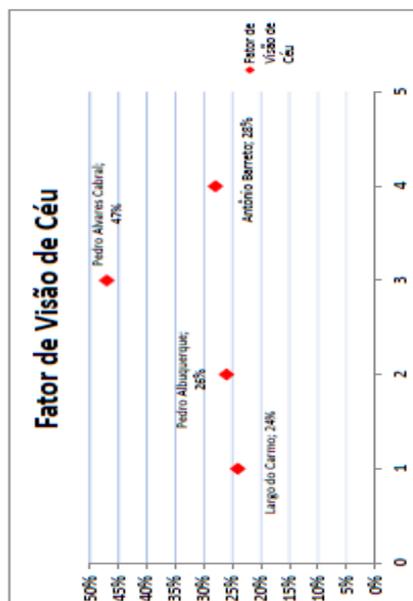


Figura 157: Gráfico Fator de Visão de Céu

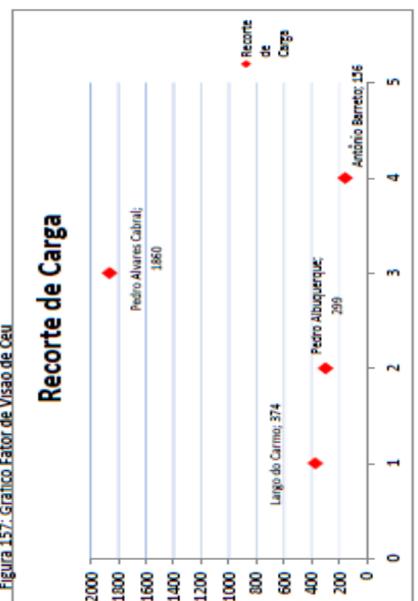


Figura 160: Gráfico Fator de Visão de Céu

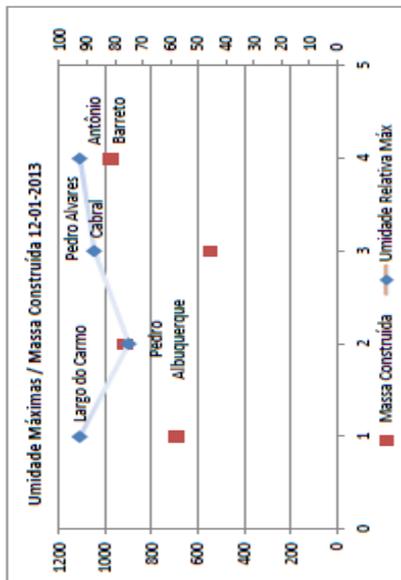


Figura 155: Gráfico Umidades Máximas / Massa Construída 12-01-2013

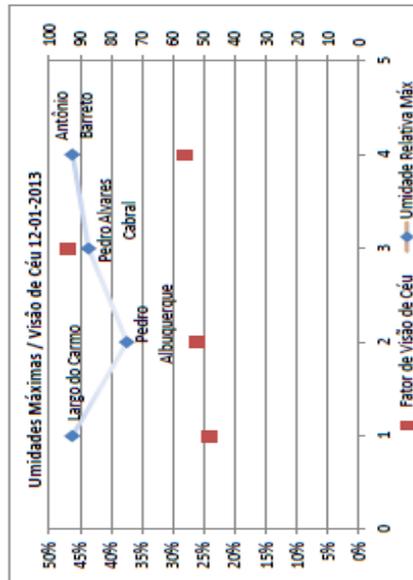


Figura 158: Gráfico Umidades Máximas / Fator de Visão de Céu 12-01-2013

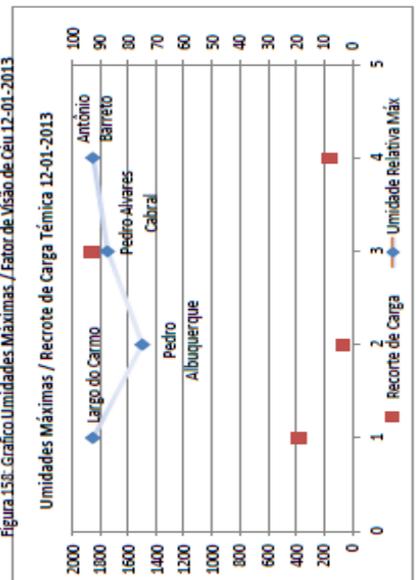


Figura 161: Gráfico Umidades Máximas / Recorte de Carga 12-01-2013

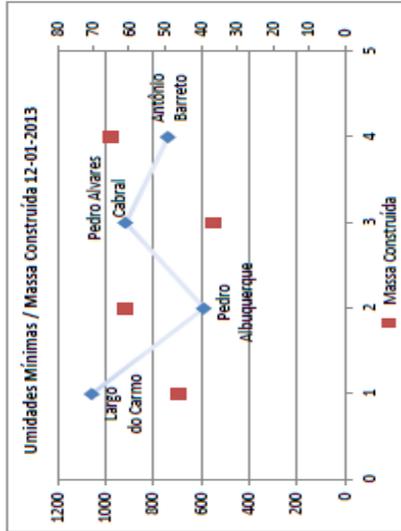


Figura 156: Gráfico Umidades Mínimas / Massa Construída 12-01-2013

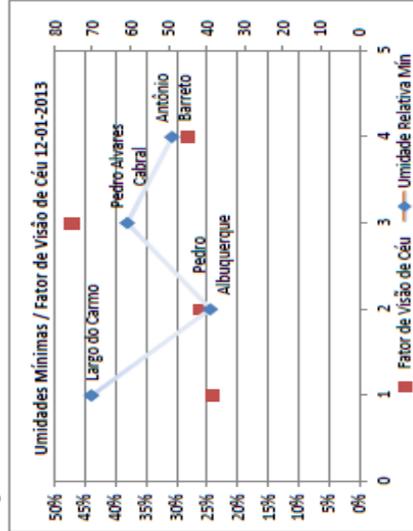


Figura 159: Gráfico Umidades Mínimas / Fator de Visão de Céu 12-01-2013

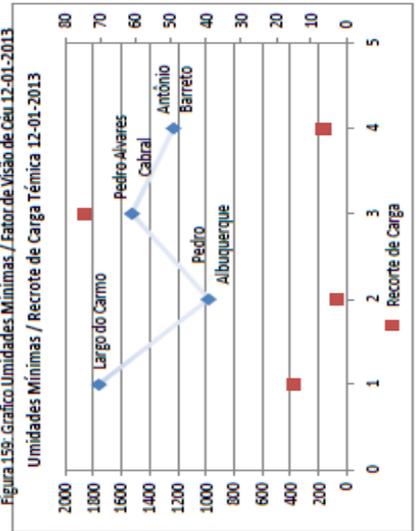


Figura 162: Gráfico Umidades Mínimas / Recorte de Carga 12-01-2013

Em relação à temperatura, os valores de *massa construída* tanto de máximas quanto de mínimas apresentam um padrão para os quatro pontos estudados.

Em face da aproximação dos valores de temperatura para os pontos do Largo do Carmo no bairro da Cidade Velha e da Pedro Alvares Cabral, no bairro do Umarizal, os dois pontos de menor massa são os que apresentam menores valores de temperatura tanto durante todo o período analisado como nas máximas e mínimas de temperatura.

O mesmo ocorre, de forma inversa, para os pontos da Antônio Barreto no bairro do Umarizal e da Pedro Albuquerque no bairro da Cidade Velha, com maiores *massas construídas*, além de apresentarem maiores valores de temperatura registrados.

Mesma relação não ocorre para os valores de *fator de visão de céu* em relação aos valores de temperatura do ar registrados no dia 12 de Janeiro de 2013, o que se observa é que em alguns pontos esta relação se inverte como na Pedro Alvares Cabral e Pedro Albuquerque, no primeiro dos dois pontos foi contada o maior *fator de visão de céu* com a terceira maior temperatura, já no segundo que corresponde a Pedro Albuquerque possui o terceiro valor de *fator de visão de céu* e possui os maiores valores de temperatura.

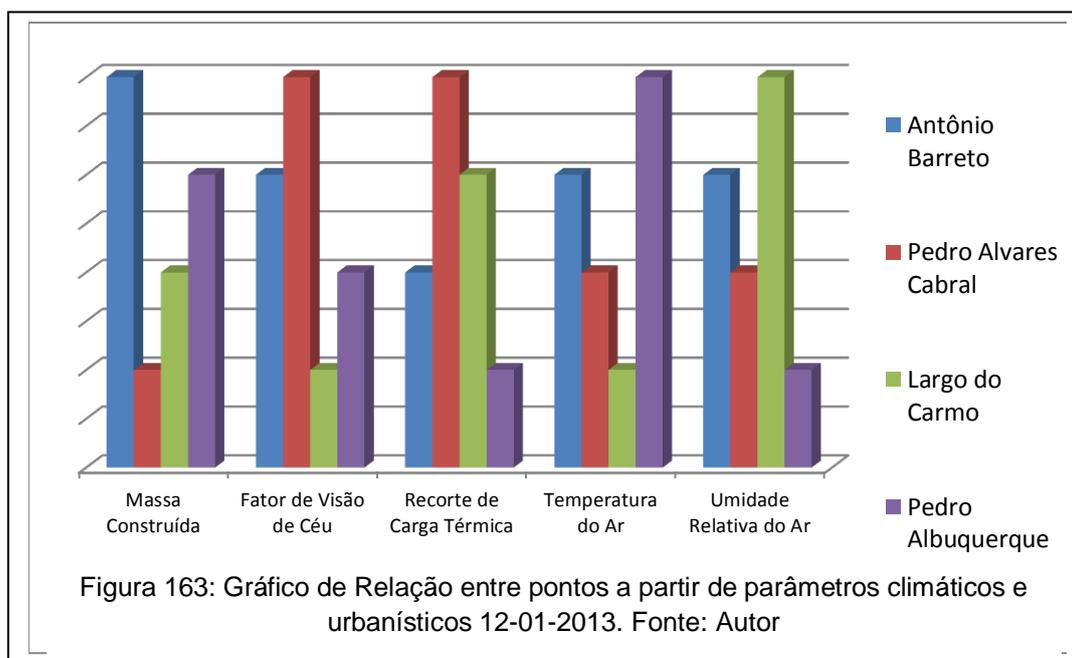
No recorte de carga, observa-se a mesma tendência do *fator de visão de céu* em relação aos valores de temperatura do ar, como exemplo, tem-se o ponto da Pedro Albuquerque que possui o menor recorte de carga por obstrução de massas construídas e ou vegetadas e maiores valores de temperatura registrados.

É sempre importante lembrar que alguns fenômenos podem produzir valores registrados que fogem ao padrão local, isto pode aparecer em um dia atípico de padrões climáticos o que reforça a aplicação da saturação de dados.

Comparativamente os valores obtidos em campo em relação aos parâmetros adotados, a partir das técnicas de análise de balanço energético do meio urbano, para os pontos de estudo no dia 12 de Janeiro de 2013, seriam:

Bairro	Parcela Urbana	Massa Construída	Fator de Visão de Céu	Recorte de Carga Térmica	Temperatura do Ar	Umidade Relativa do Ar
Umarizal	Antônio Barreto	1º	2º	3º	2º	2º
	Pedro Alvares Cabral	4º	1º	1º	3º	3º
Cidade Velha	Largo do Carmo	3º	4º	2º	4º	1º
	Pedro Albuquerque	2º	3º	4º	1º	4º

Fonte: Autor



Algumas questões estão colocadas e presentes nos estudos de parâmetros ambientais e de balanço energético das cidades, como é o caso de possível efeito microclimático de emparedamento em função da construção de edificações de alto gabarito em determinadas faixas da cidade, as quais poderiam reduzir a ventilação na área central, impedindo a circulação dos ventos a partir da orla.

Diante dos valores registrados durante a realização dos experimentos de campo, juntamente com a aplicação das técnicas de análise para conforto

térmico em cidades, ficou claro que as temperaturas maiores encontram-se nas parcelas urbanas mais adentro do continente o que conduz a variadas interpretações, não somente aquela do efeito de possível emparedamento, mas, também devido ao fato de possuírem maior massa construída do que as construções edificadas as proximidades da orla que tem menor adensamento, maior afastamento e menores gabaritos, reduzindo o efeito contribuidor de carga térmica na parcela urbana.

Quando estas construções possuem coberturas com baixa inércia térmica, portanto dissipa calor com maior velocidade para o ambiente vizinho, aumentando a temperatura do local, da lâmina de ar e também do microclima. Em condição de céu nublado e chuva, o calor se dissipa rapidamente, diminuindo tanto a incidência de radiação direta, quanto à temperatura das superfícies e da atmosfera circundante.

As parcelas urbanas as proximidades da orla, possuem grande massa d'água, o que contribui para a diminuição das amplitudes térmicas, devido suas propriedades, além de promover o movimento das massas de ar devido ao campo aberto e a temperatura da água e do solo, gerando a ventilação com maior intensidade nesta faixa da cidade.

Quanto aos estudos voltados aos casos do Largo do Carmo e da Pedro Álvares Cabral, o primeiro se caracteriza por possuir uma concentração de massa vegetada, além da massa construída sobre calhas de rua com largura estreita e edificações com dois pavimentos e pé-direito acima do padrão atual de 2,90m, o que configura uma geometria de calha urbana com potencial para sombreamento em uma quantidade de horas acentuada, o que contribui decisivamente na redução da incidência de radiação solar direta sobre as superfícies mais próximas ao solo ao nível do pedestre.

O caso do ponto localizado na Pedro Álvares Cabral possui algumas semelhanças na geometria urbana, porém em diferentes características construtivas e proporções, verificam-se edificações com gabaritos bastante acentuados ao redor que provocam grandes projeções de sombreamento no local com grande obstrução, as vias possuem largura acentuada sendo que a principal, possui duas pistas com canteiro central, porém com as edificações de maior gabarito o padrão geométrico permite o sombreamento da mesma em muitos pontos, a via principal também possui arborização em sua extensão

promovendo trocas térmicas mais favoráveis ao entorno, também na modalidade ar sombra.

Dentro dos valores observados nos parâmetros de análise se destaca a quantidade do recorte de carga térmica devido à nebulosidade registrada em Belém para os dias de realização dos experimentos de campo, caracterizados por médias mensais, com redução de carga térmica da radiação solar direta bem superior à redução devido obstrução por massas construídas ou naturais.

O ponto que corresponde à parcela urbana do Largo do Carmo sinaliza valores de temperatura em todos os períodos inferiores aos demais pontos, sendo que este é o único ponto com vegetação abundante devido à praça arborizada.

Ainda se tem o ponto da Pedro Alvares Cabral como o segundo em relação às temperaturas mais baixas registradas, estando este ponto mais próximo da Baía do Guajará e com maior sensação de ventilação de todos.

Devem-se observar não só as edificações de forma isoladas, mas, também, como as superfícies, a topografia local, a incidência de ventilação predominante além das rajadas de vento, a volumetria o posicionamento a altura e a quantidade de edificações, pois sabendo utilizar destas informações e sabendo trabalhá-las da forma mais adequada, a morfologia urbana pode induzir, mesmo com a construção de algumas edificações ao longo da orla, a circulação das massas de ar de forma mais adequada para o interior da cidade.

O que se pode considerar de comum em tais fatos é que estes devem ser investigados, a partir do entendimento climatológico geral e específico da cidade, dos parâmetros morfológicos e da dinâmica da mesma, e do conjunto de volumes naturais e construídos que constituem a cidade, não somente para impedir que algumas construções sejam realizadas, a partir de parâmetros que podem vir a ser precipitados, mas para utilizar o resultado das pesquisas experimentais e analíticas, exercitar os conceitos, propor modelos de construção que contribuam para a melhoria do clima da cidade, não só para que estas construções não “prejudiquem”, mas para que tenham a propriedade de reduzir os impactos no desempenho climático do conjunto urbano, quando se entende que o objetivo é torná-lo o mais aproximado das características naturais do meio antes da ocupação das cidades.

No Brasil, o centro passou a ser sinônimo de lugar com infraestrutura mínima instalada para habitar, e, ao longo dos anos, esta infraestrutura foi sobreposta por várias camadas para atender às novas demandas.

A centralidade dentro do espaço urbano não necessariamente ocorre através de um núcleo urbano, podendo ser desenvolvida a partir de poli núcleos, ter-se-ia, então, um híbrido de descentralização, com centralidades, diluindo a concentração de atividades em centros ao invés de concentrando em um único centro nucleador, tal efeito poderia reduzir os aspectos ambientalmente negativos do excesso de edificações, concentração de massa edificada, em apenas uma área da cidade.

Após a consolidação procedimentos para realização dos experimentos e dos pontos de medição de campo, criou-se uma margem de segurança para aplicação de medições estendidas.

No experimento de janeiro de 2013, foi programada a aplicação dessa metodologia o que permitiu avançar nas análises dos valores registrados a partir das medições dos sensores digitais HOBO.

Esta coleta de dados estendida gera uma saturação de dados que permite definir como parâmetro de análise, não só os valores registrados de máximas, mínimas e médias, mas ,também, valores a partir da frequência de ocorrência dos mesmos em cada ponto durante o período.

Esta abordagem é importante para utilização de parâmetros que se aproximam da condição de temperatura mais frequente e amplia a resolução dos dados para análise.

Foram produzidas então planilhas gerais da frequência de ocorrência das temperaturas por ponto e planilhas com as curvas características para cada ponto:

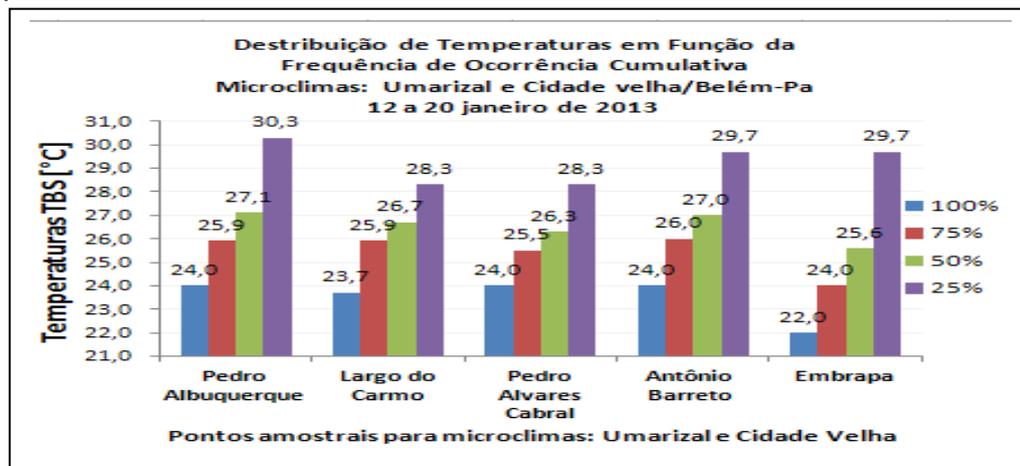


Figura 164: Gráfico de Distribuição de Temperaturas em Função da Frequência de Ocorrência. Fonte: Irving Franco, 2012

A saturação de dados com a aplicação dos valores registrados nos dez dias coletados, de 11 a 21 de janeiro de 2013, apresentou valores de registro anteriores e posteriores a instalação dos instrumentos nos pontos de medição. Sendo, então, necessário o descarte dos dias 12 e 21, após este descarte foi aplicado o recorte dos valores extremos registrados, em 10% para maiores e menores, pois, dentro desta faixa, encontram-se valores atípicos muitas vezes característicos de desvios ocasionados por eventos incomuns e, portanto, não podem ser considerados dentro do universo deste estudo, já que o mesmo se propõe a investigar a caracterização climática pelas condições meteorológicas típicas capazes de definir microclimas de parcelas urbanas em função da sua morfologia.

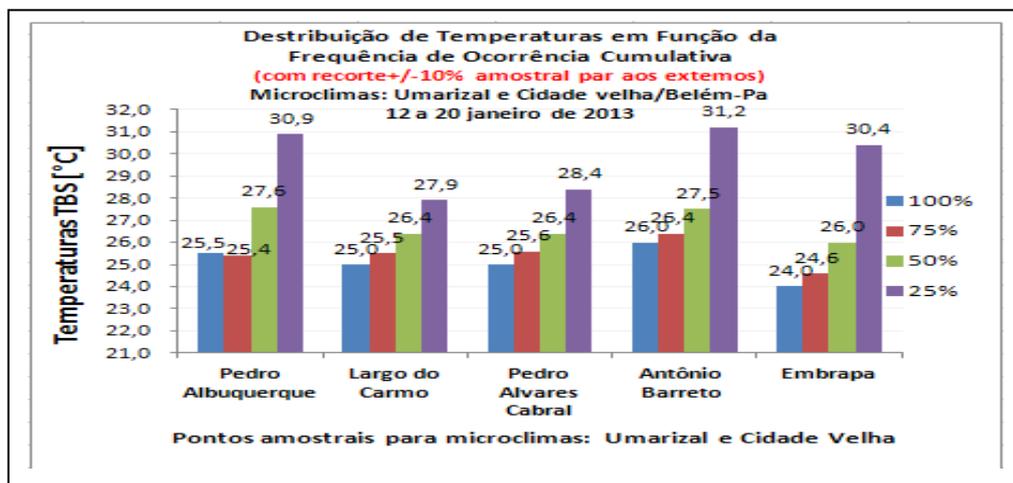


Figura 165: Gráfico de Distribuição de Temperaturas em Função da Frequência de Ocorrência com recorte de 10%. Fonte: Irving Franco, 2012

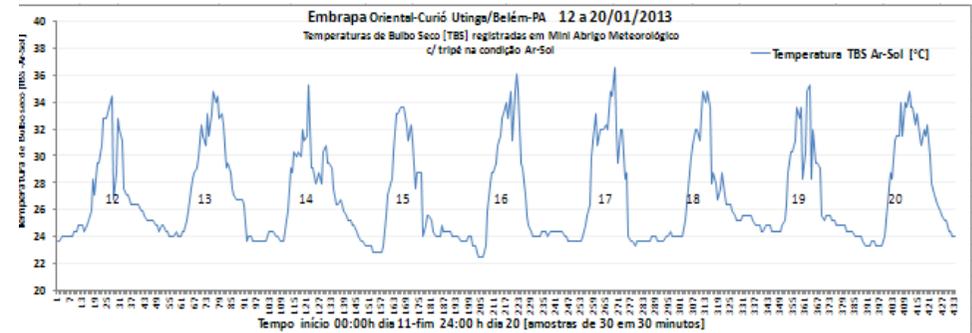
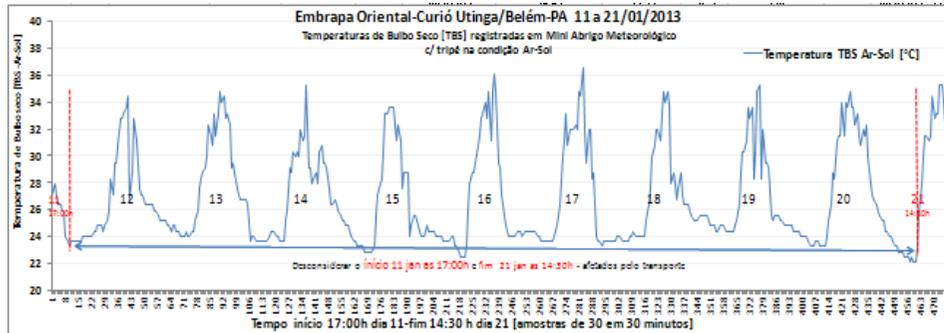


Figura 166: Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas em Mini Abrigo Meteorológico c/ tripé na condição Ar-Sol na Embrapa Oriental, bairro do Curió Utinga/Belém-PA de 11 a 21/01/2013, à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos. Fonte: Irving Franco, 2013.

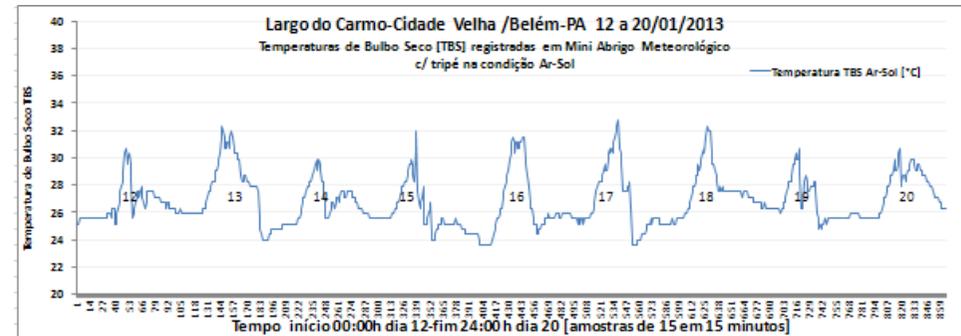


Figura 167: Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas em Mini Abrigo Meteorológico c/ tripé na condição Ar-Sol no Largo do Carmo-Cidade Velha /Belém-PA 11 a 21/01/2013, à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos. Fonte: Irving Franco, 2013.

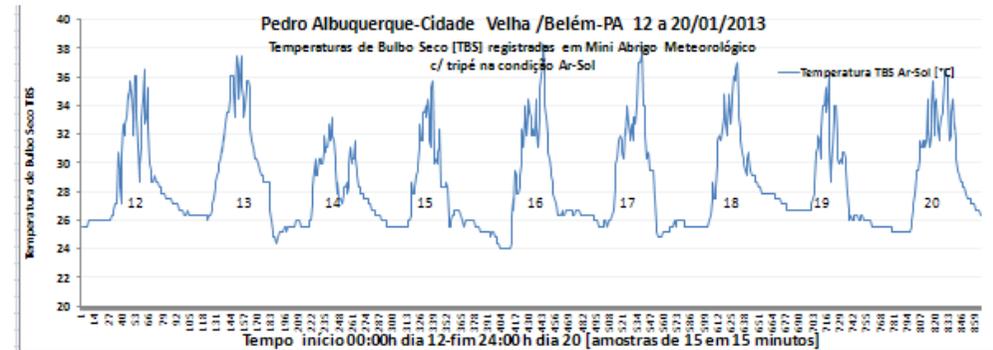
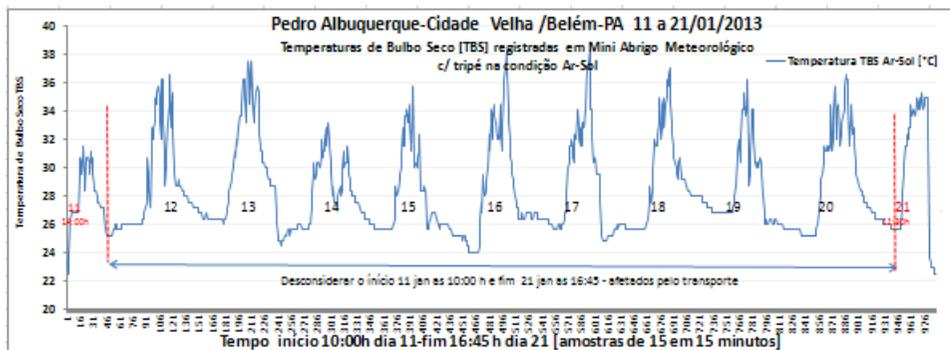


Figura 168: Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas em Mini Abrigo Meteorológico c/ tripé na condição Ar-Sol na Tv. Pedro Albuquerque-Cidade Velha /Belém-PA 11 a 21/01/2013, à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos. Fonte: Irving Franco, 2013.

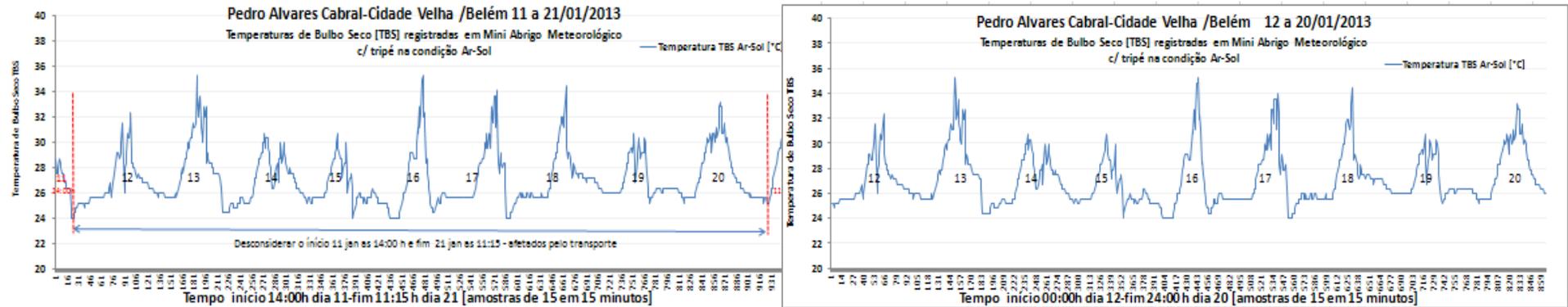


Figura 169: Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas em Mini Abrigo Meteorológico c/ tripé na condição Ar-Sol na Av. Pedro Alvares Cabral-Umarizal /Belém 11 a 21/01/2013, à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos. Fonte: Irving Franco, 2013.

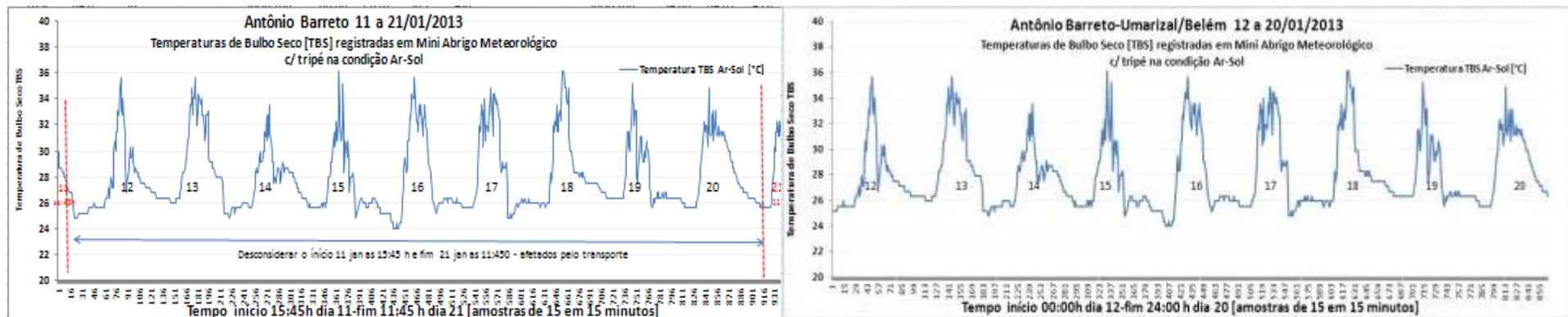


Figura 170: Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas em Mini Abrigo Meteorológico c/ tripé na condição Ar-Sol na Antônio Barreto-Umarizal /Belém 11 a 21/01/2013, à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos. Fonte: Irving Franco, 2013.

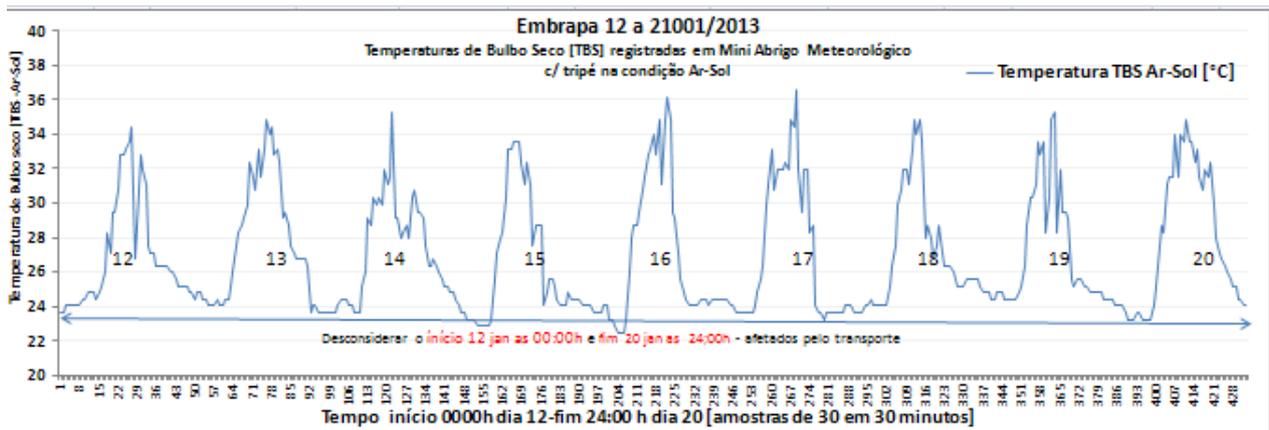


Figura 171: Gráficos de Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas em Mini Abrigo Meteorológico c/ tripé na condição Ar-Sol na Embrapa Oriental, bairro do Curio Utinga/Belém-PA de 12 a 21/01/2013. Fonte: Irving Franco, 2013

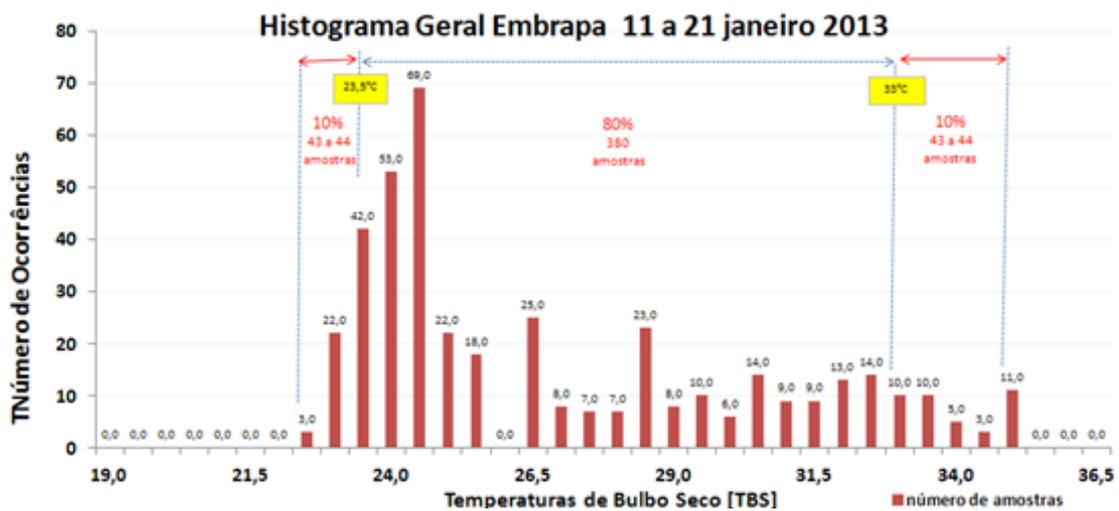


Figura 172: Histograma das Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas em Mini Abrigo Meteorológico c/ tripé na condição Ar-Sol na Embrapa Oriental, bairro do Curio Utinga/Belém-PA de 12 a 21/01/2013. Fonte: Irving Franco, 2013

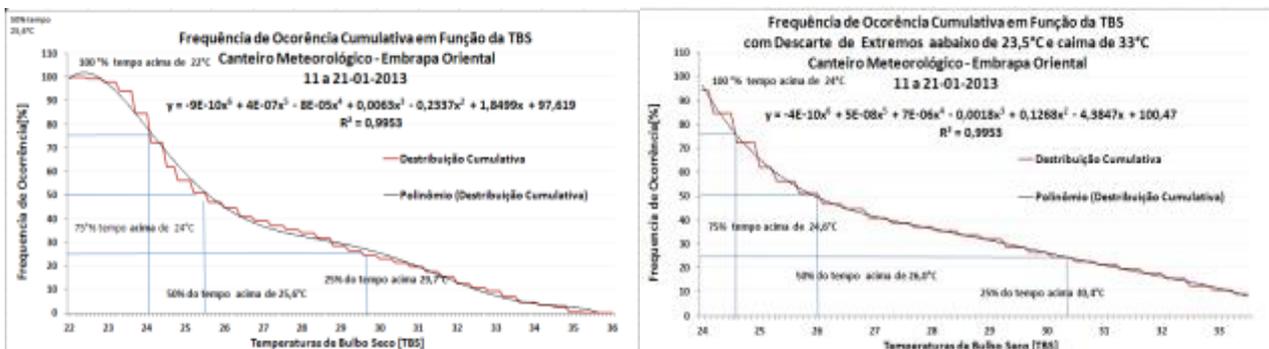


Figura 173: Gráficos de Frequência de Ocorrência das Temperaturas de Bulbo Seco [TBS] registradas em Mini Abrigo Meteorológico c/ tripé na condição Ar-Sol na Embrapa Oriental, bairro do Curio Utinga/Belém-PA de 11 a 21/01/2013, à esquerda sem recorte e à direita com recorte de 10% dos valores extremos. Fonte: Irving Franco, 2013.

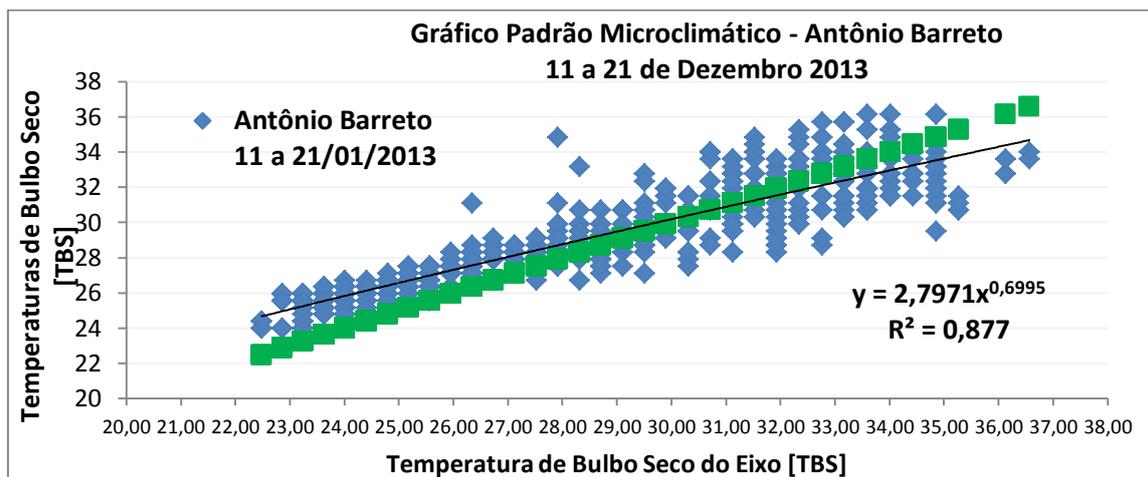


Figura 174: Gráfico de Dispersão das Temperaturas da Antônio Barreto e Embrapa (referencial)  
Fonte: Irving Franco, 2013.

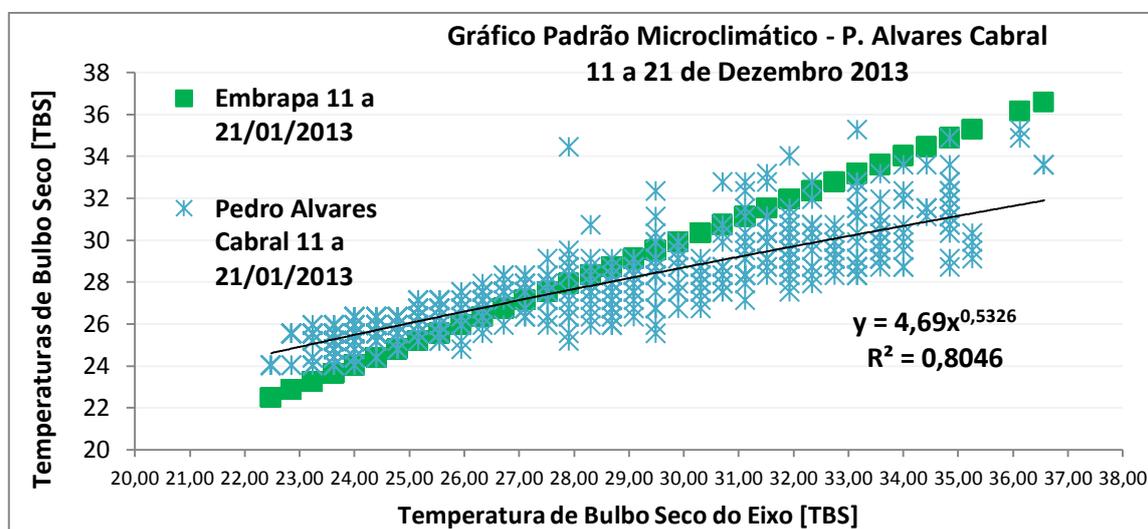


Figura 175: Gráfico de Dispersão das Temperaturas da Antônio Barreto e Embrapa (referencial)  
Fonte: Irving Franco, 2013.

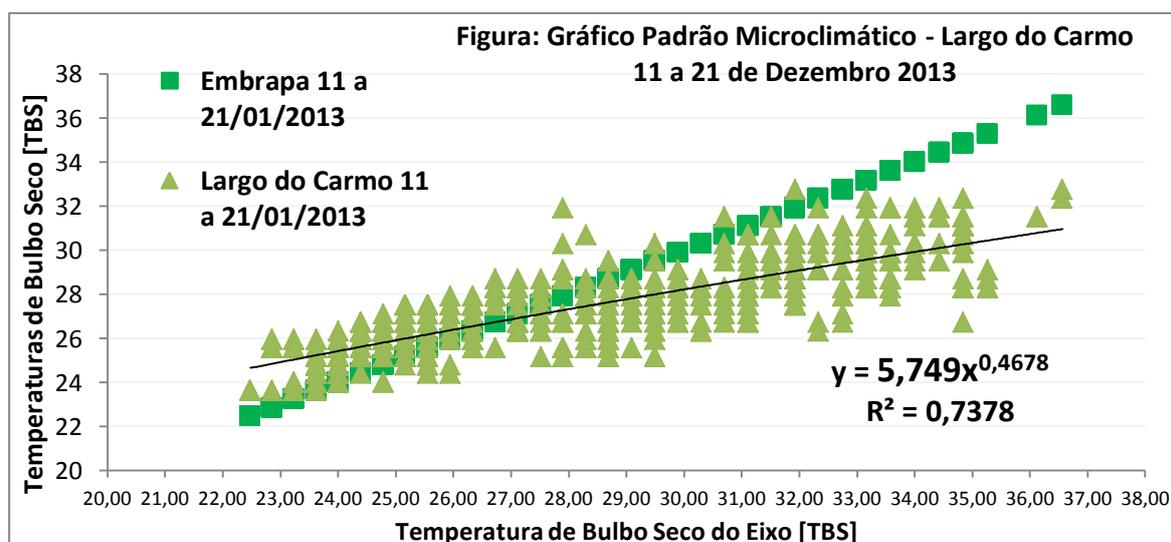


Figura 176: Gráfico de Dispersão das Temperaturas do Largo do Carmo e Embrapa (referencial). Fonte: Irving Franco, 2013.

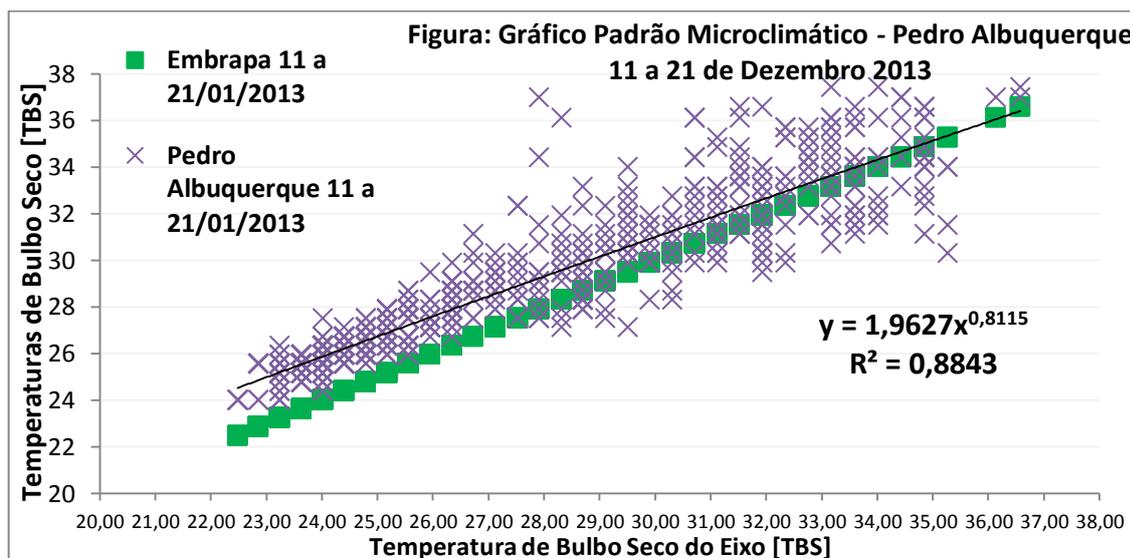


Figura 177: Gráfico de Dispersão das Temperaturas da Tv. Pedro Albuquerque e Embrapa (referencial). Fonte: Irving Franco, 2013.

Após o tratamento dos dados saturados para os dias 12 a 20 de Janeiro de 2013 e o descarte dos valores extremos (atípicos), foi possível gerar os gráficos com as dispersões que caracterizam o microclima das parcelas urbanas estudadas, tendo como referência o ponto da EMBRAPA, considerando que o mesmo está localizado em campo aberto com interferências de *massa construída* e *obstrução de céu*, praticamente nulas.

Diante do cruzamento dos dados registrados de temperatura, de umidade, de *intensidade luminosa*, da *massa construída*, do *fator de visão de céu* e do *recorte de carga térmica*, tem-se a percepção clara da divisão dos quatro pontos estudados em dois grupos, por maiores e menores valores registrados de temperatura, sendo os pontos da Antônio Barreto e da Pedro Albuquerque os que apresentam maiores valores e os pontos da Pedro Alvares Cabral e do Largo do Carmo os que mostram menores valores.

É importante lembrar a caracterização morfológica de cada um dos pontos com sua geometria de calha urbana e volumes de massa construída típicos, que, apesar de certa similaridade entre os pontos do mesmo bairro, observa-se que fator como a proporção da calha da rua interfere em grande escala nos valores registrados, como o caso dos pontos do Largo do Carmo e da Pedro Albuquerque, que apesar de as construções possuírem gabaritos baixos, o fato das vias serem estreitas uma mudança de um para dois

pavimentos nestas vias exerce uma variação acentuada na quantidade de carga térmica absorvida devido a menor obstrução de céu.

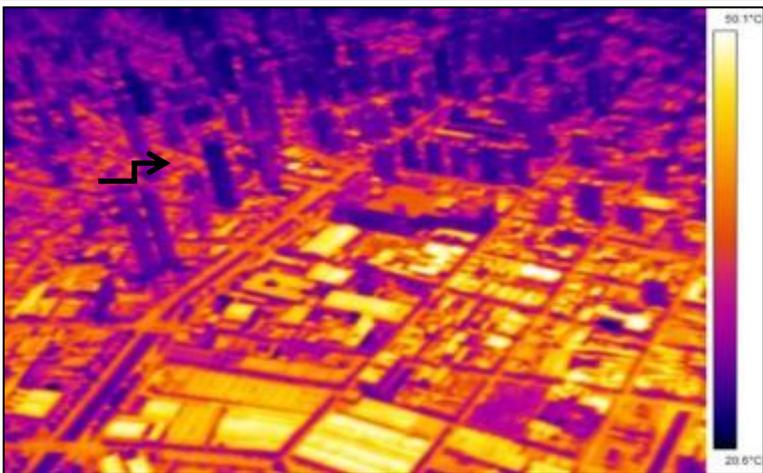
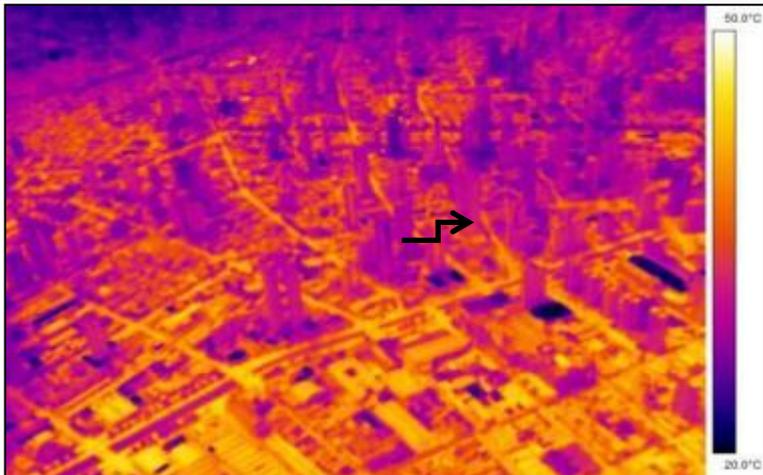
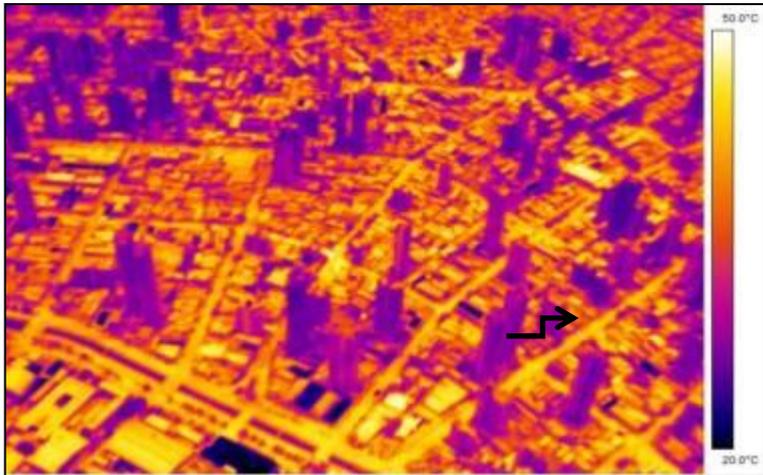
O Largo do Carmo, que registra as menores temperaturas, também possui concentração de massa vegetada, e esta juntamente com as edificações, em sua maioria em dois pavimentos, propiciam um microclima menos aquecido. O efeito de amplitude, mesmo que em pequena escala devido à praça, permite a permeabilidade de ventilação em alguns momentos.

O ponto da Pedro Albuquerque possui menor campo de obstrução do céu menos sombreamento nenhuma massa vegetada e, portanto, farta exposição à radiação solar, além de alta densidade das edificações que são, em sua maioria, geminadas, não permitem permeabilidade de massas de ar, tais características o coloca no grupo de maiores valores de temperatura e menor umidade, juntamente com o ponto da Antônio Barreto.

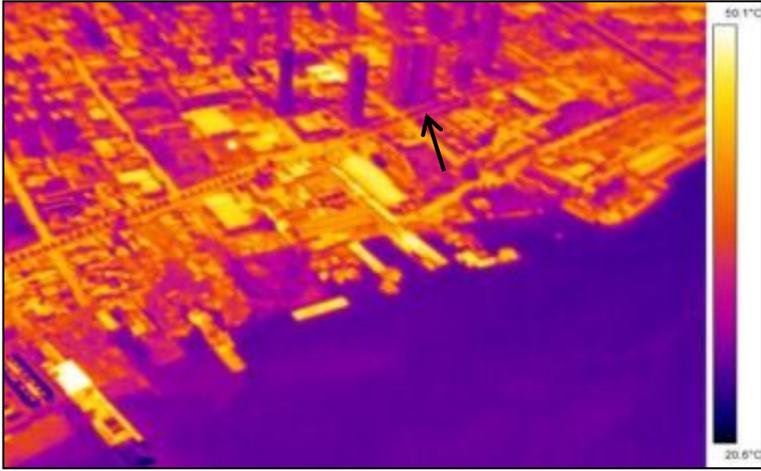
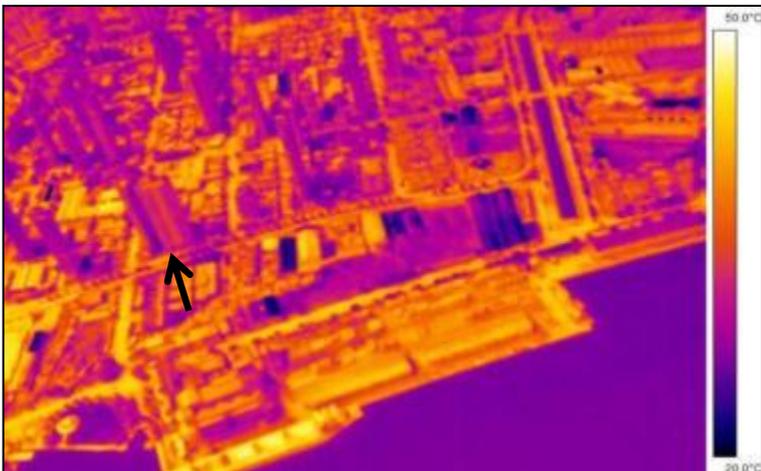
Apesar da maior amplitude das vias no ponto da Antônio Barreto, as construções, neste ponto, também possuem pouca permeabilidade nas camadas mais baixas, o local possui pouca superfície permeável e a maior largura da via com pavimentação asfáltica, o que propicia maior acúmulo de carga térmica, esta, assim como a Pedro Albuquerque, são as parcelas com menor quantidade de massa vegetada e permeabilidade do solo.

Com registros de temperatura mais baixos em relação a Antônio Barreto, o ponto da Pedro Alvares Cabral possui edificações de grande gabarito que propiciam muitos períodos de sombreamento, como observado nas imagens térmicas infravermelhas, juntamente com isso, essas edificações estão concentradas somente em uma das laterais da via principal o que reduz, significativamente, a massa construída, tendo sido este ponto o menor valor para este parâmetro entre os quatro estudados, outra característica importante que o define é a proximidade da Baía do Guajará, da mesma forma que o ponto do Largo do Carmo, só que, neste caso, a escala da calha das ruas é bem maior sendo que, em proporção, diverge pouco se se considerar as edificações mais altas em relação à via, este ponto foi o de maior registro de sensação de ventilação.

### 9.5. Para as Imagens Térmicas Infravermelhas a partir de sobrevoo.

<b>BAIRRO UMARIZAL – PARCELA URBANA ANTÔNIO BARRETO</b>	
<b>24 DE MARÇO</b>	<p>Em relação ao ponto de estudo, pode-se observar claramente o efeito da pavimentação asfáltica e das coberturas metálicas e de fibrocimento no aquecimento superficial. As laterais sombreadas das edificações também aparecem com menores temperaturas, além da água do canal.</p> 
<p>Figura 178: Imagem térmica infravermelha Umarizal (Antônio Barreto) 24 de março de 2012 Fonte: Irving Franco, 2012</p>	
<b>22 DE JUNHO</b>	<p>Novamente se tem a foto um pouco distante do ponto, porém, a partir dela, pode-se observar o menor aquecimento de algumas superfícies em função do sombreamento de edificações mais altas.</p> 
<p>Figura 179: Imagem térmica infravermelha Umarizal (Antônio Barreto) 22 de junho de 2012 Fonte: Irving Franco, 2012</p>	
<b>21 DE SETEMBRO</b>	<p>Nesta imagem, já se pode observar melhor a Rua Antônio Barreto e o efeito da pavimentação asfáltica no aquecimento das superfícies também, fica claro a falta de cobertura vegetal e os efeitos de maior aquecimento.</p> 
<p>Figura 180: Imagem térmica infravermelha Umarizal (Antônio Barreto) 21 de Setembro de 2012 Fonte: Irving Franco, 2012</p>	

## BAIRRO UMARIZAL – PARCELA URBANA PEDRO ALVARES CABRAL

24 DE MARÇO	<p>Pode-se observar o efeito do sombreamento das edificações de alto gabarito na superfície da via e seu entorno claramente, em relação às regiões com edificações de baixo gabarito, além da influência da massa vegetada ainda que pouca no entorno. Destacam-se as coberturas de galpões e algumas edificações com alta temperatura registrada que devem ser metálicas ou em fibrocimento com baixa inércia térmica o que propicia a troca superficial com o entorno mais rapidamente. Presença de campo sombreado na base de edificações</p>	
<p>Figura 181: Imagem térmica infravermelha Umarizal (Pedro Alvares Cabral) 24 de março de 2012 Fonte: Irving Franco, 2012</p>		
22 DE JUNHO	<p>Pode-se observar, novamente, o efeito do sombreamento devido edificação de alto gabarito, justamente no ponto de medição. Além do destaque para a pavimentação asfáltica com alta contribuição para o aumento de temperatura. Presença de campo sombreado na base de edificações, em especial na edificação a qual foi localizada o ponto para aquisição dos dados.</p>	
<p>Figura 182: Imagem térmica infravermelha Umarizal (Pedro Alvares Cabral) 22 de junho de 2012 Fonte: Irving Franco, 2012</p>		
21 DE SETEMBRO	<p>Nesta imagem mais aproximada, pode-se ver o trecho onde se localiza o ponto do experimento e novamente o mesmo aparece com temperatura superficial mais baixa que o entorno imediato, neste trecho além do sombreamento pela edificação de alto gabarito temos a presença de massa vegetada. A influência da Baía do Guajará favorece o atraso térmico, promovendo uma menor variação de temperatura, lembrando que este foi o ponto que apresentou maior sensação de ventilação. Presença de campo sombreado na base de edificações</p>	
<p>Figura 183: Imagem térmica infravermelha Umarizal (Pedro Alvares Cabral) 21 de setembro de 2012 Fonte: Irving Franco, 2012</p>		

## BAIRRO CIDADE VELHA – PARCELAS URBANAS LARGO DO CARMO E PEDRO ALBUQUERQUE

24 DE MARÇO

Aparece de forma clara o diferencial entre os pontos em relação às temperaturas superficiais registradas e o que chama mais atenção é o quanto a massa vegetada da praça do Largo do Carmo contribui para esse menor aquecimento em relação ao ponto da Pedro Albuquerque.



Figura 184: Imagem térmica infravermelha Cidade Velha (Largo do Carmo, Pedro Albuquerque) 24 de março de 2012  
Fonte: Irving Franco, 2012

22 DE JUNHO

Novamente se pode observar o efeito da massa vegetada na diferença do registro de temperatura superficial entre os dois pontos, sendo que, desta vez, pode-se observar a superfície mais aquecida no Ponto da Pedro Albuquerque que apesar de possuir via estreita as edificações ao redor são muitas baixas (1 pavimento) o que propicia pouca proteção à radiação expondo a via ao aquecimento.

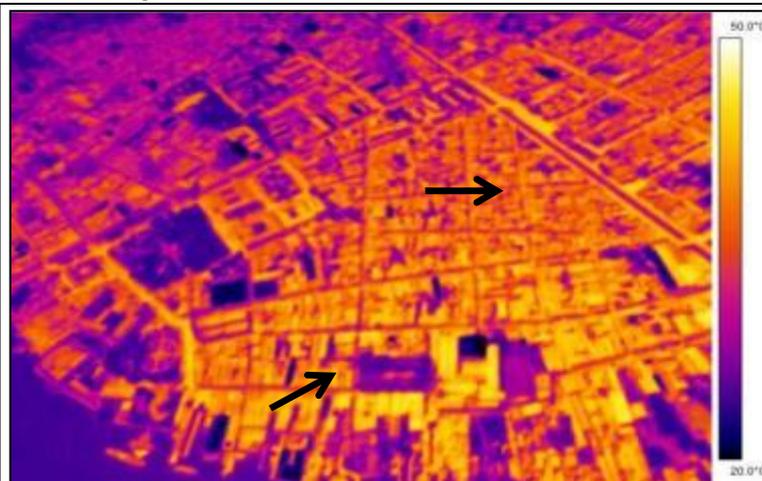


Figura 185: Imagem térmica infravermelha Cidade Velha (Largo do Carmo, Pedro Albuquerque) 22 de junho de 2012  
Fonte: Irving Franco, 2012

21 DE SETEMBRO

Pode-se notar que o efeito do aquecimento devido à pavimentação asfáltica no ponto da Pedro Albuquerque não está tão presente devido ao sombreamento, já no Largo do Carmo segue o efeito de sombreamento devido a massa vegetada.



Figura 186: Imagem térmica infravermelha Cidade Velha (Largo do Carmo, Pedro Albuquerque) 21 de setembro de 2012  
Fonte: Irving Franco, 2012

## **10. CONCLUSÃO**

### **10.1. Impacto da morfologia no desempenho térmico de parcelas urbanas**

Todo o processo de mudança na ocupação de um sítio natural deve passar por uma avaliação antes que este receba qualquer tipo de intervenção.

O meio natural passou por um processo de milhões de anos de adaptação, moldando-se ao relevo, ao clima, o que fica registrado nas características do local, este processo juntamente com os padrões de ocupação, variados tipos de edificações e arruamentos, gera microclimas, conferindo uma “assinatura térmica ambiental” para cada parcela urbana.

A partir do momento em que o processo de ocupação e construção do território passa a ter uma interferência muito incisiva em um período de tempo curto, passa-se a entender a mudança dos microclimas e a forma que isso interfere nos organismos vivos do local.

É na escala do microclima em que as diferenças são mais perceptíveis, devido à grande interferência dos elementos construídos dentro das frações da cidade.

A geometria urbana, caracterizada pela forma das vias e pelo volume das edificações, gera um conjunto de interações complexas e, ao examinar os cenários mais próximos da superfície, os volumes edificados, suas respectivas densidades, e os fatores constituintes da paisagem urbana, a exemplo da orientação das vias, ficam estabelecidos os principais fatores físicos envolvidos para identificar os inúmeros microclimas urbanos.

A investigação dos fenômenos climáticos decorrentes da morfologia urbana, aplicada a uma localidade objeto do estudo, constitui-se em um dos fatores que influencia diretamente na qualidade da intervenção urbanística realizada ou proposta, portanto é necessário investigar e interpretar tal modelo para condição de clima quente e úmido equatorial.

### **10.2. Dados coletados em campo e aplicação das técnicas de análise**

A partir dos dados coletados nos experimentos de campo e apresentados no capítulo de análises, ficou identificado que as dimensões, as proporções da calha da rua são fundamentais para o efeito de armazenamento

e dissipação de carga térmica, e que é plenamente factível relacionar trajetória solar com o mascaramento.

O ideal para complementar a análise da obstrução e a relação com as variações de temperatura e umidade relativa do ar é o acréscimo do parâmetro de *recorte de carga térmica*, pois este estabelece um valor de recorte de carga térmica a partir da obstrução medida na trajetória aparente do Sol. O *fator de visão de céu* trouxe, além de um registro do entorno em termos de obstrução e permeabilidade, a necessidade deste parâmetro ser analisado em função da posição das edificações com a trajetória solar.

No padrão verificado na Cidade Velha, fica muito evidente, que a orientação das vias determina o caminho da ventilação. Quando em vias com calha mais amplas, a exemplo da malha urbana do Umarizal, também revela uma maior ou menor disponibilidade de ventilação em função das orientações, mesmo sabendo que a largura da via propicia maior potencial de permeabilidade ao vento.

Enquanto na Cidade Velha foi detectada uma “claustrofobia” em função da escala de percepção ambiental com calhas de rua mais estreitas, verifica-se um maior potencial de sombreamento associado a este efeito pelas próprias edificações, mesmo que estas apresentem baixo gabarito, diferente da escala de malha urbana mais ampla que passou a ser utilizada mais recentemente.

Quando no Umarizal, por outro lado, observam-se grandes porções de asfalto expostas à insolação, desenvolvendo todo o seu potencial de absorção e dissipação de carga térmica, é criado um colchão de ar quente, que pode deslocar-se ou não com a ocorrência de vento.

É notório que o planejamento, a partir de vias mais amplas, claramente presente do Bairro do Umarizal, também propiciou a devida escala de arborização para os bairros mais centrais e planejados da cidade. Seus efeitos se fazem presentes, ainda hoje, apenas em fragmentos de território como na Av. Nazaré, Rua Brás de Aguiar, Tv. Quintino Bocaiuva, Rua Generalíssimo Deodoro, Av. Governador José Malcher, porém pouco presente no Umarizal, nos dias de hoje, devido ao fato de o Umarizal, no período de implantação das malhas ser uma porção periférica da cidade.

A maior redução de carga térmica incidente no solo da cidade se deve ao sombreamento de períodos mais úmidos com maiores índices

pluviométricos, a redução constada em planilha foi bem mais acentuada do que as registradas devido à obstrução por massa construída chegando a 9900 W/m<sup>2</sup> no mês de Março, já o recorte devido obstrução no ponto da Pedro Álvares Cabral para o dia 27 de Outubro chega a 3365 W/m<sup>2</sup>. Maiores períodos de céu encoberto por sombreamento, devido à alta nebulosidade, torna-se fator preponderante na menor incidência de carga térmica no solo no caso de Belém.

Como constatado, o ponto que corresponde à parcela urbana do Largo do Carmo apresenta valores de temperatura em todos os períodos inferiores aos demais pontos, em função de este ser o único ponto com vegetação abundante devido à existência de praça arborizada. A vegetação apresenta propriedades de reduzir a carga térmica local, devido a sua fotossíntese e maior capacidade de retenção de umidade, o que defini menores amplitudes térmicas.

Pode-se interpretar que este fator possui contribuição direta nos resultados registrados de menor temperatura em relação aos demais pontos que são pouco ou nada arborizados, da mesma forma esta conclusão pode ser reforçada pelos resultados obtidos no ponto da Pedro Albuquerque quando da ausência de vegetação e pouca obstrução de céu.

O ponto da Pedro Álvares Cabral possui uma grande obstrução com fator de visão de céu mais alto entre todos, ali também se encontra a via de maior largura, além de ser o ponto com maior sensação de ventilação.

Na Rua Pedro Albuquerque está o ponto mais exposto e menos obstruído sendo que o mesmo está entre os dois pontos que registrou as maiores temperaturas nos períodos analisados para medição.

A variação da temperatura ocorreu muito em função da localização, ou seja, quando a parcela urbana está situada às proximidades da orla da cidade ou mais ao continente.

As *massas construídas* exercem todo o seu potencial de influência na temperatura através do acúmulo de carga, da inércia térmica, das trocas superficiais e da obstrução do céu correspondente, deve ser entendido que para a análise destes parâmetros a proporcionalidade dessa massa construída é fator determinante, a relação entre largura de via/ calçamento com a altura das edificações e seu volume definem essa proporcionalidade.

Os resultados dos experimentos realizados demonstraram que a localização dentro da parcela urbana e a proporcionalidade da calha da rua com os volumes das edificações foram mais relevantes do ponto de vista de ganho térmico do que as alturas das edificações do entorno imediato. A relação ganhos de carga térmica, com a altura das edificações, começa a se dar a partir do momento em que as ruas de seu entorno são estreitas proporcionalmente, possuem pouco potencial de ventilação, e são afastadas de massas d'água.

### **10.3. Amplitude de temperaturas**

Uma das maiores diferenças encontradas entre as duas parcelas urbanas do bairro da Cidade Velha e do Umarizal foi o comportamento das massas de ar que devido ao efeito produzido pela proporcionalidade das calhas das ruas definiu um padrão de ventilação na Cidade Velha em função da orientação das ruas, sendo no Umarizal em função da orientação predominante, já que as massas de ar não encontravam barreiras formando condutos como na Cidade Velha.

Ficou constatado que, para este tipo de trabalho, é necessária uma maior saturação de dados amostrais, com repetições de medições em quantidade e período. Uma mais ampla amostragem pode caracterizar porções maiores de território, compondo o microclima do bairro por somatória e interpolação. Quando se amplia a amostragem de temperatura por saturação, aumenta a resolução, reduz os efeitos de assimetria devido à nebulosidade e a precipitação na série histórica, deixando em evidência as características inerentes à morfologia e vegetação urbana.

Este tipo de abordagem foi atingido, no último período de aquisição de dados em campo de 11 a 21 de Janeiro de 2013, quando foram registrados dados intermitentes por dez dias, ficando claro o ganho potencial em relação ao tratamento dos dados e o aumento de resolução dos mesmos para análise.

### **10.4. Técnicas de análise e modelos matemáticos**

O experimento realizado em Janeiro de 2013, com coleta de dados estendida por um período de dez (10) dias, foi fundamental para o tratamento de dados com saturação e aumento da resolução dos resultados, através da

possibilidade de geração de gráficos de frequência de ocorrência e dispersão das temperaturas por ponto.

Os gráficos de frequência de ocorrência e de dispersão apresentaram a síntese dos efeitos dos padrões morfológicos e elementos climáticos nas temperaturas registradas quando da realização dos experimentos de campo. Confirmando assim a hipótese da importância da utilização das técnicas de estudo do comportamento bioclimático em função da morfologia existente, através dos modelos aplicados neste trabalho que se mostraram capazes de gerar de parâmetros urbanísticos possíveis de serem aplicados em instrumentos urbanísticos de controle da qualidade ambiental da cidade.

O modelo gerado neste trabalho a partir da aplicação de técnicas de análise e modelos numéricos utilizados e adaptados mostrou resultados satisfatórios dentro dos objetivos inicialmente propostos, apontou alguns padrões climáticos em função de localização e tipologia das parcelas urbanas lhes conferindo microclimas característicos, porém foi confirmada a necessidade de acréscimo de parâmetros de análise e maior saturação de dados para o desenvolvimento do mesmo.

O avanço com acréscimo de parâmetros aos modelos matemáticos existentes, como velocidade e direcionamento das massas de ar, pressão atmosférica e possível incremento estatístico no tratamento dos modelos matemáticos são fundamentais no desenvolvimento e direcionamento de aquisição de dados para futuras análises e complementação descritiva para compreensão da fenomenologia do microclima urbano.

O passo seguinte à utilização destes modelos matemáticos e técnicas de análise de padrão térmico superficial é aplicação de modelos mais completos de balanço térmico já considerando as adaptações propostas, neste trabalho, para as características climáticas, geográficas e morfológicas de Belém.

Os dados aqui coletados são iniciais em termos de caracterização de um ciclo, porém, ao apontar relatos para caracterização descritiva de cenários de microclimas, torna-se capaz de ser estudado em profundidade, tem grande potencial de contribuição para consolidação conceitual a respeito do comportamento ambiental com os modelos urbanísticos em clima equatorial quente e úmido.

A aplicação das técnicas de estudo do comportamento bioclimáticos em função da morfologia presentes neste trabalho como a *massa construída*, o *fator de visão de céu*, e o *recorte de carga térmica*, demonstraram mecanismos extremamente úteis para a melhor compreensão do desempenho térmico das parcelas urbanas, e para aplicação em modelos urbanísticos capazes de contribuir, confirmar ou gerar parâmetros de ocupação que viabilizem as cidades, no que diz respeito a sua eficiência ambiental.

O estudo da geometria de insolação foi fundamental para reforçar conceitos e analisar dados obtidos em função das áreas sombreadas e de capacidade de absorção de insolação direta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. **NBR 15215-3**: Iluminação Natural – Parte 3: Procedimento de Cálculo para determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2005.

ACSELRAD, H. **Discursos da Sustentabilidade Urbana**. Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, Rio de Janeiro, v. 1, n.1, p. 79-90, 1999.

ASSIS, Eleonora Sad et al.. **Aplicação de Dados do Clima Urbano no Desenvolvimento de Planos Diretores de Cidades Mineiras**. IX Encontro Regional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC). 1997.

BARBIRATO, Gianna Melo. **Modelo de Balanço de Energia Aplicado ao Caso da Cidade de Maceió – Al, e suas Implicações para o Planejamento Urbano**. Fórum Clima Urbano e Planejamento das Cidades. 2011.

CASTELLS, Manuel. **A questão urbana**. Tradução de Arlene Caetano. Rio de Janeiro: Paz e Terra. Coleção Pensamento Crítico, v. 48. 1983.

DUTRA, Luciano; LAMBERTS, Roberto; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2ª edição, revisada. São Paulo: Pró Livros, 2004.

FROTA, A. B. & SCHIFFER, S. **Manual de conforto térmico**. ed 8. São Paulo: Nobel, 2003.

GOUVEA, Luis Alberto. **Biocidade: Conceitos e Critérios para um Desenvolvimento Ambiental Urbano em Localidades de Clima Tropical de Planalto**. São Paulo, 2002.

LAMBERTS, Roberto; MACIEL, Alexandra Albuquerque. **Analysis SOL-AR**. LABEE-UFSC. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>.

LÔLA, Antônio Carlos. **Estudo de Variação Termohigrométrica de Cidade Equatorial devido ao Processo de Urbanização: O caso de Belém Pará**. São Carlos-SP, 1998, Tese de Doutorado.

MARQUES, Milton Cesar Silva. HADAD, Jamil. Martins, SILVA, André Ramon ; **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. 3ª Edição. Itajubá-MG: Eletrobrás / Procel Educação, 2006.

MASCARÓ, Juan José. **Manual de loteamentos e urbanização**. 2. ed. Porto Alegre: SAGRA LUZZATTO, 1997

MASCARÓ, Lúcia. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Sagra. D.C. Luzzato, 1996.

NASCIMENTO, Cicerino Cabral. **Clima e Morfologia urbana em Belém**. Belém: UFPA. NUMA, 1995.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo-SP: Projeto Editores Associados, 1988.

RORIZ, Maurício. **Arquitrop: Conforto Térmico e Economia de Energia nas Edificações** – Manual do Usuário. Sistema Integrado de rotinas e bancos de dados para apoio às atividades de projeto em Arquitetura e Engenharia Civil.

RORIZ, Maurício. **LUZ DO SOL – Versão 1.1** . Radiação Solar e Iluminação Natural.

RORIZ, Maurício; BASSO, A. **ARQUITROP, VERSÃO 3.0**, São Carlos – SP, 1990.

ROSSI, Aldo. **A Arquitetura da Cidade**. São Paulo-SP: Martins Fontes, 1995.

TARIFA, José Roberto; AZEVEDO, Tarik Rezende de Azevedo. **”Os microclimas e a configuração de céu na área central.”** In: Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática. São Paulo: GEOUSP- Universidade de São Paulo, 2001.

VILELA, Jacqueline Alves. **Variáveis do Clima Urbano: Análise da Situação Atual e Prognósticos para a Região do Bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG**. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 2007, Dissertação de Mestrado.

TSO, C.P.; CHAN, B.K.; HASHIN, M.A. **An improvement to the basic energy balance model for urban thermal environment analysis**. Energy and Buildings, n.14, p.143-152, 1990.

WENG, Qihao. **Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2009. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/isprsjprs>>. Acessado em: 29/09/2012.

YANG, Lin, and Li Yuguo. **City ventilation of Hong Kong at no-wind conditions**. Atmospheric Environment, 2009

# Anexos

<b>Anxo 01 - Massa Construída Antônio Barreto (Umarizal)</b>						
Quadra	PAV	Fechamento Vertical	Fechamento Horizontal	Densidade	Área	MC
	Número de Pavimentos	Perímetro x altura x Espessura fechamento	Projeção x Número de lajes x Espessura da laje	Somatória	área total da fração urbana	Massa construída K/m²
1	Até 2 Pavimentos	2755350	4263750	7019100	282745	24,82484217
	4 Pavimentos	224640	431250	655890	282745	2,319722718
	<b>Total</b>			7674990	282745	<b>27,14456489</b>
2	Até 2 Pavimentos	2896920	5810250	8707170	282745	30,79513342
	27 Pavimentos	1279395	2338000	3617395	282745	12,79384251
	<b>Total</b>					<b>43,58897593</b>
3	Até 2 Pavimentos	2728440	4695000	7423440	282745	26,25489399
	8 Pavimentos	294840	555750	850590	282745	3,00832906
	27 Pavimentos	979290	1701000	2680290	282745	9,479531026
	<b>Total</b>					<b>38,74275407</b>
4	Até 2 Pavimentos	1895400	5581500	7476900	282745	26,44396895
	28 Pavimentos	1392300	3175500	4567800	282745	16,15519284
	28 Pavimentos	1375920	2805750	4181670	282745	14,78954535
	<b>Total</b>					<b>57,38870714</b>
5	Até 2 Pavimentos	1633320	3433500	5066820	282745	17,92010469
	<b>Total</b>					<b>17,92010469</b>
6	Até 2 Pavimentos	1785420	4029750	5815170	282745	20,56683584
	34 Pavimentos	1849770	3990000	5839770	282745	20,65384003
	<b>Total</b>					<b>41,22067587</b>
7	Até 2 Pavimentos	2719080	6783750	9502830	282745	33,60918849
	35 Pavimentos	1678950	3420000	5098950	282745	18,03374065
	35 Pavimentos	1678950	3420000	5098950	282745	18,03374065
	4 Pavimentos	259740	968750	1228490	282745	4,344869052
	8 Pavimentos	393120	859500	1252620	282745	4,430210967
	7 Pavimentos	233415	408000	641415	282745	2,268528179
	4 Pavimentos	189540	520000	709540	282745	2,509469663
	<b>Total</b>					<b>83,22974765</b>
8	Até 2 Pavimentos	7849530	15528000	23377530	282745	82,68061327
	22 Pavimentos	875160	1449000	2324160	282745	8,219986207
	29 Pavimentos	1594710	4050000	5644710	282745	19,96396046
	22 Pavimentos	1068210	1868750	2936960	282745	10,38731012
	14 Pavimentos	720720	1166250	1886970	282745	6,673751967
	24 Pavimentos	1095120	1725000	2820120	282745	9,97407558
	21 Pavimentos	1154790	2387000	3541790	282745	12,52644609

	11 Pavimentos	469755	948000	1417755	282745	5,014253126
	11 Pavimentos	469755	948000	1417755	282745	5,014253126
	20 Pavimentos	842400	1564500	2406900	282745	8,512617376
	16 Pavimentos	767520	1602250	2369770	282745	8,381297636
	<b>Total</b>					<b>177,348565</b>

9	Até 2 Pavimentos	2858310	5217750	8076060	282745	28,56305151
	8 Pavimentos	477360	1352250	1829610	282745	6,470883658
	4 Pavimentos	142740	263750	406490	282745	1,437655838
	<b>Total</b>					<b>36,47159101</b>

10	Até 2 Pavimentos	3295890	6980250	10276140	282745	36,34419707
	18 Pavimentos	916110	1952250	2868360	282745	10,14468868
	12 Pavimentos	533520	776750	1310270	282745	4,634104936
	17 Pavimentos	1461915	4756500	6218415	282745	21,99301491
	13 Pavimentos	790920	1946000	2736920	282745	9,679817503
	33 Pavimentos	1158300	1819000	2977300	282745	10,52998285
	<b>Total</b>					<b>93,32580594</b>

11	Até 2 Pavimentos	5761080	13044000	18805080	282745	66,50897452
	28 Pavimentos	1572480	4052750	5625230	282745	19,89506446
	34 Pavimentos	1929330	5180000	7109330	282745	25,14396364
	31 Pavimentos	1196910	2216000	3412910	282745	12,07062901
	17 Pavimentos	735930	1179000	1914930	282745	6,772639658
	24 Pavimentos	1081080	2243750	3324830	282745	11,75911157
	4 Pavimentos	135720	208750	344470	282745	1,218306248
	<b>Total</b>					<b>143,3686891</b>

12	Até 2 Pavimentos	2571660	4621500	7193160	282745	25,44044988
	4 Pavimentos	166140	336250	502390	282745	1,776830713
	6 Pavimentos	382590	1036000	1418590	282745	5,017206317
	<b>Total</b>					<b>32,23448691</b>

13	Até 2 Pavimentos	1860300	3554250	5414550	282745	19,14994076
	<b>Total</b>					<b>19,14994076</b>

14	Até 2 Pavimentos	2812680	8761500	11574180	282745	40,93504748
	20 Pavimentos	912600	2000250	2912850	282745	10,30203894
	18 Pavimentos	652860	950000	1602860	282745	5,668924296
	24 Pavimentos	1207440	2043750	3251190	282745	11,49866487
	25 Pavimentos	1170000	2639000	3809000	282745	13,47150259
	30 Pavimentos	1702350	3572750	5275100	282745	18,65674017
	14 Pavimentos	761670	1616250	2377920	282745	8,410122195
	22 Pavimentos	1158300	2777250	3935550	282745	13,91907903
	33 Pavimentos	1602315	3553000	5155315	282745	18,23308989

	22 Pavimentos	875160	1684750	2559910	282745	9,053776371
	<b>Total</b>					<b>150,1489858</b>

15	Até 2 Pavimentos	1339650	1701750	3041400	282745	10,75668889
	5 Pavimentos	146250	229500	375750	282745	1,328935967
	<b>Total</b>					<b>12,08562486</b>

<b>TOTAL PARCELA ANTÔNIO BARRETO</b>						<b>973,3692196</b>
--------------------------------------	--	--	--	--	--	--------------------

<b>Anexo 02 - Massa Construída Pedro Alvares Cabral (Umarizal)</b>						
Quadra	PAV	Fechamento Vertical	Fechamento Horizontal	Densidade	Área	MC
	Número de Pavimentos	Perímetro x altura x Espessura fechamento	Projeção x Número de lajes x Espessura da laje	Somatória	área total da fração urbana	Massa construída K/m²
1	Até 2 Pavimentos	1536210	9450000	10986210	282745	38,85554121
	<b>Total</b>			10986210	282745	<b>38,85554121</b>
2	Até 2 Pavimentos	2281500	6494250	8775750	282745	31,03768413
	<b>Total</b>					<b>31,03768413</b>
3	Até 2 Pavimentos	177840	504750	682590	282745	2,414154096
	<b>Total</b>					<b>2,414154096</b>
4	Até 2 Pavimentos	3205800	10794750	14000550	282745	49,51652549
	33 Pavimentos	1447875	2890000	4337875	282745	15,34200428
	30 Pavimentos	1561950	3859500	5421450	282745	19,17434437
	<b>Total</b>					<b>84,03287414</b>
5	Até 2 Pavimentos	8037900	17900250	25938150	282745	91,73690074
	<b>Total</b>					<b>91,73690074</b>
6	Até 2 Pavimentos	1302210	3567750	4869960	282745	17,22385895
	27 Pavimentos	1089855	1806000	2895855	282745	10,24193178
	31 Pavimentos	1777230	2936000	4713230	282745	16,66954323
	35 Pavimentos	1412775	2799000	4211775	282745	14,89601938
	<b>Total</b>					<b>59,03135334</b>
7	Até 2 Pavimentos	3245580	7603500	10849080	282745	38,3705459
	31 Pavimentos	1632150	3648000	5280150	282745	18,67460079
	31 Pavimentos	1632150	3648000	5280150	282745	18,67460079
	<b>Total</b>					<b>75,71974748</b>
8	Até 2 Pavimentos	1728090	5566500	7294590	282745	25,79918301
	<b>Total</b>					<b>25,79918301</b>
9	Até 2 Pavimentos	2320110	3511500	5831610	282745	20,62498011
	<b>Total</b>					<b>20,62498011</b>
10	Até 2 Pavimentos	1497600	3941250	5438850	282745	19,23588392
	31 Pavimentos	1904175	3952000	5856175	282745	20,71186051
	23 Pavimentos	1049490	2268000	3317490	282745	11,73315178
	29 Pavimentos	1577745	3742500	5320245	282745	18,81640701
	25 Pavimentos	1213875	2684500	3898375	282745	13,78760013
	37 Pavimentos	1731600	3800000	5531600	282745	19,56391802
	<b>Total</b>					<b>103,8488214</b>

---

11	Até 2 Pavimentos	712530	3337500	4050030	282745	14,32396683
	<b>Total</b>					<b>14,32396683</b>

<b>TOTAL PARCELA PEDRO ÁLVARES CABRAL</b>						<b>547,4252065</b>
---	--	--	--	--	--	--------------------

<b>Anexo 03 - Massa Construída Largo do Carmo (Cidade Velha)</b>						
Quadra	PAV	Fechamento Vertical	Fechamento Horizontal	Densidade	Área	MC
	Número de Pavimentos	Perímetro x altura x Espessura fechamento	Projeção x Número de lajes x Espessura da laje	Somatória	área total da fração urbana	Massa construída K/m²
1	Até 2 Pavimentos	3225040	2466450	5691490	282745	20,12940989
	<b>Total</b>					<b>20,12940989</b>
2	Até 2 Pavimentos	2795520	1750350	4545870	282745	16,07763179
	3 Pavimentos	556335	1324000	1880335	282745	6,650285593
	4 Pavimentos	648180	3767500	4415680	282745	15,61718156
	<b>Total</b>					<b>38,34509894</b>
3	Até 2 Pavimentos	1590680	1701000	3291680	282745	11,64186811
	3 Pavimentos	663975	3688500	4352475	282745	15,39364091
	<b>Total</b>					<b>27,03550903</b>
4	Até 2 Pavimentos	1783600	1625925	3409525	282745	12,05865709
	3 Pavimentos	856440	3855000	4711440	282745	16,66321244
	4 Pavimentos	306540	625000	931540	282745	3,294629436
	<b>Total</b>					<b>32,01649897</b>
5	Até 2 Pavimentos	7782320	3600975	11383295	282745	40,25993386
	3 Pavimentos	372060	973000	1345060	282745	4,757148668
	4 Pavimentos	262080	832500	1094580	282745	3,871262091
	<b>Total</b>					<b>48,88834462</b>
6	Até 2 Pavimentos	8048040	3655575	11703615	282745	41,39282746
	3 Pavimentos	293085	601000	894085	282745	3,16216025
	4 Pavimentos	226980	706250	933230	282745	3,300606554
	<b>Total</b>					<b>47,85559426</b>
7	Até 2 Pavimentos	8230040	4949700	13179740	282745	46,61352102
	3 Pavimentos	2808000	6611000	9419000	282745	33,31270226
	<b>Total</b>					<b>79,92622328</b>
8	Até 2 Pavimentos	3894800	3047100	6941900	282745	24,55180463
	<b>Total</b>					<b>24,55180463</b>
9	Até 2 Pavimentos	3192280	1520925	4713205	282745	16,66945481
	3 Pavimentos	428220	727000	1155220	282745	4,085730959
	4 Pavimentos	114660	140000	254660	282745	0,900670215
	<b>Total</b>					<b>21,65585598</b>
10	Até 2 Pavimentos	11273080	5558175	16831255	282745	59,52803763
	<b>Total</b>					<b>59,52803763</b>

11	Até 2 Pavimentos	11109280	4782750	15892030	282745	56,20622823
	3 Pavimentos	435240	718000	1153240	282745	4,078728183
	4 Pavimentos	194220	360000	554220	282745	1,960140763
	<b>Total</b>					<b>62,24509717</b>

12	Até 2 Pavimentos	4586400	1729350	6315750	282745	22,33726503
	3 Pavimentos	78975	106000	184975	282745	0,654211392
	<b>Total</b>					<b>22,99147642</b>

13	Até 2 Pavimentos	1332240	1065750	2397990	282745	8,481104882
	3 Pavimentos	524745	1189000	1713745	282745	6,061097455
	<b>Total</b>					<b>14,54220234</b>

<b>Anexo - 04 Massa Construída Pedro Albuquerque (Cidade Velha)</b>						
Quadra	PAV	Fechamento Vertical	Fechamento Horizontal	Densidade	Área	MC
	Número de Pavimentos	perímetro x altura x Espessura fechamento	Projeção x Número de lajes x Espessura da laje	Somatória	área total da fração urbana	Massa construída K/m²
1	Até 02 Pavimentos	7105280	4071375	11176655	282745	39,52909866
		1814670	4683000	6497670	282745	22,98067163
	<b>Total</b>					<b>62,50977029</b>
2	3 Pavimentos	377325	2463000	2840325	282745	10,04553573
	4 Pavimentos	332280	1175000	1507280	282745	5,330881183
	5 Pavimentos	585000	3367500	3952500	282745	13,97902704
	<b>Total</b>					<b>29,35544395</b>
3	Até 02 Pavimentos	4269720	2142000	6411720	282745	22,67668747
	3 Pavimentos	398385	2459000	2857385	282745	10,10587278
	4 Pavimentos	257400	743750	1001150	282745	3,540823003
	<b>Total</b>					<b>36,32338326</b>
4	Até 02 Pavimentos	1980160	1103550	3083710	282745	10,90632902
	3 Pavimentos	1028430	2524000	3552430	282745	12,56407717
	<b>Total</b>					<b>23,4704062</b>
5	Até 02 Pavimentos	789880	375900	1165780	282745	4,1230791
	3 Pavimentos	119340	180000	299340	282745	1,058692461
	<b>Total</b>					<b>5,181771561</b>
6	Até 02 Pavimentos	11273080	5558175	16831255	282745	59,52803763
	<b>Total</b>					<b>59,52803763</b>
7	Até 02 Pavimentos	11109280	4782750	15892030	282745	56,20622823
	3 Pavimentos	435240	718000	1153240	282745	4,078728183
	4 Pavimentos	194220	360000	554220	282745	1,960140763
	<b>Total</b>					<b>62,24509717</b>
8	Até 02 Pavimentos	10439520	3970575	14410095	282745	50,96498612
	3 Pavimentos	78975	106000	184975	282745	0,654211392
	<b>Total</b>					<b>51,61919751</b>
9	Até 02 Pavimentos	8786960	3224550	12011510	282745	42,48177687
	<b>Total</b>					<b>42,48177687</b>
10	Até 02 Pavimentos	11429600	4375875	15805475	282745	55,90010433
	<b>Total</b>					<b>55,90010433</b>

11	4 Pavimentos	603720	3675000	4278720	282745	15,13278749
	<b>Total</b>					<b>15,13278749</b>
12	Até 02 Pavimentos	833560	350175	1183735	282745	4,186581549
	3 Pavimentos	526500	1335000	1861500	282745	6,583670799
	<b>Total</b>					<b>10,77025235</b>
13	Até 02 Pavimentos	1241240	893550	2134790	282745	7,550230773
	<b>Total</b>					<b>7,550230773</b>
14	Até 02 Pavimentos	6395480	2592450	8987930	282745	31,78811296
	3 Pavimentos	616005	1138000	1754005	282745	6,203487241
	<b>Total</b>					<b>37,99160021</b>
15	Até 02 Pavimentos	5867680	2000250	7867930	282745	27,82694654
	<b>Total</b>					<b>27,82694654</b>
16	Até 02 Pavimentos	5667480	2116800	7784280	282745	27,53109692
	3 Pavimentos	193050	335000	528050	282745	1,867583865
	<b>Total</b>					<b>29,39868079</b>
17	Até 02 Pavimentos	6388200	2539425	8927625	282745	31,57482891
	<b>Total</b>					<b>31,57482891</b>
18	Até 02 Pavimentos	2762760	1361850	4124610	282745	14,58773807
	3 Pavimentos	85995	119000	204995	282745	0,725017242
	<b>Total</b>					<b>15,31275531</b>
19	Até 02 Pavimentos	1663480	859950	2523430	282745	8,924755522
	<b>Total</b>					<b>8,924755522</b>
20	Até 02 Pavimentos	913640	509775	1423415	282745	5,034271163
	3 Pavimentos	96525	158000	254525	282745	0,900192753
	<b>Total</b>					<b>5,934463916</b>
21	Até 02 Pavimentos	7025200	3324825	10350025	282745	36,60551027
	3 Pavimentos	294840	593000	887840	282745	3,140073211
	<b>Total</b>					<b>39,74558348</b>
22	Até 02 Pavimentos	4255160	1505700	5760860	282745	20,37475464
	3 Pavimentos	61425	69000	130425	282745	0,461281367
	<b>Total</b>					<b>20,836036</b>
23	Até 02 Pavimentos	6784960	2318925	9103885	282745	32,19821748
	3 Pavimentos	229905	397000	626905	282745	2,217209853
	4 Pavimentos	117000	107500	224500	282745	0,794001662

	<b>Total</b>					<b>35,20942899</b>
24	Até 02 Pavimentos	4863040	1994475	6857515	282745	24,2533555
	3 Pavimentos	275535	538000	813535	282745	2,877274576
	<b>Total</b>					<b>27,13063007</b>
25	Até 02 Pavimentos	3432520	3179925	6612445	282745	23,38660277
	<b>Total</b>					<b>23,38660277</b>
26	Até 02 Pavimentos	6763120	2954175	9717295	282745	34,36769881
	3 Pavimentos	114075	181000	295075	282745	1,043608198
	<b>Total</b>					<b>35,41130701</b>
27	Até 02 Pavimentos	2806440	995400	3801840	282745	13,44617942
	<b>Total</b>					<b>13,44617942</b>
28	Até 02 Pavimentos	1324960	402675	1727635	282745	6,110222992
	<b>Total</b>					<b>6,110222992</b>
29	Até 02 Pavimentos	1081080	258825	1339905	282745	4,738916692
	3 Pavimentos	228150	322000	550150	282745	1,945746167
	<b>Total</b>					<b>6,684662859</b>
30	Até 02 Pavimentos	1765400	775950	2541350	282745	8,988134185
	3 Pavimentos	744120	1793000	2537120	282745	8,973173708
	<b>Total</b>					<b>17,96130789</b>
31	Até 02 Pavimentos	2136680	813750	2950430	282745	10,43495022
	<b>Total</b>					<b>10,43495022</b>
32	Até 02 Pavimentos	2882880	1359225	4242105	282745	15,00328918
	<b>Total</b>					<b>15,00328918</b>
33	Até 02 Pavimentos	3388840	1635375	5024215	282745	17,76942121
	<b>Total</b>					<b>17,76942121</b>
34	Até 02 Pavimentos	1106560	343350	1449910	282745	5,127977506
	3 Pavimentos	245700	481000	726700	282745	2,570160392
	<b>Total</b>					<b>7,698137898</b>
35	Até 02 Pavimentos	2919280	1286250	4205530	282745	14,87393234
	3 Pavimentos	569205	565000	1134205	282745	4,011406037
	<b>Total</b>					<b>18,88533838</b>
<b>TOTAL PARCELA PEDRO ALBUQUERQUE</b>						<b>914,745389</b>

<b>Anexo 05 - Bairro - Umarizal</b>			
<b>Parcela Urbana - Antônio Barreto</b>			
Fator de Visão de Céu (obstrução do Céu)			
<b>1º Quadrante - Oeste/Norte</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	8	64
10° - 20°	24	5	120
20° - 30°	37	2,5	92,5
30° - 40°	45	0	0
40° - 50°	49	0	0
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>2º Quadrante - Norte/Leste</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	9	72
10° - 20°	24	9	216
20° - 30°	37	9	333
30° - 40°	45	9	405
40° - 50°	49	8,5	416,5
50° - 60°	45	3	135
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>3º Quadrante - Leste/Sul</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	7,75	62
10° - 20°	24	4,25	102
20° - 30°	37	2,25	83,25
30° - 40°	45	2,25	101,25
40° - 50°	49	1,75	85,75
50° - 60°	45	0,25	11,25
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>4º Quadrante - Sul/Oeste</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	9	72
10° - 20°	24	8,25	198
20° - 30°	37	5,25	194,25
30° - 40°	45	0	0
40° - 50°	49	0	0
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>Total</b>			<b>2763,75</b>
<b>Percentual (FVC)</b>			<b>28%</b>

<b>Anexo 06 - Bairro - Umarizal</b>			
<b>Parcela Urbana - Pedro Alvares Cabral</b>			
Fator de Visão de Céu (obstrução do Céu)			
<b>1º Quadrante - Oeste/Norte</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	0	0
10° - 20°	24	0	0
20° - 30°	37	0	0
30° - 40°	45	0	0
40° - 50°	49	0	0
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>2º Quadrante - Norte/Leste</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	7,75	62
10° - 20°	24	7,75	186
20° - 30°	37	7,5	277,5
30° - 40°	45	6,75	303,75
40° - 50°	49	5,5	269,5
50° - 60°	45	5,5	247,5
60° - 70°	111	2	222
70° - 80°	73	1,75	127,75
80° - 90°	76	0,25	19
<b>3º Quadrante - Leste/Sul</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	9	72
10° - 20°	24	9	216
20° - 30°	37	9	333
30° - 40°	45	9	405
40° - 50°	49	9	441
50° - 60°	45	9	405
60° - 70°	111	3	333
70° - 80°	73	3	219
80° - 90°	76	0,75	57
<b>4º Quadrante - Sul/Oeste</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	1,75	14
10° - 20°	24	3,5	84
20° - 30°	37	1,75	64,75
30° - 40°	45	1,5	67,5
40° - 50°	49	1,5	73,5
50° - 60°	45	1,75	78,75
60° - 70°	111	0,75	83,25
70° - 80°	73	0,75	54,75
80° - 90°	76	0,25	19
<b>Total</b>			<b>4735,5</b>
<b>Percentual (FVC)</b>			<b>47%</b>

<b>Anexo 07 - Bairro - Cidade Velha</b>			
<b>Parcela Urbana - Largo do Carmo</b>			
Fator de Visão de Céu (obstrução do Céu)			
<b>1º Quadrante - Oeste/Norte</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	8	64
10° - 20°	24	6	144
20° - 30°	37	5	185
30° - 40°	45	1	45
40° - 50°	49	0	0
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>2º Quadrante - Norte/Leste</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	8,25	66
10° - 20°	24	6,5	156
20° - 30°	37	5,5	203,5
30° - 40°	45	3,25	146,25
40° - 50°	49	0,25	12,25
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>3º Quadrante - Leste/Sul</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	8,75	70
10° - 20°	24	8,25	198
20° - 30°	37	5,25	194,25
30° - 40°	45	4,25	191,25
40° - 50°	49	1	49
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>4º Quadrante - Sul/Oeste</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	8,75	70
10° - 20°	24	7,75	186
20° - 30°	37	5,75	212,75
30° - 40°	45	3,5	157,5
40° - 50°	49	0,25	12,25
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
Total			2363
<b>Percentual (FVC)</b>			<b>24%</b>

<b>Anexo 08 - Bairro - Cidade Velha</b>			
<b>Parcela Urbana - Pedro Albuquerque</b>			
Fator de Visão de Céu (obstrução do Céu)			
<b>1º Quadrante - Oeste/Norte</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	8	64
10° - 20°	24	6,5	156
20° - 30°	37	4,5	166,5
30° - 40°	45	0	0
40° - 50°	49	0	0
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>2º Quadrante - Norte/Leste</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	8	64
10° - 20°	24	7	168
20° - 30°	37	6	222
30° - 40°	45	0,5	22,5
40° - 50°	49	0	0
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>3º Quadrante - Leste/Sul</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	8,5	68
10° - 20°	24	7,25	174
20° - 30°	37	6,25	231,25
30° - 40°	45	5	225
40° - 50°	49	3	147
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
<b>4º Quadrante - Sul/Oeste</b>			
Ângulo	Peso	Quantidade	Valor
0° - 10°	8	9	72
10° - 20°	24	8,5	204
20° - 30°	37	7	259
30° - 40°	45	5,5	247,5
40° - 50°	49	3	147
50° - 60°	45	0	0
60° - 70°	111	0	0
70° - 80°	73	0	0
80° - 90°	76	0	0
Total			2637,75
<b>Percentual (FVC)</b>			<b>26%</b>