



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Campus de Presidente Prudente
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JOSÉ EDILSON CARDOSO RODRIGUES

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTAIS NA CIDADE DE
BELÉM/PA: UM ESTUDO DA VEGETAÇÃO E CLIMA URBANO**

Tese de Doutorado

Presidente Prudente - SP
2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PRESIDENTE PRUDENTE**

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTAIS NA CIDADE DE
BELÉM/PA: UM ESTUDO DA VEGETAÇÃO E CLIMA URBANO**

JOSÉ EDILSON CARDOSO RODRIGUES

Orientador: Prof^a. Dr^a. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista – Campus de Presidente Prudente, como requisito para a obtenção de título de Doutor em Geografia.

Presidente Prudente-SP

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

R613a Rodrigues, José Edilson Cardoso.
Análise das características socioambientais na cidade de Belém/PA: um estudo da vegetação e clima urbano / José Edilson Cardoso Rodrigues. - Presidente Prudente : [s.n], 2017
305 f. : il.

Orientador: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Cobertura Vegetal. 2. Clima Urbano. 3. Qualidade Ambiental. I. Amorim, Margarete Cristiane de Costa Trindade. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

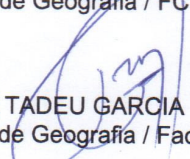
**TÍTULO DA TESE: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTAIS NA CIDADE DE
BELÉM/PA: UM ESTUDO DA VEGETAÇÃO E CLIMA URBANO**

AUTOR: JOSÉ EDILSON CARDOSO RODRIGUES

ORIENTADORA: MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM

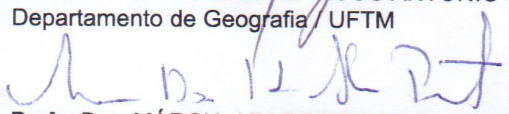
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em GEOGRAFIA, área:
PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM
Departamento de Geografia / FCT/UNESP/Presidente Prudente (SP)


Prof. Dr. JOSE TADEU GARCIA TOMMASELLI
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - FCT/UNESP


Profa. Dra. ENCARNITA SALAS MARTIN
Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente


PROFESSOR DOUTOR MARCOS ANTONIO SILVESTRE GOMES
Departamento de Geografia / UFTM


Profa. Dra. MÁRCIA APARECIDA DA SILVA PIMENTEL
Grupo de Estudo Paisagem e Planejamento Ambiental / UFPA

Presidente Prudente, 24 de janeiro de 2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa, Luziane Luz, e aos meus filhos, Humberto, Juliana e Tobias Luz. Eles são minha luz e meus amores para toda vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida e por ter nos conduzido com força e perseverança neste trabalho;

Ao Programa DINTER - UFPA/UNESP Presidente Prudente pela oportunidade única;

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, que assumiu a tarefa de me orientar nos bons momentos e nos difíceis, mostrando-se como um grande exemplo de profissionalismo, seriedade e disciplina sem perder seu lado humano e solidário;

Agradeço à minha esposa, companheira e amiga de todas as horas, Luziane Luz, exemplo de mulher de força e muita luz que sempre me ajudou e me apoiou em todos os momentos do trabalho, principalmente na aquisição dos equipamentos meteorológicos;

Ao professor Dr. Carlos Alexandre Leão Bordalo, que sempre nos incentivou e nos deu todo apoio necessário com bolsas e passagens para estarmos em Presidente Prudente, a fim de que realizássemos nossos estágios.

Agradeço à FAPESPA, pelo recurso financeiro via projeto Variabilidade hidroclimática e impactos antropogênicos em bacias urbanas e rurais no Estado do Pará. Apoio esse que viabilizou a compra e aquisição de vários equipamentos, inclusive os instrumentos de climatologia utilizados em nossos trabalhos de campo;

Agradeço ao Corpo de Bombeiros do Pará, Exército Brasileiro - 8º Comando Militar do Norte – CMN e 28º Circunscrição de Serviço Militar – CSM, pelos espaços cedidos para instalação das miniestações meteorológicas;

Agradeço ao aluno Andre Marinho, que, incansavelmente, ajudou-me na coleta de dados e nos diversos trabalhos de campo e elaboração cartográfica;

Agradeço à CODEM, por nos ceder as fotografias aéreas de Belém utilizadas em nossos mapeamentos;

Agradeço ao SIPAM, também, por nos ceder as imagens de satélite de alta resolução, de muita utilidade em nossos trabalhos de mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo;

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação e Geografia da UNESP, por nos ter cedido o espaço do Laboratório de Geocartografia para a realização dos trabalhos de tratamento das imagens de satélite;

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP - Presidente Prudente, que deram grande contribuição em nossa formação

por meio das disciplinas ministradas em Belém e no campus da UNESP e pelas agradáveis conversas nos diversos espaços do Campus;

Agradeço ao Prof. Dr. João Lima Santa'Anna Neto, do Departamento de Geografia; e a Prof^a. Dr^a. Encarnita Salas Martin, do Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente – FCT/UNESP, ambos, pela participação e contribuições dadas no exame de qualificação;

Aos Colegas da turma do DINTER, em especial ao Benedito e Adolfo, que me hospedaram em suas residências temporárias, nos períodos de estágio para a realização de disciplinas em Presidente Prudente;

Ao Sr. Aroldo, Coordenador do setor de Transportes da UFPA, que sempre atendeu nossas solicitações, concedendo e disponibilizando veículos para realização dos nossos trabalhos de campo;

Ao Motorista Paulinho, que sempre nos conduziu com segurança nos trabalhos de campo;

À dona Neide, que também me hospedou em sua humilde e aconchegante pensão em períodos de estágio de qualificação na UNESP/ Presidente Prudente;

Agradeço a todos os amigos e familiares, em especial meus pais que através de suas orações, ajudaram-me a sempre ser perseverante neste árduo trabalho.

A todos e todas, o meu Muito Obrigado.

EPÍGRAFE

*“Uma árvore lhe basta para o necessário da vida;
com as folhas se cobrem, com o fruto se
sustentam, com os ramos se armam, com o tronco
se abrigam e sobre a casca navegam.”*

(Padre Antonio Vieira.)

RESUMO

Nas últimas décadas, o rápido crescimento das cidades ocasionou modificações substanciais na paisagem urbana, fazendo com que passassem a gerar suas próprias condições ambientais, as quais, nem sempre, são favoráveis à população. Uma das modificações observadas é a geração do clima urbano, pois a cidade altera o clima principalmente na micro e meso escala, por meio das transformações da superfície, ocasionando o aumento de temperatura, variação da precipitação, modificação do fluxo dos ventos e da umidade do ar. Outra grande modificação observada na paisagem urbana é a redução da Cobertura Vegetal, que exerce diversas funções no âmbito social, estético e climático, amenizando a temperatura e umidificando o ambiente urbano. O interesse pelo estudo da interação entre cobertura vegetal e clima urbano da cidade de Belém-PA ocorreu a partir de observação da redução que a vegetação sofreu, o que pode ter impactado significativamente na temperatura intraurbana, com o consequente registro de aumento nas últimas décadas. O principal objetivo da pesquisa foi realizar um estudo relacionando à redução da cobertura vegetal e a mudança nos padrões de temperatura na área que consiste a Primeira Léngua Patrimonial da cidade de Belém-PA. A metodologia adotada por nós abarcou uma análise teórica conceitual, tendo como método de análise o hipotético-dedutivo, adotando como referencial teórico o Sistema Clima Urbano, proposto por Monteiro (1976), com ênfase no subsistema termodinâmico. Nos procedimentos realizou-se levantamento cartográfico, uso de imagens termais, mapeamento da Cobertura Vegetal, para levantamento de Índice de Cobertura Vegetal (ICV), Índice de Cobertura Vegetal por habitante (ICV/hab.), mapeamento do uso do solo, levantamento das temperaturas, espacial e temporal, com base nos dados do INMET, de miniestações fixas, transectos e trabalho de campo para registros e observações. Assim, o que se constatou é que a perda da Cobertura Vegetal em Belém é considerada um processo histórico em função do processo de ocupação da cidade. Analisando o ICV por Distrito, o DABEL (9,41%) apresentou o melhor índice, seguido pelo DASAC (5,66%) e DAGUA (3,37%). A análise temporal da temperatura revelou uma tendência de crescimento considerável, ao longo das décadas. A partir das imagens termais, as temperaturas dos alvos sofreram oscilações, principalmente em alguns bairros localizados mais ao norte e ao sul da Léngua. Bairros com pouca vegetação apresentaram temperaturas mais elevadas em relação a bairros com arborização considerável. Portanto a perda da cobertura vegetal na área da Primeira Léngua, associada às elevadas temperaturas, revelou um quadro ambiental preocupante, sobretudo em bairros que apresentaram ICV baixo e alta densidade de construções, o que refletiu diretamente no aumento da temperatura nesses bairros.

Palavras-Chave: Cobertura vegetal, clima urbano, temperatura do ar, ambiente urbano.

ABSTRACT

In recent decades the rapid growth of cities has caused substantial changes in the urban landscape, making start to generate their own environmental conditions and which are not always favorable to the population. One of the changes observed is the urban climate generation, because the city changes the climate mainly in micro and meso scale, through the surface changes causing the temperature rise, precipitation change, the winds flow modification and humidity. Another major change observed in the urban landscape is the reduction of vegetation cover, which performs various functions in the social, aesthetic and climatic context softening temperature and humidifying the in the urban environment and other. Interest in the study of the interaction between vegetation and urban climate of the city of Belém-PA, due to the reduction that vegetation has suffered and may have a significant impact on intra-urban temperature that has seen an increase in recent decades. Thus, the main objective was to conduct a study relating to the reduction of the vegetation cover and the change in temperature patterns in the area that is the First League Balance of Belém-PA. The methodology embraced a conceptual theoretical analysis, with the method of the hypothetical-deductive analysis, adopting as a theoretical reference the urban climate system proposed by Monteiro (1976), emphasizing the thermodynamic subsystem. In proceedings conducted cartographical survey, use of thermal images, mapping of vegetation cover for lifting Vegetation Cover Index (VCI) and Vegetation Cover Index by Inhabitant (VCI / I), land use mapping, survey of temperature, time and space from INMET data, fixed mini-stations, transects and field work for records and observations. Thus, it was found that the loss of plant cover in Belém has been considered a historical process due to the city occupation process. Looking for VCI District, the DABEL (9.41%) had the highest rate, followed by DASAC (5.66%) and DAGUA (3.37%). The time temperature analysis showed a considerable growth trend over the decades and from thermal images the temperature of targets experienced fluctuations, especially in some neighborhoods located further north and south of League. Neighborhoods with little vegetation had higher temperatures compared to neighborhoods with large trees. Therefore, the loss of plant cover in the First League area associated with high temperatures has revealed a worrying environmental framework, particularly in neighborhoods that had VCI low and high density buildings which is directly reflected in the increase in temperature in these neighborhoods.

Keywords: Vegetation cover, urban climate, air temperature, urban environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Localização da área de estudo, a Primeira Léguas Patrimonial do município de Belém.....	24
Figura 02	Representação esquemática da estrutura da atmosfera urbana que ilustra uma classificação de duas camadas de modificação térmica.....	36
Figura 03	Diagrama da representação dos canais de percepção do Sistema Clima Urbano segundo proposta de Monteiro (1976).....	46
Figura 04	Temperatura superficial de diferentes superfícies urbanas.....	53
Figura 05	Refrigeração do ambiente por processo biológico da vegetação.....	54
Figura 06	Entra e saída de energia em meio florestado e urbano em W/m^2	56
Figura 07	Variação de umidade entre ambientes arborizados e não arborizados.....	57
Figura 08	Influência da vegetação no fluxo de vento.....	60
Figura 09	Princípio de aquisição de informação dos objetos da superfície terrestre a partir da interação com radiação eletromagnética.....	61
Figura 10	Comprimento de onda do espectro eletromagnético.....	63
Figura 11	Representação de uma imagem de satélite de área urbana (região metropolitana do Rio de Janeiro) no espectro do visível (A) e no espectro termal (B).....	66
Figura 12	Assinatura espectral do concreto e do asfalto.....	66
Figura 13	Ilustração da Interação da radiação eletromagnética com a folha dos vegetais.....	68
Figura 14	Corte transversal de uma folha mostrando sua estrutura.....	69
Figura 15	Representação de uma imagem de satélite da cobertura vegetal no espectro do visível (A) e no espectro do infravermelho termal (B).....	71
Figura 16	Representação da curva de reflectância espectral da vegetação.....	72
Figura 17	Mapa da Primeira Léguas Patrimonial de Belém seus respectivos Distritos Administrativos e Bairros.....	84
Figura 18	Mapa geomorfológico da Primeira Léguas Patrimonial.....	85
Figura 19	Marco de representação do limite da Primeira Léguas Patrimonial da cidade de Belém.....	87
Figura 20	Mapa da evolução urbana da Primeira Léguas Patrimonial, Belém-Pa.....	88
Figura 21	Vista do Forte do Castelo que deu origem a cidade de Belém-PA.....	90
Figura 22	Planta geométrica da cidade de Belém elaborado por Schwebel ano 1753. Em destaque, os dois principais bairros a Cidade (1), Campina (2) e a NE e Leste o grande alagado do Piri (3) e a grande Floresta Hiléia amazônica (4).....	92
Figura 23	Plantas de Belém representando o processo de expansão do núcleo urbano da cidade segundo Meira Filho (A) 1616 a 1631; (B) 1631 a 1661; (C) 1661 a 1700; (1) Cidade; (2) Campina; (3) Lago do Piri (4) Floresta Hileia amazônica.....	93
Figura 24	Planta da cidade de Belém, onde o bairro da cidade (1) e da campina (2) é toda cercada por muralha, com baluartes pelo lado da terra e uma linha de proteção, pelo lado do porto utilizando as águas do Piri (3) e a floresta (4) no sistema de defesa.....	95
Figura 25	Autoria de Hugo de Fournier, a planta de Belém mostra a Cidade (1) e a Campina (2) expandida, as estradas de São José e do Utinga bem traçadas, o alagado do Piri (3) totalmente aterrado e drenado, atividades agrícolas (4) em área de expansão e a grande floresta (5) a ser conquistada pelo avanço da colonização.....	97
Figura 26	Localização do Jardim Botânico de São José.....	102
Figura 27	Estrada de São José (A) ornada por palmeiras imperial, (B) estrada das mungubeiras guarnecida de mungubas (<i>Bombax munguba</i>). Hoje (C) Av. 16 de Novembro (antiga Estrada de São José) e (D) Av. Tamandaré (antiga estrada das mungubeiras).....	103
Figura 28	Planta urbana da cidade (1904) na época do governo de Antonio Lemos destacando os bairros da Batista Campos, Marco, Nazaré, São Brás e Umarizal, considerado os novos bairros da cidade.....	112
Figura 29	Iconografia dos principais largos que posteriormente tornaram-se praças.....	116
Figura 30	Praça Batista Campos passando por processo de transformação de logradouro em praça, (A) logradouro Salvaterra sem arborização; (B) Praça Sergipe, com presença de vegetação arbustiva; (C) Praça Batista Campos com arborização arbórea.....	119

Figura 31	(A) Estrada de Bragança em meados do séc. XIX (B) estrada de ferro Belém-Bragança no início do séc. XX, com pouca arborização de ruas e quintais.....	122
Figura 32	Vista panorâmica do Jardim Botânico da Amazônia, com destaque para a grande pressão que vêm sofrendo construção civil e urbanização da cidade.....	124
Figura 33	Avenida da República (atualmente Av. Assis de Vasconcelos), transeuntes bem vestidos caminhando sob a sombra das belas mangueiras plantadas ao longo da avenida.....	125
Figura 34	Padrões de ruas estreitas e sem arborização na área central (A) bairro da Cidade Velha, (B) bairro da Campina.....	133
Figura 35	Arborização de Mangueiras pelo seu porte arbóreo formam belos “túneis verdes” em praças e avenidas da área central da cidade.....	134
Figura 36	(A) Arborização de Oiti de porte mais arbustivo; (B) Castanholas em bairros mais afastados do centro e (C) ruas sem arborização.....	135
Figura 37	Mapa da série histórica da Cobertura Vegetal da Primeira Léguas Patrimonial durante os anos de 1977, 1998, 2006 e 2013.....	143
Figura 38	Mapa da série histórica da Cobertura Vegetal do DABEL (1977, 1998, 2006 e 2013).....	146
Figura 39	Uso pela população dos espaços públicos arborizados, (A) caminhada e descanso; (B) transeuntes utilizando o passeio público arborizado; (C) momento de recreação.....	147
Figura 40	Mapa da série histórica da Cobertura Vegetal do DASAC (1977, 1998, 2006 e 2013).....	150
Figura 41	Características da Cobertura Vegetal do distrito do DASAC (A) vista da vegetação de quintais; (B) ausência de arborização de vias (Av. Pedro Álvares Cabral); (C) arborização linear de algumas vias com espécies diversas (Av. Pedro Miranda).....	152
Figura 42	Mapa da série histórica da Cobertura Vegetal do DAGUA (1977, 1998, 2006 e 2013).....	154
Figura 43	Características da Cobertura Vegetal do DAGUA, (A) vista panorâmica da vegetação de quintais; (B) registro do adensamento ocupacional e vias com total ausência arborização; (C) arborização de oiti de porte mais arbustivo, açazeiros entre outros.....	155
Figura 44	Diferença das temperaturas dos alvos da Primeira Léguas Patrimonial nos anos de 1987, 1990, 1995, 2000, 2006 e 2013.....	177
Figura 45	Estação Convencional do INMET localizada na Área de Preservação Ambiental de Belém (APA).....	183
Figura 46	Localização das estações meteorológicas de monitoramento regional INFRAERO, INMET, SIPAM, UFPA e miniestações instaladas na área central.....	184
Figura 47	Sensores instalados nas miniestações (A) Pluviômetro; (B) Termo higrômetro; (C) Anemômetro; (D) Console de recepção e armazenamento dos dados; (E) Programa computacional de tratamento e informação dos dados climáticos.....	186
Figura 48	Localização da miniestação Campina nas dependências do 8º Comando Militar do Norte (Exército).....	187
Figura 49	Base com sensores instalados no bairro da Campina (Espaço do Exército).....	187
Figura 50	Localização da miniestação Condor nas dependências do Corpo de Bombeiros do estado do Pará.....	188
Figura 51	Base da miniestação da Condor e os Sensores instalados.....	189
Figura 52	Localização da miniestação Nazaré nas dependências do 28º Circunscrição de Serviço Militar (Exército).....	190
Figura 53	Base com sensores instalados no bairro de Nazaré (Espaço do Exército).....	190
Figura 54	Mapa das trajetórias dos transectos realizado na Primeira Léguas Patrimonial.....	229
Figura 55	Mapa de temperatura da Primeira Léguas Patrimonial para o dia 20 de agosto às 20:00hs de 2015 (noturno), utilizando o método de transecto.....	231
Figura 56	Perfil de temperatura do ar noturno ao longo dos transecto Leste-Oeste às 20:00hs do dia 20/08/2015.....	232
Figura 57	Perfil de temperatura do ar noturno ao longo dos transecto Sul-Norte às 20:00hs do dia 20/08/2015.....	233

Figura 58	Perfil Leste-Oeste da cidade de Belém com destaque a leste o uso horizontal e a oeste o uso vertical que se coloca como uma barreira artificial para a circulação do vento na área oeste, destacando a localização dos bairros da Condor, Nazaré e Campina a sotavento da verticalização.....	235
Figura 59	Mapa de temperatura da Primeira Légua Patrimonial para o dia 02 de setembro às 15:00hs de 2016 (diurno), utilizando o método de transecto.....	236
Figura 60	Perfil de temperatura do ar diurno ao longo do transecto Leste-Oeste às 15:00hs do dia 02/09/2016.....	237
Figura 61	Perfil da temperatura do ar diurno ao longo do transecto no sentido Sul-Norte as 15:00hs do dia 02/09/2016.....	239
Figura 62	Mapa de presença de edificações dos bairros da Campina, Nazaré e Condor.....	242
Figura 63	Mapa de vias dos bairros da Campina, Nazaré e Condor 2013.....	245
Figura 64	Mapa de Cobertura Vegetal dos bairros da Campina, Nazaré e Condor 2013.....	247
Figura 65	Estilo de Poda realizado pelas prestadoras de serviço urbano (Energia e Telefonia) (A) “Poda Côncava”; (B) “Poda Circular”, (C) “Poda reti” e (D) “Poda Desnuda”.....	249
Figura 66	Mapa de espaços livres dos bairros da Campina, Nazaré e Condor 2013.....	251
Figura 67	Mapa de solo exposto e lote vago dos bairros de Nazaré e Condor 2013.....	253
Figura 68	Mapa de uso da terra do bairro da Campina com destaque para distribuição da Cobertura Vegetal do bairro.....	255
Figura 69	Mapa de uso da terra do bairro de Nazaré com destaque para distribuição da Cobertura Vegetal do bairro.....	256
Figura 70	Mapa de uso da terra do bairro da Condor com destaque para distribuição da Cobertura Vegetal do bairro.....	257
Figura 71	Mapa de uso da terra dos bairros percorrido pelo Transecto Leste – Oeste.....	261
Figura 72	Mapa de Cobertura Vegetal dos bairros percorrido pelo Transecto Leste – Oeste..	264
Figura 73	Mapa de uso da terra dos bairros percorrido pelo Transecto Sul – Norte.....	266
Figura 74	Mapa de Cobertura Vegetal dos bairros percorrido pelo Transecto Sul – Norte.....	268
Figura 75	Mapa de distribuição das edificações verticais dos bairros da Primeira Légua.....	274
Figura 76	Mapa dos espaços livres destacando a área de ocorrência na Légua.....	276
Figura 77	Mapa de Cobertura Vegetal dos bairros da Primeira Légua.....	277
Figura 78	Mapa de ruas pavimentadas e não pavimentadas dos bairros da Primeira Légua (2013).....	279
Figura 79	Mapa de arborização das vias dos bairros da Primeira Légua 2013.....	281
Figura 80	Mapa de Densidade de vias arborizadas dos bairros da Primeira Légua 2013.....	282
Figura 81	Mapa de População dos bairros da Primeira Légua (2010).....	283
Figura 82	Mapa de densidade populacional de habitantes/Km ² dos bairros da Primeira Légua (2010).....	283
Figura 83	Mapa de índice de densidade populacional de habitante por Km ² dos bairros da Primeira Légua.....	284
Figura 84	Mapa síntese de qualidade ambiental dos bairros da Primeira Légua.....	287

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	Representação do crescimento da população da cidade de Belém entre os anos de 1970 a 2010.....	138
Gráfico 02	Representação do Índice da Cobertura Vegetal em % da Primeira Léguas Patrimonial de Belém-PA (1977, 1998, 2006, 2013).....	144
Gráfico 03	Representação do Índice da Cobertura Vegetal do DABEL (em %).....	147
Gráfico 04	Representação da perda da Cobertura Vegetal do DASAC (em %).....	151
Gráfico 05	Representação da perda da cobertura vegetal do DAGUA (em %).....	155
Gráfico 06	Comparação dos Índices de Cobertura Vegetal por distrito da Primeira Léguas Patrimonial de Belém durante os anos de 1977, 1998, 2006 e 2013.....	157
Gráfico 07	Representação do total de população, segundo o censo do IBGE 2010 e do Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICV/Hab.) por distrito da Primeira Léguas para o ano de 2013.....	157
Gráfico 08	Índice e Cobertura Vegetal por bairro do DABEL durante os anos de 1977, 1998, 2006 e 2013.....	159
Gráfico 09	População dos bairros do DABEL segundo o censo de 2010 com destaque para o bairro do Marco como o mais populoso.....	160
Gráfico 10	Índice de Cobertura Vegetal do bairro por Habitante (ICVB/Hab.) - bairros do DABEL para o ano de 2013.....	160
Gráfico 11	Índice de Cobertura Vegetal por bairro do DASAC com destaque para o bairro de Miramar.....	162
Gráfico 12	População dos bairros do DASAC segundo censo do IBGE, 2010.....	162
Gráfico 13	Índice de Cobertura Vegetal por habitante dos bairros do DASAC para o ano de 2013.....	163
Gráfico 14	Índice de Cobertura Vegetal por bairro do DAGUA durante os anos de 1977, 1998, 2006 e 2013 com destaque para o bairro do Montese.....	164
Gráfico 15	População dos bairros do DAGUA segundo o censo de 2010 com destaque para o bairro do Guamá como o mais populoso.....	165
Gráfico 16	Índice de Cobertura Vegetal por Habitante dos bairros do DAGUA para o ano de 2013.....	166
Gráfico 17	Representação da perda da Cobertura Vegetal por bairros entre os anos de 1977 a 2013.....	167
Gráfico 18	Normais climáticas (1961-1990) da precipitação e temperatura da cidade de Belém-Pará.....	171
Gráfico 19	Evolução da temperatura média anual da cidade de Belém-Pa.....	173
Gráfico 20	Representação da temperatura máxima por pontos fixos.....	192
Gráfico 21	Temperatura média máxima mensal nas estações Campina, Condor, Nazaré e INMET entre os meses de julho 2015 a Janeiro 2016.....	194
Gráfico 22	Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e o INMET no mês de julho 2015.....	196
Gráfico 23	Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de agosto 2015.....	198
Gráfico 24	Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de setembro 2015.....	200
Gráfico 25	Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de outubro 2015.....	201
Gráfico 26	Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de novembro 2015.....	203
Gráfico 27	Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de dezembro 2015.....	205
Gráfico 28	Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de janeiro 2016.....	207
Gráfico 29	Diferença da média máxima de temperatura das miniestações com relação à temperatura máxima registrada pelo INMET de julho 2015 a janeiro de 2016....	208
Gráfico 30	Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Campina e Condor (16/07/2015).....	212
Gráfico 31	Diferença da temperatura diária entre os bairros da Campina, Condor em relação à estação do INMET (16/07/2015).....	212

Gráfico 32	Registro da temperatura do dia mais quente no bairro da Campina (26/08/2015).....	214
Gráfico 33	Registro da temperatura do dia mais quente no bairro da Condor (27/08/15)	214
Gráfico 34	Registro da temperatura do dia mais quente no bairro de Nazaré (30/08/15).	215
Gráfico 35	Diferença da temperatura dos dias mais quentes entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET em datas diferentes (26, 27 e 30/08/2015).....	215
Gráfico 36	Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Campina, Condor, Nazaré (24/09/15).....	217
Gráfico 37	Diferença da temperatura do dia mais quente entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET em 24/09/2015.....	218
Gráfico 38	Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Condor, Nazaré e estação do INMET (10/10/15).....	219
Gráfico 39	Registro da temperatura do dia mais quente do bairro da Campina (16/10/15)..	220
Gráfico 40	Diferença da temperatura dos dias mais quente entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET entre os dias de 10 e 16/10/2015.....	220
Gráfico 41	Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Campina, Condor, Nazaré e estação do INMET (30/11/2015).....	222
Gráfico 42	Diferença da temperatura do dia mais quente entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET (30/11/2015).....	222
Gráfico 43	Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Campina, Condor, Nazaré e estação do INMET (01/12/2015).....	223
Gráfico 44	Diferença da temperatura do dia mais quente entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET (01/12/2015).....	224
Gráfico 45	Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Campina e Nazaré (03/01/2016).....	225
Gráfico 46	Registro da temperatura do dia mais quente no bairro da Condor (18/01/2016)..	226
Gráfico 47	Diferença da temperatura do dia mais quente entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET (03 e 18 /01/2016).....	226
Gráfico 48	Direção do vento na cidade de Belém do Pará no dia 20/08/2015.....	234

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Propriedades radiativas de materiais naturais e urbanos.....	35
Quadro 02	Hipóteses das causas da ocorrência de ilha de calor urbano no âmbito do <i>urban canopy layer</i> e <i>urban boundary layer</i>	37
Quadro 03	Os Distritos Administrativos e os respectivos bairros que constituem a Primeira Léguas patrimonial da cidade de Belém-PA.....	84
Quadro 04	Crescimento Populacional da cidade de Belém entre 1872-1920.....	110
Quadro 05	Denominação dos largos que originaram as principais praças da cidade de Belém-PA.....	116
Quadro 06	Principais formas e variações da Cobertura Vegetal urbana proposta por Jim (1989).....	139
Quadro 07	Dados temporais das imagens Landsat utilizadas na interpretação da temperatura dos alvos.....	176
Quadro 08	Diferenciação de temperatura dos alvos por bairro da área central, de acordo com os anos analisados.....	180
Quadro 09	Índice de Cobertura Vegetal por bairros por onde foram realizados os transectos (1977, 1998, 2006 e 2013).....	270

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Elementos de entrada e saída de energia em meio florestado e urbano com valores em W/m^2	56
Tabela 02	Principais regiões ou intervalo do espectro usado em Sensoriamento Remoto.....	63
Tabela 03	Índice de Cobertura Vegetal por Distrito (1977, 1998, 2006 e 2013).....	158
Tabela 04	Temperatura média mensal da cidade de Belém (1978 – 2015).....	175
Tabela 05	Média mensal das temperaturas mínimas e máximas de acordo com os pontos fixos (julho de 2015 a janeiro de 2016).....	192
Tabela 06	Média da Temperatura horária entre os meses de julho a janeiro no bairro da Campina.....	210
Tabela 07	Média da Temperatura horária entre os meses de julho a janeiro no bairro da Condor.....	210
Tabela 08	Média da Temperatura horária entre os meses de julho a janeiro no bairro de Nazaré.....	211
Tabela 09	Índices da Cobertura Vegetal dos bairros da Campina, Nazaré e Condor entre os anos de 1998, 2006 e 2013.....	248
Tabela 10	Principais classes de uso da terra e suas respectivas superfícies cobertas por vegetação.....	269

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01	Formula aritmética para calcular o ICV/H.....	76
Equação 02	Formula aritmética para obter conversão dos níveis de cinza para radiância no programa IDRISI.....	78
Equação 03	Formula aritmética para obter conversão da radiância para temperatura Kelvin no programa IDRISI.....	78

LISTA DE SIGLAS

APA	Área de Preservação Ambiental de Belém
CBERS	China-Brazil Earth-Resources Satellite.
CDP	Companhia Docas do Pará
CMN	Comando Militar do Norte
CODEM	Campanha de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém.
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará.
CSM	Circunscrição de Serviço Militar
DABEL	Distrito Administrativo de Belém.
DABEN	Distrito Administrativo do Bengui.
DAENT	Distrito Administrativo do Entroncamento.
DAGUA	Distrito Administrativo do Guamá.
DAICO	Distrito Administrativo de Icoaraci.
DAMOS	Distritos Administrativos de Mosqueiro.
DAOUT	Distrito Administrativo de Outeiro.
DASAC	Distrito Administrativo da Sacramenta.
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo.
EMA	Estação Meteorologia Automática
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
GOES	<i>Geostationary Operational Environmental Satellite.</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ICV	Índice de Cobertura Vegetal.
ICV/H	Índice de Cobertura Vegetal por Habitante.
IG	Instituto de Geociências.
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia.
INSAT	<i>Índia Meteorological Satellite.</i>
ILWIS	Integrated Land and Water Information System
LAIG	Laboratório de Análise e da Informação Geográfica.
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite.
METEOSAT	<i>Meteorological Satellite.</i>
MPEG	Museu Paraense Emilio Goeldi.
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration.</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PEUt	Parque Estadual do Utinga
PMAB	Plano municipal de arborização de Belém.
PMAUB	Plano Municipal de Arborização Urbana de Belém.
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia.
SPOT	<i>Satellite Pour l'Observation de la Terre.</i>
UFPA	Universidade Federal do Pará.
UFRA	Universidade Federal Rural da Amazônia.
UNESP	Universidade Estadual Paulista.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
A relevância do tema e localização da área de estudos	22
As hipóteses da tese	24
A estrutura da tese	25
	26
CAPÍTULO 1. OS PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA TESE	28
1.1. O clima urbano	30
1.1.1. O Sistema Clima Urbano (S.C.U)	39
1.1.2. A Teoria Geral dos Sistemas como arcabouço teórico do SCU	42
1.2. A importância da vegetação no clima urbano	48
1.2.1. A função climática da Cobertura Vegetal no meio urbano	51
1.2.1.1. Redução da Temperatura	52
1.2.1.2. Umidade	57
1.2.1.3. Redução da poluição urbana	58
1.2.1.4. Vento	59
1.3. A contribuição do sensoriamento remoto na análise do clima urbano e da vegetação	61
1.3.1. A superfície urbana e sua interação com a radiação do infravermelho do espectro eletromagnético	64
1.3.2. A vegetação e sua interação com a radiação do infravermelho do espectro eletromagnético	67
CAPÍTULO 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	74
2.1. Pesquisa bibliográfica sobre o tema	74
2.2. Levantamento de base cartográfica	74
2.3. Mapeamento do Índice de Cobertura Vegetal e uso da terra da Primeira Léguas	75
2.4. Obtenção da temperatura aparente da superfície da Primeira Léguas Patrimonial de Belém	77
2.5 Trabalho de campo e escritório	80
CAPÍTULO 3. DA PERDA DA VEGETAÇÃO ORIGINAL À IMPLANTAÇÃO DA VEGETAÇÃO URBANA NA PRIMEIRA LÉGUA PATRIMONIAL DA CIDADE DE BELÉM-PA	81
3.1. Localização da Primeira Léguas patrimonial	83
3.1.1 A caracterização física da Primeira Léguas Patrimonial	85
3.1.2. A definição do marco da Primeira Léguas Patrimonial de Belém	87
3.2. A fundação da cidade de Belém	89
3.3. Fase ribeirinha da cidade (1616 a 1700)	90
3.4. Fase de penetração urbana da cidade (1700 a 1839)	96
3.4.1. A criação do Jardim Botânico	99
3.5. Fase de Continentalização da cidade de Belém (1839 a 1919)	107
3.5.1. As principais bases do desenvolvimento da <i>Belle Époque</i>	107
3.5.2. Antonio José de Lemos e sua política de saneamento e embelezamento da cidade de Belém	111
3.5.3. A retomada e intensificação de arborização da cidade de Belém por Antonio Lemos	115
3.6. Período da expansão urbana da Primeira Léguas (pós 1919)	127
3.6.1. O processo de Expansão para o Sul e Sudeste da Primeira Léguas	128

3.6.2.	O processo de Expansão para o Norte da Primeira Léguas.....	129
CAPÍTULO 4. A ATUAL ARBORIZAÇÃO URBANA DA CIDADE DE BELÉM.....		132
4.1.	Quantificação e configuração espacial da vegetação da Primeira Léguas Patrimonial.....	137
4.1.1.	Índices de Cobertura Vegetação da Primeira Léguas Patrimonial.....	142
4.2.	Índices de Cobertura Vegetação dos distritos que constituem a Primeira Léguas Patrimonial.....	144
4.2.1.	Índice de Cobertura Vegetal do DABEL.....	144
4.2.2.	Índice de Cobertura Vegetal do DASAC.....	148
4.2.3.	Índice de Cobertura Vegetal do DAGUA.....	152
4.2.4.	Índice de Cobertura Vegetal na escala do Bairro.....	158
4.2.4.1.	Índice de Cobertura Vegetal dos Bairros que formam o DABEL.....	159
4.2.4.2.	Índice de Cobertura Vegetal Bairros que formam o DASAC.....	161
4.2.4.3.	Índice de Cobertura Vegetal nos Bairros que formam o DAGUA.....	164
CAPITULO 5 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A TEMPERATURA DO AR DA PRIMEIRA LÉGUAS PATRIMONIAL.....		169
5.1.	Breve caracterização do clima da cidade de Belém-PA.....	170
5.2.	Análise temporal da temperatura do ar para a cidade de Belém-PA.....	172
5.2.1.	Análise temporal da temperatura da cidade de Belém-PA utilizando bandas termais.....	175
5.3.	Análise Espacial da Temperatura da Primeira Léguas Patrimonial da cidade de Belém.....	182
5.3.1.	As estações meteorológicas oficiais de monitoramento do clima regional.....	182
5.3.2.	Caracterização e Escolha dos Pontos de instalação das miniestações de coleta de dados climáticos na área da Primeira Léguas Patrimonial.....	185
5.3.2.1.	Ponto (1) – Estação Campina (Exército).....	186
5.3.2.2.	Ponto (2) – Estação Condor (Corpo de Bombeiros).....	188
5.3.2.3.	Ponto (3) – Estação Nazaré (Exército).....	189
5.3.3.	Caracterização da temperatura do ar da área central a partir dos pontos fixos.....	191
5.3.3.1.	Caracterização mensal da temperatura máxima a partir dos pontos fixos.....	193
5.3.3.2.	Caracterização da temperatura diária do ar na área central.....	209
5.3.4	Caracterização da temperatura do ar da área central a partir dos transectos móveis.....	228
5.3.4.1.	Perfil térmico dos transectos Noturno (20/08/2015).....	230
5.3.4.2.	Perfil térmico dos transectos diurno (02/09/2016).....	235

CAPÍTULO 6. O USO E OCUPAÇÃO DA TERRA COMO INDICADOR DE ALTERAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR E DA QUALIDADE AMBIENTAL DA ÁREA CENTRAL DE BELÉM.....	240
6.1. O Uso da terra dos Bairros com os pontos fixos (Campinas, Condor, Nazaré).....	241
6.1.1. Edificações.....	241
6.1.2. Vias.....	243
6.1.3. Cobertura Vegetal.....	245
6.1.4. Espaços livres.....	250
6.1.5. Solo Exposto e Lote Vago.....	252
6.2. O uso da terra dos bairros inseridos na trajetória dos transectos móveis.....	259
6.2.1. Uso da terra dos bairros no percurso do Transecto Leste-Oeste.....	260
6.2.2. Uso da terra dos bairros no percurso do Transecto Sul-Norte.....	265
CAPÍTULO 7. INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL DA PRIMEIRA LÉGUA PATRIMONIAL.....	271
7.1. Indicadores de Densidade Vertical da Légua Patrimonial.....	272
7.2. Indicadores de espaços livres da Légua Patrimonial.....	274
7.3. Indicadores de Cobertura Vegetal da Légua Patrimonial.....	276
7.4. Indicador de ruas pavimentadas e arborização de vias.....	278
7.5. Indicador de Densidade Populacional da Légua Patrimonial.....	282
7.6. Análise do mapa síntese de Indicador de Qualidade Ambiental segundo os registros térmicos e de cobertura vegetal da Primeira Légua Patrimonial.....	285
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	289
BIBLIOGRAFIA.....	294

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, vêm se observando diversos estudos sobre clima nas cidades, especialmente nas que crescem através do processo de urbanização desenfreada e que não levam em consideração as características físicas do ambiente. Segundo Silva et al. (2002), atualmente, 80% da população brasileira passou a se concentrar nas cidades e a expansão territorial implica em modificações substanciais na paisagem original, fazendo com que a cidade passasse a gerar suas próprias condições ambientais, nem sempre favoráveis à população.

Ainda segundo Silva et al. (op cit), a cidade altera o clima, principalmente na micro e meso escala, por meio das transformações urbanísticas em sua superfície, ocasionando o aumento de temperatura, variação da precipitação, modificação do fluxo dos ventos e a umidade do ar. Uma das grandes modificações causadas pelo ambiente urbano é a substituição das áreas verdes que, tanto na área urbana quanto nas áreas circunvizinhas às cidades, exercem enorme influência no clima urbano (LOMBARDO, 1985; MONTEIRO, 2003).

O interesse pelo estudo da cobertura vegetal nas cidades brasileiras ocorreu, nas últimas décadas, em função da redução e pressão que essas áreas sofrem frente ao crescimento vertical e horizontal das áreas urbanas. A vegetação urbana pode estar localizada nos parques, praças e ruas, que além de melhorar a estética da paisagem urbana, valoriza os espaços tanto do ponto de vista social quanto ambiental, contribuindo, principalmente para um microclima mais agradável. A conservação da Cobertura Vegetal urbana também é de fundamental importância, no combate a poluição do ar, uma vez que a vegetação absorve o gás carbônico, um dos componentes responsáveis pelo aumento da temperatura no interior das cidades (LUZ et al. 2014).

Os parques urbanos, pelas significativas áreas que abrangem, com vegetação remanescente, seja na área central ou nos limites da cidade, são importantes espaços de lazer para população das cidades. As praças e os jardins públicos são componentes da vegetação urbana, mas sua distribuição espacial não é uniforme nas cidades. A arborização nas calçadas pode cobrir extensas áreas e contribuir para a circulação de pessoas em horas de forte incidência de radiação solar (BRASIL, 1995).

Na cidade de Belém, a produção desigual do espaço urbano, tendo suas origens desde os primórdios da fundação da cidade, gerou grandes perdas da Cobertura Vegetal. A vegetação presente na área urbana consolidada, considerada como a Primeira Léguas Patrimonial que é uma porção de uma légua de terras o equivalente a 4.110 hectares doados pela Coroa Portuguesa demarcada a partir do marco de fundação da cidade e outorgada a concessão, em 29 de março de 1628 (CARDOSO e NETO, 2013), diminuiu em função do processo de expansão da cidade que remonta desde o Período Colonial. O crescimento horizontal da metrópole para o que se configura área de expansão urbana da Primeira Léguas apresentou nova dinâmica com a economia da borracha no final do séc. XIX, sobretudo sendo intensificada a partir das décadas de 1970 e 1980 com a implementação dos grandes projetos na Amazônia e a abertura da Rodovia Belém-Brasília.

A perda da cobertura vegetal nas metrópoles brasileiras revela um quadro ambiental preocupante, sobretudo em grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, as quais apresentam séries históricas de mapeamento e quantificação da perda da vegetação urbana e que reflete diretamente no clima urbano (FERREIRA e GONTIJO, 2005; LOMBARDO, 1985; VENTURA & FAVERO, 2005).

Esse mesmo processo ocorreu na cidade de Belém, a qual, ao longo dos anos, principalmente nas últimas décadas, apresentou um quadro de perda da sua cobertura vegetal. Rodrigues e Luz (2007), comparando Índice de Cobertura Vegetal da Primeira Léguas entre os anos de 1984 e 2004 mostraram que em 1984 a cobertura vegetal era de 49%, decaindo para 27% em 2004, uma perda significativa de 22% nos últimos vinte anos.

Entretanto, ainda é desconhecida a relação da retração da cobertura vegetal com as altas temperaturas registradas na cidade. Por outro lado, é necessário ter uma maior preocupação com a vegetação no meio urbano, pois as pesquisas nesta temática demonstram que a cobertura vegetal desempenha um importante papel na manutenção ecológica, na saúde mental dos habitantes, nas funções socioeducativas e, principalmente, na manutenção do conforto térmico.

De acordo com estudos sobre o Índice da Cobertura Vegetal (LOMBARDO, 1985; CAVALHEIRO e DEL PICCHIA, 1992; NUCCI e CAVALHEIRO 1999;

PIVETTA 2005; NUCCI, 2008) recomenda-se que uma cidade tenha preservado pelo menos 30% de vegetação para um adequado balanço térmico. Entretanto, levando-se em consideração as características climáticas da cidade de Belém, acredita-se que o índice adequado possa ser até acima dos 30%, para se obter o satisfatório balanço térmico. Por outro lado, cidades que apresentam índices de arborização abaixo de 5% podem ser consideradas como deserto florístico, o que pode refletir em alterações no microclima (OKE, 1973 citado por LOMBARDO, 1985).

Nessa perspectiva a cidade de Belém apresenta uma área central que desfruta de boa arborização com predominância de mangueiras (*Mangifera indica*), o que lhe rendeu o título de “cidade das mangueiras”. Entretanto, este velho *marketing* não se aplica para a atual geografia da cidade, porque a arborização de mangueiras está concentrada no Distrito Administrativo de Belém (DABEL) e as áreas de expansão sofrem com escassez de espaços com vegetação.

A falta de espaços mais arborizados na cidade reflete na qualidade ambiental urbana de Belém. A diminuição da vegetação urbana pode ser constatada a partir do processo de expansão horizontal da cidade e com o aumento das áreas construídas, da pavimentação asfáltica e do crescimento da verticalização. Tal fato pode propiciar o agravamento de problemas, tais como: a poluição do ar devido ao aumento da frota de veículos, da poluição sonora, do aumento de temperatura, dentre outros fatores (LUZ e RODRIGUES 2014).

A retração da vegetação pode ter impacto significativo no âmbito climático, refletindo na vida dos habitantes e nos ecossistemas em geral. Por se localizar nas baixas latitudes, Belém recebe uma grande quantidade de radiação solar o ano todo e com a perda da cobertura vegetal o processo de evapotranspiração diminui consideravelmente, elevando a temperatura em vários pontos da cidade. Nascimento (1995) e Costa e Mattos (2000) demonstraram a relação significativa da temperatura mínima e máxima em bairros que apresentavam quantidade significativa de arborização, dando o exemplo de bairros como Batista Campos e Nazaré, onde a temperatura mínima diária era de 23,2°C e a máxima de 31,8°C. Já os bairros com baixa arborização, tais como Campina, Cremação e Guamá, apresentavam temperaturas mínimas de 25,2°C e máxima de 34,8°C.

Muitas pesquisas apontam a cobertura vegetal arbórea como muito importante e até imprescindível, por ser capaz de manter mais estáveis as temperaturas do ar, como também de trazer contribuições em relação a outras funções ambientais, além de proporcionar benefícios de caráter social, educativo e psicológico para as populações das cidades. (LOMBARDO, 1985; OKE, 1987; GUZZO, 1997; NUCCI e CAVALHEIRO, 1999; GOMES e AMORIM, 2003; NUCCI 2008).

A relevância do tema e localização da área de estudos.

A presente pesquisa visa investigar a relação da redução da vegetação e as mudanças nos padrões de temperatura na escala urbana de Belém, mais especificamente na área central considerada como a Primeira Léguas Patrimonial em função do histórico de ocupação e criação da cobertura vegetal urbana, priorizando a dinâmica socioambiental do meio urbano.

O município de Belém está situado na parte nordeste do estado do Pará e possui área total aproximadamente de 1.070 km², localizado entre as coordenadas 0° 58' 51" S e 1° 33' 54" S e 48° 16' 19" WGr. e 48° 38' 56" WGr. Está limitado ao norte pela baía do Marajó, ao sul pelo rio Guamá, a leste pelo município de Ananindeua e a oeste pela baía do Guajará. Seu território pode ser dividido em duas grandes áreas: área continental com cerca de 35% da área total do município, onde reside a grande maioria da população, e a área insular, constituída por um conjunto de ilhas que corresponde a 65% do município.

De acordo com a Lei Municipal nº 7.682, de 5 de janeiro de 1994, o município de Belém é, atualmente, administrativamente dividido em oito distritos: o Distrito Administrativo de Belém (DABEL) com 2,73% da área do município; o Distrito Administrativo da Sacramenta (DASAC) com 2,98%; o Distrito Administrativo do Bengui (DABEN) com 6,47%; o Distrito Administrativo do Entroncamento (DAENT) 13,7%, este considerado o terceiro maior deles; o Distrito Administrativo do Guamá (DAGUA) com área de 2,85%; o Distrito Administrativo de Icoaraci (DAICO) com 6,59%. Esses distritos constituem a área continental. O Distrito Administrativo de Mosqueiro (DAMOS), com 43,22% do total da área do municipal, o maior distrito administrativo e o Distrito Administrativo de Outeiro (DAOUT), com 22,02%, sendo o

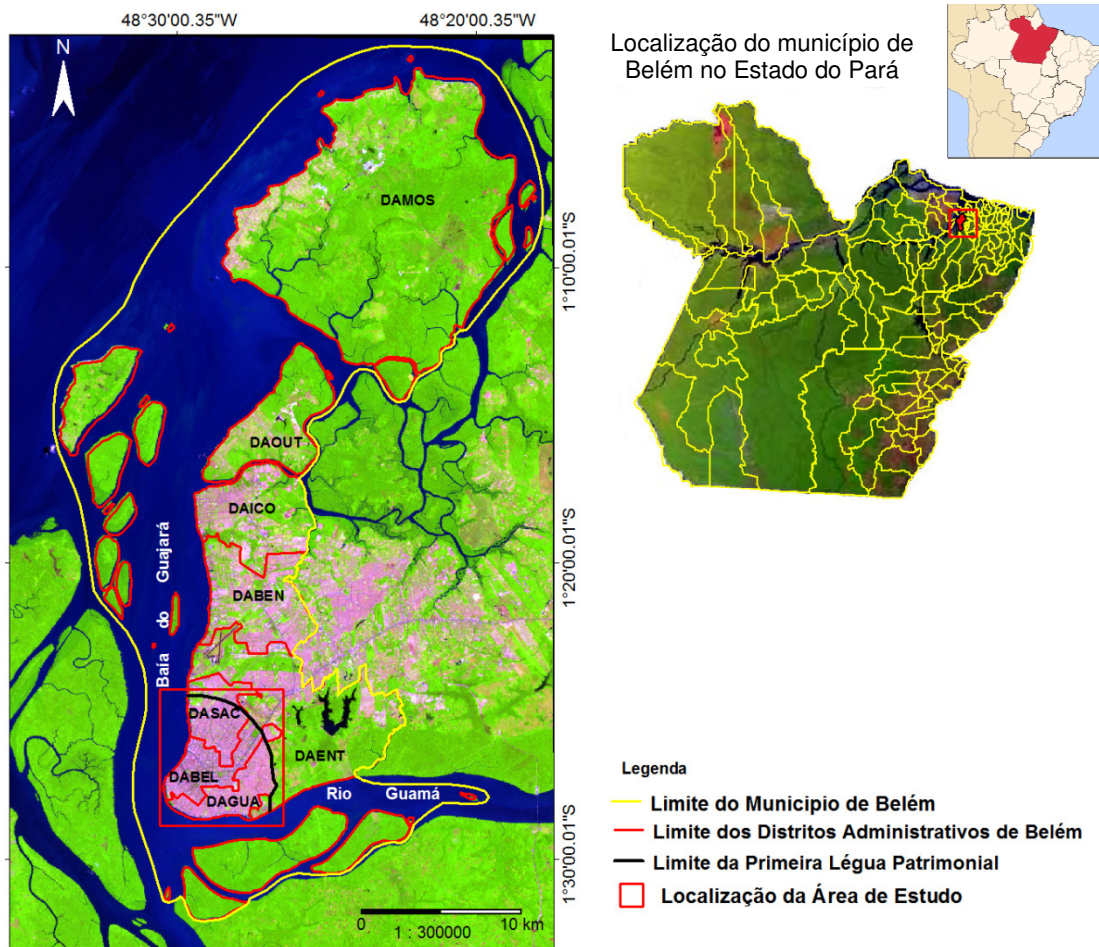
segundo maior distrito, formado pelas ilhas de Outeiro e demais ilhas menores, constituem a parte insular do município. Esses distritos são constituídos por 71 bairros (RODRIGUES, 2012).

A área central, que forma a Primeira Léguas Patrimonial, onde estão concentrados nossos estudos, é formada por três distritos: o Distrito Administrativo de Belém (DABEL), o Distrito Administrativo da Sacramenta (DASAC) e o Distrito Administrativo do Guamá (DAGUA). Além deles, também fazem parte do estudo o bairro Universitário onde está localizada Universidade Federal do Pará (UFPA) que faz parte do Distrito Administrativo do Entroncamento (DAENTE) (Figura 01) e 21 bairros. A área da Primeira Léguas Patrimonial está delimitada pelas coordenadas de 1º 24' 26" e 1º 28' 46" de latitude sul e 48º 26' 38" e 48º 30' 26" de longitude oeste.

O clima em Belém é quente e úmido, tipicamente equatorial e tem influência direta da floresta amazônica, onde as chuvas são constantes e as temperaturas são bastante elevadas o ano todo. As temperaturas médias oscilam entre 26°C e 34°C, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), porém as incontáveis mangueiras existentes nas ruas e praças da área central da cidade ajudam a amenizar o calor. Entretanto, esse tipo de arborização de grande porte não foi adotado nas demais áreas, principalmente na zona de expansão urbana da Primeira Léguas. Nestas áreas de expansão, há falta de arborização adequada e esse fato contribui para que as temperaturas e a sensação térmica sejam mais elevadas.

Por meio desta pesquisa, mostrou-se a importância da arborização urbana para o clima da cidade, construindo, assim, ideias de valorização e de criação de mais espaços com arborização, principalmente em áreas que apresentam maior carência de vegetação, tendo em vista a função de amenizar e até melhorar o microclima e demais aspectos da cidade, que ao longo dos anos mostrou significativa perda arbórea.

Figura 01 - Localização da área de estudo, a Primeira Légua Patrimonial do município de Belém.



Fonte: Base Cartográfica Imagens Landsat 5 (2002). Sistemas de Coordenadas projeção UTM, Datum SAD 69. (Org.) RODRIGUES, J. E. C. (2015).

A hipótese da tese

Diante do exposto a hipótese desta pesquisa é a de que, mesmo tendo havendo por parte do poder público um processo de arborização da cidade de Belém, no final do século XIX e início do século XX, porém, a expansão e o adensamento urbano são os principais responsáveis pela redução da cobertura vegetal nos distritos e nos bairros que constituem a Primeira Légua Patrimonial no período atual.

A redução da cobertura vegetal nos remete à hipótese de que representa a diferença da temperatura na Primeira Légua da cidade de Belém entre as áreas mais arborizadas e as menos arborizadas. Acredita-se que a mudança nos padrões de temperaturas médias ou máximas na cidade aumentou significativamente nos

últimos trinta anos, entretanto lugares pobres em vegetação alcançam temperaturas superiores às áreas com maior cobertura da vegetação.

Acredita-se que as variações de temperatura entre os distritos e os bairros da Primeira Léguas estão relacionadas não só à presença ou ausência de cobertura vegetal, mas também pela diferenciação da urbanização e dos padrões de uso do solo que cada setor da cidade apresenta.

A estrutura da tese

A perda de cobertura vegetal é um fenômeno que ocorre em vários ambientes urbanos, associado ao crescente processo de verticalização, pavimentação e ocupações espontâneas e planejadas. Observando as mudanças espaciais na cidade de Belém, que refletem diretamente na redução da vegetação urbana, conseqüentemente, na alteração do clima da cidade, buscou-se desenvolver estudos para compreender de que maneira a redução da vegetação e a urbanização contribuem para o aumento da temperatura da cidade de Belém, como isso pode afetar na qualidade de vida da população.

Nesta perspectiva, buscou-se o entendimento das relações entre o clima e a vegetação na escala local, com a pesquisa intitulada **Análise das características socioambientais na cidade de Belém/PA: um estudo da vegetação e clima urbano**. O principal objetivo é analisar a relação entre a cobertura vegetal e as mudanças no campo térmico na área que consiste a Primeira Léguas Patrimonial da cidade de Belém-PA.

Como objetivos mais específicos buscou-se compreender o processo de formação da arborização da Primeira Léguas Patrimonial no tempo e no espaço; Analisar a série histórica da cobertura vegetal e da temperatura na área da Primeira Léguas Patrimonial da cidade de Belém durante o período de 40 anos, demonstrando quando e onde houve significativas perdas da vegetação e aumento da temperatura utilizando produtos do sensoriamento remoto e dados meteorológicos, correlacionando-os com as mudanças nos padrões de uso e ocupação da terra; Realizou-se o levantamento e análise do Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e o Índice de Cobertura vegetal por Habitante (ICV/Hab.), com a finalidade de identificar quais as áreas que apresentam índices satisfatórios ou críticos; e por fim, apresentar

por meio de mapa síntese indicadores de alteração da qualidade ambiental a partir da modificação do campo térmico e da vegetação arbórea urbana para Primeira Léguas.

A pesquisa está estruturada nos seguintes capítulos:

Capítulo 1. Pressupostos teóricos da tese. Neste capítulo abordou-se sobre o principal referencial teórico utilizado na pesquisa, que se refere à proposta do Sistema Clima Urbano tendo como referência a perspectiva sistêmica, que propõe a análise integrada dos aspectos físicos e humanos no ambiente urbano, para a compreensão da geração do clima urbano. Foi realizada também a revisão da literatura dos principais conceitos que tratam dos estudos de clima urbano, da cobertura vegetal e suas funções no ambiente urbano, acrescentando uma discussão sobre a contribuição do sensoriamento remoto nos estudos do clima e da cobertura vegetal.

Capítulo 2. Procedimentos metodológicos. Foram apresentados aqui os procedimentos utilizados para a análise temporal e espacial tanto da cobertura vegetal como das temperaturas da Primeira Léguas Patrimonial.

Capítulo 3. Da perda da vegetação original à criação da vegetação urbana na Primeira Léguas Patrimonial da cidade de Belém-PA. Foram apresentados brevemente da localização e as características físicas da área de estudo assim como o processo histórico da retração da vegetação e da arborização da cidade de Belém, tendo seu início desde os primeiros passos da colonização, passando pelos naturalistas até o final do primeiro Ciclo da Borracha.

Capítulo 4. A atual arborização urbana cidade de Belém. Neste capítulo foram apresentados os resultados e discussões sobre a configuração atual da cobertura vegetal de Belém, apresentado os Índices de Cobertura Vegetal, analisados dos anos de 1977, 1998, 2006 e 2013, e Índices de Cobertura Vegetal por Habitante, para o ano de 2013.

Capítulo 5. Considerações sobre a temperatura do ar da Primeira Léguas Patrimonial. Neste capítulo foram tratadas da caracterização climática da cidade de Belém, por meio da representação temporal da temperatura através de mapas termais e das características atuais da temperatura por meio de dados obtidos por estações fixas e por transecto móvel.

Capítulo 6. O uso e ocupação da terra como indicador de alteração da temperatura do ar e da qualidade ambiental da área central de Belém. Foi apresentada uma análise da interface entre vegetação e o clima a partir da construção de uma cartografia temática da área de estudo, que visa comparar os diversos usos do solo da Primeira Léguas Patrimonial como elemento de modificação na temperatura do ar refletindo na qualidade ambiental dos bairros.

Capítulo 7. Indicadores de qualidade ambiental da primeira léguas patrimonial. Neste capítulo foram abordados os principais indicadores que contribuem para a qualidade ambiental da cidade.

Por fim, a apresentação das Considerações Finais e a bibliografia.

CAPÍTULO 1. OS PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA TESE

Tendo consciência da complexidade e das dimensões dos estudos sobre o clima urbano na sociedade contemporânea, é conveniente fazer reflexões à luz do método de análise hipotético-dedutivo, que segundo Sposito (2004), nos permite construir “uma teoria que formula hipóteses a partir das quais os resultados obtidos podem ser deduzidos e com base nas quais se podem fazer previsões que, por sua vez, podem ser confirmadas ou refutadas”.

O método possibilita dominar, utilizar e entender a imensa complexidade que o clima urbano apresenta, assegurando assim uma reflexão da interação entre fenômenos climáticos e a vegetação no contexto da paisagem urbana a partir de um contexto do Sistema Clima Urbano.

Segundo Carlos (2001) a paisagem urbana revela movimentos de um fazer incessante, uma dimensão necessária da produção espacial, o que implica ir além da aparência, introduzindo uma discussão de processo e não apenas de forma. A autora considera que a paisagem urbana é a expressão da “ordem” e do “caos”, manifestação formal do processo de produção do espaço urbano, que revela todo o dinamismo do processo de existência da paisagem, produto de uma relação fundamentada em contradições, nas quais o ritmo das mudanças é dado pelo ritmo do desenvolvimento das relações sociais, justificada pelo incansável processo de produção e reprodução da sociedade. Este processo é apreendido na paisagem através de uma série de elementos naturais (vegetação, corpos hídricos, clima, solo etc.) e sociais (construções, vias, etc.).

Na dimensão climática, fenômenos como ilha de calor, poluição do ar, chuvas mais intensas, inundações, deslizamentos passam a fazer parte do cotidiano da paisagem urbana. Esse processo é intensificado no meio urbano devido à grande concentração da população em áreas urbanas, o que provoca uma sobrecarga, alterando a ecologia das cidades. A urbanização, considerada em termos de espaço físico construído, altera significativamente o clima urbano, considerando-se o aumento das superfícies de absorção térmica, impermeabilização do solo, alterações na cobertura vegetal, concentrações de edifícios que interferem nos efeitos dos ventos, contaminação da atmosfera através da emissão de gases. (LOMBARDO, 1985).

Para esta autora, a variação das atividades humanas nos espaços internos diferenciados, como parques, ruas, casas, indústrias e a configuração física da cidade contribuem para as variações climáticas, notando-se alterações mais significativas de temperatura, umidade e vento. O desenho urbano pode ter fortes repercussões nas condições climáticas locais, levando em consideração configuração dos edifícios, extensão e densidade da área construída, as condições de sombra nas ruas, a distribuição de áreas verdes e espaços livres. Por meio dessa análise, pode-se obter uma correlação entre área construída e índices de áreas verdes, para uma melhor compreensão das dinâmicas climáticas urbanas, que por sua vez trará mudanças significativas na paisagem urbana.

Por tudo isso, entender que a cidade modifica o clima, produz um aumento de calor, modifica a ventilação e a umidade em função de alterações processadas em sua superfície, requer uma análise de um referencial teórico como elemento do método que possa dar entendimento das relações entre os constituintes naturais com as ações antrópicas. Por isso, o Sistema Clima Urbano (SCU), proposto por Monteiro (1976), por estar baseado na teoria dos sistemas é que mais se ajusta às nossas pesquisas.

No que tange à compreensão do sistema clima urbano, procurou-se analisar os principais aspectos do método, em termos de análise central e estruturante do relacionamento entre o espaço urbano e os fenômenos climáticos, através de sucessões e ritmos que substanciam o método no campo da Climatologia Geográfica.

Ainda que se fizesse uma revisão crítica de alguns dos trabalhos disponíveis sobre o assunto, como, por exemplo, Chandler (1965), Monteiro (1976), Oke (1979), Landsbeg (1981), chegou-se à conclusão genérica de que a maior parte deles trata de estudos climáticos em cidades localizadas em regiões de latitudes médias, com abordagem mais meteorológica com exceção do trabalho de Monteiro (1976). Por outro lado, com o desenvolvimento do SCU, multiplicaram-se os estudos do clima das cidades a partir de uma perspectiva mais geográfica por entender que a cidade é um organismo, resultado de processos históricos, dinâmicas ambientais e intervenções antrópicas.

Contudo, dentro dessa discussão do clima urbano, a cobertura vegetal constitui-se em importante instrumento para a regulação do clima das cidades,

devido exercer diversas funções geoambientais, amenizando as modificações de temperaturas ocasionadas pela impermeabilização do solo, poluentes lançados por veículos e indústrias, e pelos diversos usos já que as áreas urbanas encontram-se, também, em estágios variados de organização (SANT'ANNA NETO, 2011).

Assim, organizou-se esta seção, apresentando primeiramente o conceito de clima urbano e o principal método adotado em seus estudos, pois é importante estar atento para o fato de que a cidade ou a urbanização desenvolve um tipo particular de clima com suas peculiaridades.

Em seguida, será apresentada uma discussão conceitual e funcional da cobertura vegetal da cidade e sua relação com o clima urbano, através de suas características, funções, configurações e quantificações espaciais.

Por fim, foi feita uma breve discussão sobre o uso de técnicas modernas de sensoriamento remoto, como ferramenta de apoio aos estudos do clima e da cobertura vegetal urbana, principalmente pela utilização de imagens do infravermelho, dando grande contribuição ao mapeamento da temperatura das superfícies urbanas considerado como ponto de partida para a análise de outros fenômenos do clima urbano e o uso de imagens de alta resolução para a elaboração de cartas de cobertura vegetal e uso do solo, contribuindo assim, para uma análise da estrutura e funcionalidade urbana.

1.1. O clima urbano.

Os estudos do Clima Urbano ganharam grande destaque após a Segunda Guerra Mundial com o crescimento extraordinário das cidades, que passaram a causar mudanças do clima local. A partir de então muitos cientistas têm se dedicado cada vez mais aos estudos sobre o clima das grandes cidades.

O primeiro trabalho científico sobre a temática foi publicado por Luke Howard, em 1818, sobre o clima da cidade de Londres. Anos depois, Tony John Chandler é considerado um dos iniciadores dos estudos urbanos, com seu trabalho sobre o clima de Londres, em 1961¹.

Segundo Escourrou (1991), as pesquisas sobre clima urbano nos Estados Unidos, tiveram a participação de Borntein, Changnon, Clarke, e no Canadá, de

¹ O título da obra original do autor chama-se "The Climate of London" (1965)

Oke, onde as principais obras apontaram para o efeito da urbanização em ambiente de clima temperado. Posteriormente, as pesquisas se estenderam para outras zonas climáticas. No Brasil, os estudos sobre o assunto tiveram seus principais expoentes em Monteiro, Lombardo, Amorim.

É muito claro que as cidades têm causado uma indesejável deterioração do clima local, onde a forma de ocupação e uso dos espaços urbanos pela sociedade substituem as formas naturais e superficiais em unidades artificiais, alterando os processos físicos e químicos da interface entre a litosfera e a atmosfera. Essas alterações foram observadas por Chandler:

“In replacing field, farm and forest by brick, concrete, glass and macadam, man has affected the aero-dynamic, thermal, hydrological and mass-exchange processes taking place in the atmospheric boundary layer. In consequence, the meteorological properties of the air within and immediately above urban areas are profoundly changed to create a distinctive local climatic type, the urban climate”. (CHANDLER, 1976. p.3)

Partindo desse pressuposto de que o meio urbano causa alterações ou até mesmo cria tipos climáticos locais pela artificialidade da paisagem, então se pode considerar que o clima urbano é produto de um conjunto complexo constituído de inter-relações da atividade ecológica natural, associada aos fenômenos urbanos (HACK, 2002).

Para uma melhor compreensão, o conceito de clima urbano se constrói em uma relação de alterações e modificações dos elementos do clima observados entre o meio urbano e o meio rural, sustentados pelo conceito de clima que segundo Chandler (1976), é uma consequência da profunda alteração das propriedades meteorológicas do ar imediatamente acima das cidades. Essas alterações relacionam-se com as características térmicas da superfície, a circulação de ar e a poluição atmosférica.

Para Monteiro (1976) o clima urbano é também considerado uma síntese que compreende o clima de um determinado espaço territorial e sua urbanização. É um mesoclima que está inserido no macroclima e que sofre, ao nível do solo, influências microclimáticas, provenientes dos espaços urbanos.

Lombardo (1985) considera que o clima urbano é uma produção da ação ecológica natural, associada aos fenômenos urbanos, constituindo um conjunto bastante complexo.

Brazel e Quatrocchi (2004) entendem o clima urbano como estudo das modificações que se desenvolvem principalmente através dos efeitos das mudanças de uso da terra e *feedbacks* para a energia, umidade e sistemas de movimento do ar locais.

Para Sorre (2006), esta particularidade climática é, por sua vez, apenas um elemento das características geográficas, as quais compreendem, ainda, a forma do terreno, as águas, o mundo vivo. Ele está constantemente presente nas relações da interdependência entre esses elementos, relações que não se exprimem absolutamente por fórmulas matemáticas.

Porém, considerando que a composição da cidade modifica o clima em escala local, afetando outros elementos geográficos, os estudos clássicos de clima urbano focavam as alterações que ocorriam na temperatura, na umidade do ar, na precipitação e no movimento do ar (ventos), observados no meio urbano.

A preocupação com os elementos do clima urbano passou a ser relevante devido ao crescimento da população mundial, que passou a viver em ambientes urbanos. Segundo o relatório da ONU (World Urbanization Prospects, 2014), há uma previsão de que 66% da população habitarão os centros urbanos em 2050.

In today's increasingly global and interconnected world, over half of the world's population (54 per cent) lives in urban areas although there is still substantial variability in the levels of urbanization across countries. The coming decades will bring further profound changes to the size and spatial distribution of the global population. The continuing urbanization and overall growth of the world's population is projected to add 2.5 billion people to the urban population by 2050. At the same time, the proportion of the world's population living in urban areas is expected to increase, reaching 66 per cent by 2050. (World Urbanization Prospects, 2014, p.2).

Esta previsão de crescimento da população urbana já era feita por Hobbs (1980), que assim considerava:

A growing proportion of the world's population lives in urban environments, so that by the end of this century perhaps 60 per cent of all people will live in towns. In many countries around the world, urban dwellers even now account for as much as 90 per cent of national populations. (HOBBS, 1980, p.136)

Esse crescimento da população no meio urbano provoca intensas e irreversíveis modificações na paisagem, alterando toda a ecologia das cidades, em especial onde o crescimento foi mais acelerado e sem planejamento adequado (Lombardo, 1985). Ainda segundo a autora além do adensamento populacional,

essas grandes concentrações de áreas construídas, parques industriais, pavimentação asfáltica, associados à concentração de poluentes, criaram condições para alterar modificações na baixa troposfera em ambiente urbano.

As alterações no clima urbano são marcadas pelo alto índice de construções que substituem áreas arborizadas por espaços artificializados, produzindo grandes concentrações de poluentes e aumento de temperatura alterando toda a composição química da atmosfera, como considera Hobbs:

Whenever any of the commonly used construction materials are substituted for forests or fields, the physical and chemical properties of the atmospheric boundary layer are changed, so that elements such as airflow, temperatures, precipitation, humidity and visibility differ in urban as compared with rural areas. Not only is the air above cities polluted with a mixture of solid, liquid and gaseous materials, but temperatures are generally higher than in the surrounding country, precipitation tends to be increased at least in frequency and sometimes in amount, strong ventilating winds are decelerated and light winds are accelerated, and visibility and radiation receipts are lowered by the pollutants. (HOBBS, 1980, p.136).

O alto padrão construtivo das cidades com diversos materiais leva a mudanças nas superfícies modificando claramente os saldos de radiação e, portanto, alterando o clima local. Para Barry e Chorley (1972); Lockwood (1974), os efeitos de estruturas urbanas são responsáveis por algumas categorias principais:

1. A produção de calor por mudanças no albedo da superfície da cidade e pela queima de combustíveis fósseis
2. A modificação da composição atmosférica.
3. Alteração da configuração da superfície e rugosidade.

Landsberg, (2006) considera que:

A primeira, a produção de calor, é causada pela própria cidade, indo desde aquele proveniente do metabolismo da massa de seres humanos e animais ao calor liberado por tipos de residências e indústrias, ampliados nos anos recentes por milhões de motores de combustão interna em função do grande aumento de veículos motorizados.

A segunda maior influência da cidade sobre o clima, frequentemente chegando muito longe das áreas densamente povoadas, é a alteração da composição da atmosfera, ocasionada pela a adição de material sólido inerte, gases e substâncias químicas ativas que são lançados na atmosfera. E a terceira, alteração na superfície, no caso extremo, uma floresta densa substituída por um complexo de substâncias rochosas, como pedra, tijolo e concreto; naturalmente, locais úmidos, como charcos e pântanos, são drenados e a rugosidade aerodinâmica é aumentada por obstáculos de variados tamanhos. (LANDSBERG, 2006, p. 96)

O impacto resultante da soma destas mudanças sobre as condições climáticas das cidades tem causado transtornos em muitos casos. Na maior parte dos casos afetam a temperatura, a circulação de ventos, a precipitação e a umidade. Estas alterações foram estudadas de forma separada por diversos autores (Chandler, 1965; OKE, 1979; Landsberg, 1981; Henderson-Seller e Robinson, 1986; Escourrou, 1991), que apontaram, independente do tamanho, para o fato de que as cidades tendem a ser mais quentes do que os seus arredores afetando as trocas de radiação de onda curta e onda longa por poluição do ar, desencadeando diversas alterações nos outros elementos do clima que vão desde a microescala à mesoescala.

A composição atmosférica é carregada com misturas de origem antropogênica como a existência de gases NO, NO₂, CO, CO₂ e uma série de compostos orgânicos, bem como produtos produzidos fotoquimicamente, incluindo o Ozônio (O₃). Há também uma variedade enorme de sólidos, estes são normalmente designados como aerossóis, fuligem, vapores químicos, micropartículas de metais, fragmentos de abrasão. As fontes básicas originam-se de automóveis, produção de energia, refinarias e indústrias, incineração de resíduos e atividades domésticas (HOBBS, 1980).

A importância das misturas de gases e aerossóis antropogênicos no ar urbano, segundo Landsberg (1981) deve ser visto numa perspectiva dual. A primeira é a ação sobre a interação com os elementos meteorológicos e a outra perspectiva são os efeitos reais ou potenciais à saúde da população.

Os estudos de Barry e Chorley (1972) apontam que as altas concentrações de misturas de gases antropogênicos na atmosfera das cidades reduzem a radiação de onda curta recebida e diminui a perda de radiação de ondas longas, também, alteram a velocidade do vento, onde a média anual dentro das cidades é cerca de 20 a 30% menos do que a observada em áreas rurais. O resultado dessas mudanças no equilíbrio de calor e vento é que as cidades tendem a ser mais quentes do que as zonas rurais circundantes. É possível também que o aumento das temperaturas da superfície associada à urbanização parece afetar a precipitação. Segundo Hobbs (1980):

...through increased thermal turbulence because of increased surface temperatures, and possibly through the addition of water vapour from combustion sources. It is, however, difficult to prove urban effects on precipitation compared with that in rural areas since sampling is generally

poor, precipitation is notoriously variable over very small distances, and urban effects could extend outside urban areas. Measured increases of annual precipitation in and down-wind of urban areas vary but generally seem to be about 5 to 15 per cent greater, with larger increases in winter than in summer. A series of studies by Changnon observed precipitation regimes and patterns in several USA cities, showing an average annual precipitation increase of nearly 7 per cent. There was a marked increase in the number of days with thunderstorms and hail, similar to that observed in many city areas, including London. (ATKINSON, 1968, 1969 apud HOBBS, 1980, p. 138)

Além de alterações no vento, na chuva, e o possível excesso de poluição, mais atenção tem sido dada ao estudo das temperaturas em áreas urbanas do que a qualquer outro elemento meteorológico.

O ambiente urbano apresenta uma mistura de prédios em vidro e concreto, residências, indústrias, ruas asfaltadas e calçadas que alteram o balanço de radiação solar. Todo corpo disposto sobre a superfície terrestre apresenta uma característica física denominada de albedo. O albedo expressa o poder refletor de um objeto ou superfície e é o obtido pela relação entre a energia refletida e o total incidente, variando de zero (corpo negro) a um (espelho). A variabilidade do albedo pode ser explicada pelo uso do solo ou pela composição das superfícies. Assim o asfalto tem um dos menores índices de albedo (Quadro 01). Isso faz com que ambientes urbanos sejam muito desconfortáveis termicamente devido a várias reflexões e emissividades entre as ruas e edifícios.

Quadro 01 - Propriedades radiativas de materiais naturais e urbanos.

Condição da Superfície	ALBEDO
Solo Descoberto ou exposto	10-25%
Areia (deserto)	25-40%
Gramma ou pastagem	15-25%
Floresta	10-20%
Vidros (janela)	08-52%
Tinta branca	50-90%
Tinta vermelha, marrom ou verde	20-35%
Concreto	10-35%
Asfalto	5-20%

Fonte: Adaptado de OKE, 1987.

A ação antrópica tem influência direta nos índices de albedo, retirando a vegetação, edificando cidades, pavimentando ruas e estradas ou praticando a agricultura. Essas intervenções causam possíveis acréscimos da temperatura no meio urbano. Estima-se que as grandes cidades que apresentam população com mais de um milhão de habitantes e com redução de áreas verdes e superfícies

construídas, tendem a apresentar as temperaturas mais elevadas. O centro de Londres teve uma temperatura média anual de 11,0°C para o período 1931-1960, em comparação com 10,3°C para os subúrbios, e 9,6°C para a paisagem circundante (BARRY E CHORLEY, 1972). Em Paris, o aumento na temperatura foi mais importante no início do século, registrando no período de 1931-1960, 11,2°C. A Cidade do México (México) e São Paulo (Brasil), cidades de países da América Latina, registraram 9°C e 12°C, respectivamente, na década de 1980 (ESCORROU, 1991).

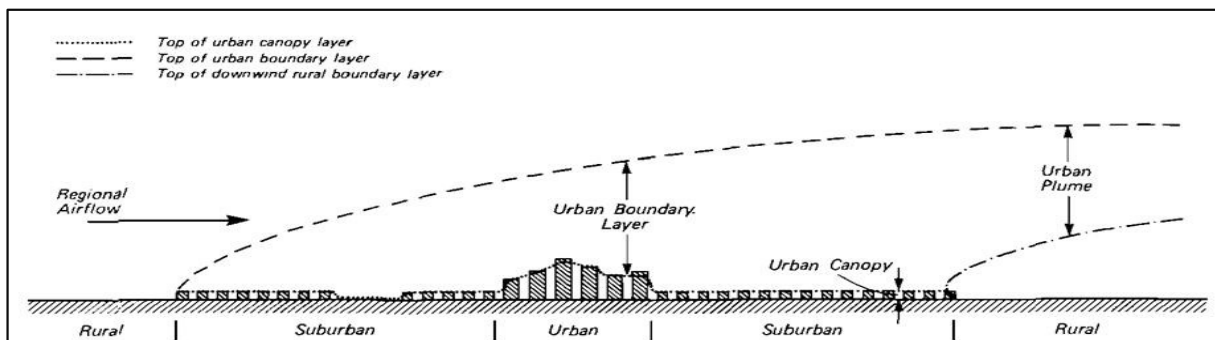
Segundo Oke (1979), o calor antropogênico provocado pelo adensamento e verticalização das áreas urbanas é capaz de provocar alterações sobre o clima urbano local gerando camadas atmosféricas urbanas denominadas de *urban canopy layer* e *urban boundary layer*, termos usados para distinguir as camadas que podem apresentar dimensão altamente variável e também variação térmica (Figura 02).

De acordo com Amorim (2000):

Canopy layer pode ser traduzida como a camada que compreende toda a “copa ou dossel urbano”. Esta camada de ar pode atingir entre 1 e 3 vezes a altura do topo dos elementos existentes à superfície, e pode apresentar uma turbulência forte de pequena escala, dependendo da rugosidade da superfície. Boundary layer seria a camada ou limite acima do canopy layer, onde existem boas condições de mistura, sendo sua altura variável e dependente da capacidade da superfície para provocar a movimentação do ar. Durante a noite pode atingir menos de 100 m, porque a superfície esfria mais depressa do que a atmosfera e, durante o dia pode atingir de 1 a 2 km, pois as correntes convectivas são mais intensas. (AMORIM, 2000 p.25 e 26)

A camada atmosférica delimitada por Oke como “*urban canopy layer*” é considerada a mais quente de uma aglomeração urbana. A “*urban boundary layer*” ocupa um volume maior e é mais espessa, formando uma espécie de cúpula de calor que se desenvolve com o vento.

Figura 02 - Representação esquemática da estrutura da atmosfera urbana que ilustra uma classificação de duas camadas de modificação térmica.



Fonte: Oke, (1976, 2010)

Esta representação é uma tentativa de Oke de sintetizar a estrutura da atmosfera acima da cidade, onde o vigor desta mistura sobre a área urbana cria uma perturbação em forma de cúpula na inversão sobreposta. A causa exata do excesso de calor na atmosfera urbana é mostrada, no Quadro 2, e resume os processos mais prováveis que podem alterar o balanço de energia, favorecendo a formação do fenômeno conhecido como ilhas de calor (OKE, 1979; 2010).

Quadro 02 - Hipóteses das causas da ocorrência de ilha de calor urbano no âmbito do *urban canopy layer* e *urban boundary layer*.

<i>Urban Canopy Layer - Copa Ou Dossel Urbano</i>	<i>Urban Boundary Layer- Camada Limite</i>
Calor antropogênico proveniente dos edifícios	Calor antropogênico dos telhados e da aglomeração
Maior absorção da radiação de ondas curtas devido ao efeito da geometria do canyon no albedo	Entrada de ar quente resultante da ilha de calor na camada de cobertura urbana
Redução da perda de radiação de ondas longas dos canyons devido à redução do seu sky view factor	Queda do fluxo de calor sensível da camada estável de cobertura pela convecção de penetração
Maior estocagem de calor diurno e liberação noturna, devido a propriedades térmicas dos materiais urbanos.	Convergência do fluxo radiativo de ondas curtas no ar poluído
Redução da evaporação devido à remoção da vegetação e à impermeabilização da superfície da cidade	
Redução da perda de calor sensível devido à queda da velocidade do vento na camada urbana	

Fonte: Oke (1979); Amorim (2000).

Segundo Lombardo (1985); Oke (1987); Huang et al. (2008); Nóbrega e Vital (2010), “ilhas de calor”, caracteriza-se pelo aumento da temperatura do ar nas cidades em relação às zonas menos urbanizadas ou circunvizinhas, podendo influenciar na saúde e no desconforto térmico que ultrapassa o limite tolerável pelos habitantes da cidade. Normalmente, ocorrem no centro das cidades, onde há uma grande concentração de construções de concreto, asfalto, pobres em vegetação, grande concentração de poluição do ar e o calor desprendido no processo de combustão, e de equipamentos elétricos considerados as principais variáveis envolvidas na alteração do balanço energético local.

Os efeitos reais ou potenciais das elevadas temperaturas sobre a saúde da população são bastante preocupantes. Oke (1987) considera que o funcionamento bem-sucedido de um organismo vivo depende da relação entre si e seu ambiente circundante. No caso de mudança de temperatura do ambiente de forma

significativa, tendem a baixar ou elevar a temperatura corporal, o que pode ser prejudicial para a saúde humana.

O homem é um ser homeotérmico, ou seja, a sua temperatura é mantida relativamente constante por processos metabólicos podendo sentir conforto ou desconforto fisiológico em função de temperaturas reduzidas ou elevadas. A zona de conforto que expressa o bem-estar do ser humano equivale a uma temperatura ambiente de cerca de 20-25 °C, sendo que acima de 32 °C o indivíduo começa sentir o desconforto pelo calor².

Segundo Oke (2002) diversos problemas de saúde têm relação direta com o calor excessivo produzido pelo ambiente urbano. Geralmente a alta temperatura tende a diminuir o vigor físico e mental, afeta as emoções e o comportamento do homem. Incidências de choques térmicos, exaustão, câimbras, enxaquecas e o estresse térmico, afetam a resistência do corpo a doenças e a capacidade produtiva, sem falar na desidratação que pode ser letal. Por isso, em ambientes urbanos considera-se vantajoso procurar locais frescos disponíveis de sombra, e ou locais mais arborizados com muito vento e mais úmido a fim de agir como regulador da temperatura no ambiente. A arborização é de extrema importância no ambiente urbano, pois tem função de amenizar as temperaturas e umidificar o ar.

Segundo Henderson-Sellers e Robinson (1986), algumas cidades, como Stuttgart, na Alemanha, foram igualmente incorporadas vegetação em seu planejamento urbano, para mitigar o efeito de ilha de calor. Outros autores, como Dayton, Ohio, EUA têm experimentado “lotes de estacionamento verdes”, parques de estacionamento, cuja superfície é uma mistura de asfalto e grama, com o mesmo objetivo. Para os autores, tais estratégias, se não forem adotadas em toda a cidade, terão apenas um efeito local, uma vez que é preciso considerar a cidade como composto de uma série de microclimas interligados.

Observar-se que os estudos sobre o clima urbano, com destaque para as ilhas de calor, abriram caminhos para discussões mais aprofundadas não só pela

² Calor é definido como uma forma de energia cinética total dos átomos e moléculas que compõem uma substância, podendo ser transferida de um sistema para outro, sem transporte de massa e sem execução de trabalho mecânico. A Temperatura é uma medida da energia cinética média das moléculas ou átomos individuais, quanto mais rápido o movimento dessas moléculas mais elevada a temperatura, bem como é a condição que determina o fluxo de calor que passa de uma substância para outra (VIANELLO e ALVES, 1991 citado por TORRES e MACHADO, 2011).

necessidade de adquirir conhecimento sobre os efeitos da urbanização no clima da cidade, mas permitindo também um entendimento prático.

No Brasil, há vários estudos relacionados ao clima urbano, destacando alguns como de Lombardo (1985), que estudou as ilhas de calor na metrópole paulistana; Caseti (1995), por sua vez, obteve, em Goiânia, resultados de temperatura que indicavam a formação de ilha de calor; assim como Mendonça (2000), também estudando ilhas de calor na cidade de Londrina, PR, observou diferenças de até 13°C entre o meio urbano e o rural daquele município.

Entretanto, foi Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro que iniciou dentro da geografia estudos mais sistematizados de climatologia geográfica, aplicando uma teoria para explicar fenômenos climáticos, observados em ambientes urbanos, que se diferenciavam dos processos climáticos de caráter mais gerais. Esta teoria foi definida pelo autor como Sistema Clima Urbano (S.C.U.), representando um marco fundamental para o clima urbano e que vem sendo utilizada na maioria dos estudos realizados no Brasil.

1.1.1. O Sistema Clima Urbano (S.C.U)

Os diversos autores clássicos (CHORLEY, 1962; CHANDLER, 1965; OKE, 1979; LANDSBERG, 1981) que escreveram sobre clima urbano faziam uma abordagem na época, muito centrada em parâmetros meteorológicos e instrumentais. Os estudos abordavam cada elemento do clima da cidade em separado, exatamente, dentro dos valores médios. Entretanto, Monteiro (1976) considerava que esta visão quantitativa era muito limitada para acompanhar a dinâmica da vida humana e dos seres vivos em geral e não apresentava a relação natureza e sociedade, considerada o cerne da abordagem geográfica.

Assim, a busca de uma teoria que explicasse o clima urbano com caráter mais geográfico começou com duas grades referência M. Sorre e P. Pédelaborde. Ambos foram referências importantes para Monteiro porque Sorre propôs uma mudança de paradigma para a pesquisa climatológica e estava mais próxima do ponto de vista geográfico, no qual era preciso relacionar os fatos naturais com o Homem. Pédelaborde se manteve fiel ao paradigma da totalidade dos tipos de tempo. Um terceiro autor que teve grande contribuição foi Jean Tricart, que fazia as

mesmas críticas em relação à geomorfologia: os processos morfológicos não podiam ser entendidos apenas a partir de valores médios, era necessária uma visão dinâmica para avaliar a própria ação antropogênica.

Monteiro (1976) acreditava que era possível se fazer estudos de climatologia com caráter mais geográfico, diferenciando-se dos estudos meteorológicos. Então o autor passou a adotar um novo paradigma de análise climatológica que foi o ritmo e a sucessão dos tipos de tempo, em substituição à média climática. Estes conceitos iriam sustentar a teoria, o que o tornava apropriado para a Climatologia Geográfica (BARROS e ZAVATTINI, 2009).

O ritmo e sucessão³ dos estados atmosféricos representava o encadeamento sucessivo habitual e contínuo, pois Monteiro (1976) acreditava que para analisar a sucessão habitual é preciso procurar o ritmo, que é algo extremamente variado, e dentro do ritmo, encontrar o esquema mais susceptível de repetição, os mecanismos de sucessão mais representativos, pois o fluído atmosférico (gasoso) é extremamente dinâmico, muito mais que o oceânico (líquido).

Tarifa (1975) cita um trecho da publicação de Monteiro (1971), o qual considera essencial para a compreensão da abordagem sobre ritmo:

Admitimos, pois como válida a conclusão de que o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidade de tempo cronológicas pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo... (Monteiro, 1971 citado por Tarifa, 1975, p. 23-24).

Na obra de Monteiro (1976, p. 30) “ritmo”, significa o “encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados”. Pensamento esse que se conecta ao pensamento de Sorre, segundo o qual considera que o ritmo “exprime não mais a distância quantitativa dos valores sucessivos, mas o retorno mais ou menos regular dos mesmos estados” (SORRE, 1951, p. 33 citado por BARROS e ZAVATTINI, 2009).

A preocupação com a ação combinada dos diferentes elementos do clima no seu ritmo de sucessão habitual, com a utilização das sequências de cartas sinóticas

³ De acordo com o dicionário da Língua portuguesa, “ritmo” deriva da ideia de movimento ou ruído que se repete, no tempo, a intervalos regulares, com acentos fortes e fracos, no curso de qualquer processo e variação que ocorre periodicamente de forma regular ou repetição em intervalos regulares de uma ação ou função. Sucessão, ato ou efeito de suceder-se ou série ou sequência de coisas que se sucedem e/ou substituem sem interrupção ou com breve intervalo (FERREIRA, 2001).

do tempo e com a necessidade de aperfeiçoamento da classificação genética dos climas em termos regionais, levaram Monteiro a conceber a técnica denominada de “análise rítmica”, que consiste na representação do ritmo climático por meio de gráficos que são “longas faixas de representação diária concomitante de todos os atributos atmosféricos mensuráveis (e possíveis de obter) sobre um lugar, acompanhados da informação sobre o sistema meteorológico atuante em cada dia” (Monteiro, 1976, p. 30).

A análise rítmica como ideia de movimento que se repete, no tempo com intervalos regulares é vista como uma organização complexa, onde o clima da cidade admite uma visão sistêmica, com vários graus de hierarquia funcional de diferentes níveis de resolução.

Esta concepção paradigmática permitiu uma análise do agrupamento de vários fenômenos de designação física e antropogênica observada na cidade. Todos esses mecanismos que se coadunam dentro do universo urbano de forma relacional permitiram o desenvolvimento de três canais de percepção ou subsistemas no estudo do Sistema Clima Urbano: o de ordem termodinâmica ou canal do conforto térmico, porque esse é o aspecto importante para os habitantes urbanos; o canal da qualidade do ar, que é químico, relativo à composição do ar, no qual a atuação do Homem também é muito importante; o canal do impacto meteórico, qualquer cidade ou lugar do planeta está sujeita a receber os impactos meteóricos. A importância de se examinar esses três canais, é porque a relação Homem-Natureza aí se revela (Monteiro, 2003).

A compreensão da abordagem adotada como canais de análise por Monteiro considerados essenciais para o Sistema Clima Urbano são:

Canal I - Conforto térmico (Subsistema termodinâmico) – Dentro do SCU esse canal atravessa toda a sua estrutura, pois que é insumo básico, é transformado na cidade pressupõe uma produção fundamental no balanço de energia líquida atuante no sistema. O uso do solo, a morfologia urbana, bem como suas funções, estão intimamente implicados no processo de transformação e produção. As técnicas de sensoriamento remoto, principalmente pela aplicação do infravermelho, estão aí para subsidiar o mapeamento térmico das cidades.

Canal II - Qualidade do Ar (Subsistema físico-químico) – é nas concentrações urbanas, graças à circulação de veículos a autocombustão, a concentração industrial e a outras formas de produção que se contamina a atmosfera.

Canal III - Impacto Meteórico (Subsistema hidromecânico) – a idéia de impacto pressupõe consequências calamitosas, atacando a integridade da cidade como artefato físico e perturbando, sensivelmente, as formas de circulação e comunicação internas e de ligação externa. São episódios ou eventos restritos no tempo que estão presos ao modo de transmissão de energia, ou seja, ao ritmo de sucessão dos estados atmosféricos. (MONTEIRO, 1976; 2003)

Segundo Amorim (2000) o subsistema termodinâmico tem sido o mais explorado nos estudos de clima urbano, associado, na maioria das vezes, à umidade relativa do ar. Este fato foi justificado por Tarifa (1977), quando explicitou: *“...alterações nas variações da temperatura e umidade, que nada mais são do que elementos ou variáveis respostas, consequentemente funções do balanço de energia por unidade de tempo, dentro de um espaço tridimensional”*. (TARIFA, 1977, p.73 citado por AMORIM, 2000).

A estrutura de pensamento adotada por Monteiro (1976) para desenvolver o Sistema Clima Urbano foi balizada na teoria dos sistemas tendo como referência o trabalho pioneiro de Ludwig von Bertalanffy. A Teoria Geral dos Sistemas apresentava bastante afinidade com o pensamento geográfico, por ter um centro, uma periferia, os mecanismos de entrada, de transformação, de saída, enfim, uma série de elementos que, para o autor eram muito favoráveis à estruturação de um campo de ideias para o estudo da cidade. Essa fundamentação baseada na Teoria Geral dos Sistemas, junto a outros ensinamentos do campo da epistemologia das ciências, ajudou na estruturação de uma visão sistêmica para o clima da cidade como se verá a seguir.

1.1.2. A Teoria Geral dos Sistemas como arcabouço teórico do SCU

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) foi desenvolvida pelo biólogo Ludwin Von Bertalanffy na década de 60 do século XX, na tentativa de formular leis gerais que pudessem ser aplicadas no campo das ciências contrapondo as ciências clássicas que explicava os fenômenos naturais a partir do isolamento do todo.

Segundo Camargo (2005) “A teoria dos sistemas, é um importante campo metodológico que se propõe, entre outras coisas, suplantando a fragmentação e perceber os fenômenos a partir de sua interconectividade holística”.

Assim, a teoria do sistema se preocupava em busca a compreensão e amplitude do todo, partindo de uma análise mais integrada do que particularizada do fenômeno.

Para Bertalanffy (2009):

Teoria do sistema é o estudo não tão somente das partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante na interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 2009, p. 55)

A adoção desta teoria tem como finalidade a busca do equilíbrio dos sistemas em geral seja de natureza física, biológica ou sociológica a partir de suas trocas intensas de matéria e energia em certas circunstâncias, encontrando um estado relativo de equilíbrio, conhecido como equilíbrio dinâmico.

De fato, Chorley (1962); Churchman (1972); Christofolletti (1999); Uhlmann (2002); Sales (2004); Camargo (2005); Bertalanffy (2009) estão de acordo que o conceito de sistemas é constituído de conjuntos de componentes que se relacionam entre si e com o ambiente, com certo grau de organização na execução do objetivo global do todo e das relações entre componentes e seus atributos, bem como dos parâmetros de entradas (os inputs) e saídas (os outputs) da matéria e da energia que responderiam pelo funcionamento do todo.

Mais especificamente Christofolletti (1999) considera que um sistema é um conjunto estruturado de objetos e/ou atributos. Esses objetos e atributos consistem de componentes ou variáveis (fenômenos que são passíveis de assumir magnitudes variáveis) que exibem relações discerníveis um com os outros e operam conjuntamente como um todo complexo de acordo com determinado padrão.

A Teoria Geral dos Sistemas, junto a outros ensinamentos do campo da epistemologia das ciências, permitiu a Monteiro (1976), estruturar uma visão sistêmica para o clima urbano, pois a cidade é entendida como um grande sistema aberto por apresentar componentes urbanos que interagem fortemente uns com os outros e com a atmosfera.

Essa interação ocorre principalmente com os componentes do sistema que são: a radiação solar, o meio físico e antrópico e elementos químicos, que estão conectados e agindo um sobre os outros.

O fluxo de energia emitida pelo sol, ao entrar em contato com o meio físico (água, solo, ar) e antrópico (prédios, concreto, asfalto, etc.), entendido também como subsistemas, será absorvida, transmitida e refletida (comprimentos de onda do infravermelho), definidos como processos superficiais. O componente químico do sistema estará relacionado com as mudanças da quantidade de carbono e a entrada de outros gases que irão contribuir para o perfil da temperatura da atmosfera urbana. Estes componentes estarão interagindo tanto num período de tempo como em um determinado espaço geográfico urbano, caracterizando um fluxo de matéria e energia e nas transformações ocorridas nos subsistemas.

Christofolletti (1999) faz lembrar que:

Dentro de cada subsistema deve haver um regulador que trabalha a fim de repartir o input recebido de matéria ou energia em dois caminhos: armazenando-o (ou depositando) ou fazendo-o atravessar o subsistema e tornando-o um output do referido subsistema (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.6).

Compreender o funcionamento, o desempenho, a organização de um fenômeno de grande complexidade como é o ambiente urbano e em seus diferentes graus de desenvolvimento, gerando alterações no balanço de energia, no balanço hídrico e na química da atmosférica, refletindo no conforto térmico, nos impactos pluviais e na qualidade do ar, motivaram Monteiro (1976) a estudar o clima da cidade pelo prisma da Teoria Geral dos Sistemas, pois apreciava o seu valor paradigmático capaz de revelar a essência de tais fenômenos de grande complexidade, nos quais se revela a relação homem e a natureza em uma coparticipação.

A cidade é a intervenção mais concreta da atuação da sociedade sobre o meio físico natural inclusive no sistema climático local. Qualquer alteração no sistema em sequência será refletida por alteração na estrutura do sistema.

Assim, a própria organização social que contribui para a alteração dos sistemas climáticos locais vem sendo afetada tanto por essas intervenções como pelo aumento de temperatura, provocando desconforto térmico e ilhas de calor, poluição atmosférica, através de descarga de poluentes, elevados índices pluviométricos, com grande impacto para cidade pela diminuição da infiltração, o que acarreta aumento do escoamento superficial, ocasionando os grandes alagamentos e transbordamentos de canais e rios urbanos, refletindo na saúde da população entre outros prejuízos.

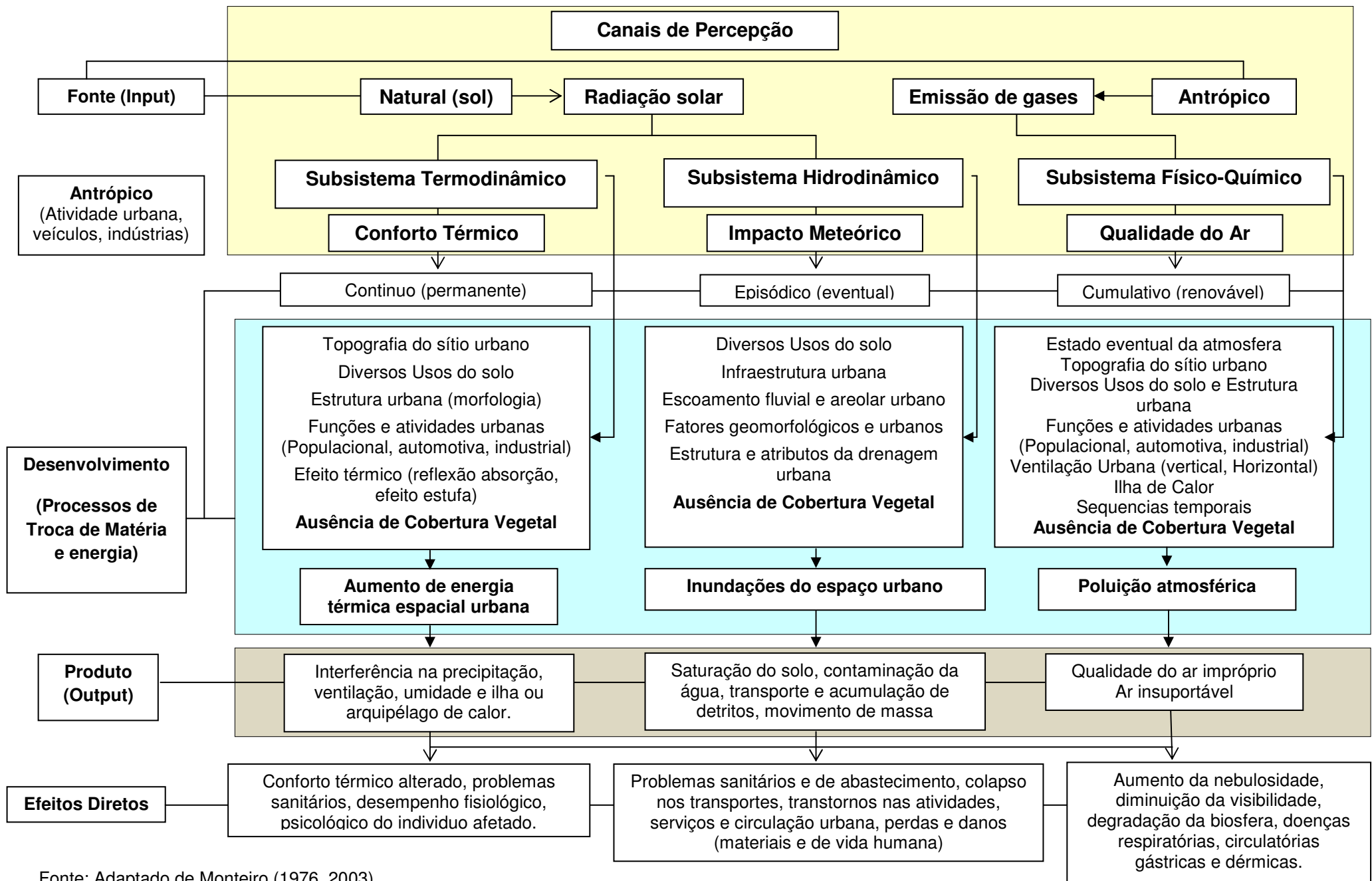
Dentro da própria concepção sistêmica os canais de percepção apresentam uma fonte (*input*) que transita e atravessa toda a organização do sistema realizando transformação, difusão e concentração (*processos*) de troca de matéria e energia entre atmosfera e meio urbano. Isso possibilita também a avaliar o produto (*output*), resultado da interferência de todos os fatores urbanos, que age e altera o clima na escala local causando efeitos mais diretos sobre a população urbana.

Na obra de Monteiro (1976) "*Teoria e clima urbano*" o autor elabora um *diagrama gráfico* para cada um dos subsistemas ou canais de percepção com o objetivo de mostrar a relação sistêmica que se estabelece no Sistema Clima Urbano, sintetizado no diagrama abaixo (Figura 03), pois os níveis de organização sistêmico dos canais de percepção estão intimamente associados, como o próprio autor considera:

Não há meios de desvincular a produção meteórica do comportamento e da composição atmosférica, se poderá considerar que a qualidade e as inundações do espaço urbano estejam desligadas do conforto. Ao propor esses canais abstratos, que se iniciam na essência da atmosfera e desembocam na percepção humana, quero ser coerente com a abordagem sistêmica e com a condição lógica da análise. (MONTEIRO, 2003, p. 43).

Assim a preocupação do autor com a aplicação do método de análise, pois o clima das cidades admite uma visão sistêmica com vários graus de hierarquias, dinâmica funcional interna e diferentes níveis de resolução espacial e temporal.

Segundo Monteiro (2001) o clima urbano é colocado no plano superior, não por ser julgado o núcleo do sistema, mas por ser o ambiente consumidor de energia sob as diferentes formas de manifestações luminosa, térmica e hídrica, agindo a partir das escalas superiores em direção a inferiores (da atmosfera para o ambiente urbano). A ação antrópica alterna essa organização no sentido inverso, ou seja, da escala inferior para a superior (do ambiente urbano para atmosfera).



Mendonça (2003) concorda que a base conceitual alicerçada na Teoria dos Sistemas contribuiu para a abordagem do clima urbano, de maneira clara para a ciência geográfica que não possuía um contexto teórico específico. A utilização da teoria geral dos sistemas ajudou, também, para a construção de uma metodologia específica para a abordagem do clima das cidades.

A Teoria Geral dos Sistemas se encaixou bem nos estudos do clima urbano por envolver a relação sociedade e natureza e a relação entre a ação normativa da teoria e a ação operativa da pesquisa. Estas perspectivas foram elucidadas em dez pontos importantes publicadas na obra de Monteiro (1976), essenciais para a compreensão da abordagem e da aplicação da Teoria dos Sistemas e que se faz importante serem citadas:

- 1 - O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização
- 2 – O espaço urbanizado, que se identifica a partir do sítio, constitui o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato que se insere.
- 3 – O SCU importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa, o qual pode se enquadrar na categoria dos sistemas abertos.
- 4 – A entrada de energia no SCU é de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a terra – o sol), implicando componentes dinâmicas inequívocas determinadas pela circulação atmosférica, e decisiva para a componente hídrica englobada neste conjunto.
- 5 – A avaliação dessa entrada de energia no SCU deve ser observada tanto em termos quantitativos como, especialmente, em relação ao seu modo de transmissão.
- 6 – A estrutura interna do SCU não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas.
- 7 – O conjunto-produto do SCU pressupõe vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema. Sendo variada e heterogênea essa produção, faz-se mister uma simplificação classificadora que deve ser considerada através de canais de percepção humana.
- 8 – A natureza urbana do SCU implica em condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização.
- 9 – O SCU é admitido como passível de autorregulação, função essa conferido ao elemento homem urbano que na medida em que o conhece e é capaz de detectar suas disfunções, pode, por meio do seu poder de decisão, intervir e adaptar o funcionamento e /ou circuitos de

retroalimentação capazes de conduzir o seu desenvolvimento e crescimento seguindo metas preestabelecidas.

10 – Pela possibilidade de interferência autorreguladora, acrescentam-se ao SCU, como sistema aberto, aquelas propriedades de entropia negativa pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através de processos adaptativos, podendo ser qualificado, assim, como um sistema morfogênético.

(MONTEIRO, 1976, p. 95 a 102)

O referencial teórico Sistema Clima Urbano não apresentou só um conjunto de processos e ações intrassistemas nos canais de percepção, apontou também medidas metodológicas e mitigadoras definidas no sistema como “ações”, com o intuito de conduzir os estudos de clima urbano. Como ações, Monteiro (2003) propõe o planejamento urbano, a regulamentação e controle do uso do solo, a tecnologia habitacional, no campo do conforto térmico; a regulamentação da drenagem fluvial, a adequação das galerias fluviais, a previsão do tempo e o estado de alerta e as estratégias de emergência, no campo do impacto meteórico; e no campo do físico-químico, a anti-emissão de gases poluentes e o índice de qualidade do ar.

Contudo, um elemento importante que constitui a paisagem urbana e que pode cooperar com as medidas mitigadoras propostas para os canais de percepção do sistema clima urbano é a cobertura vegetal. A vegetação através de suas funções contribui para a regulação do clima, ameniza as temperaturas, diminui o impacto das chuvas e purifica o ar.

Para Mascaró, Mascaró e Aguiar (2001), a arborização urbana é vista como uma estratégia bastante eficaz para conter os efeitos das ações do clima principalmente em cidades que apresentam clima quente e úmido e que necessitam conter os efeitos das altas temperaturas que afetam diretamente a vida da população como será analisado a seguir.

1.2. A importância da vegetação no clima urbano.

A vegetação urbana vem sendo estudada em diversas cidades brasileiras principalmente pelo aspecto de suas funções ecológico-ambientais, assim como tem sido investigada suas inter-relações com o clima. Em cidades de clima equatorial também encontramos diversos trabalhos abordando a relação entre clima e

vegetação no ambiente urbano, mas por uma perspectiva mais da descrição do que pelo aspecto do mapeamento de grande escala da vegetação, em um longo tempo.

Nessa linha de raciocínio da descrição da importância da vegetação para o clima urbano das cidades equatoriais, Silva (2009) analisou a influência das áreas verdes no clima da cidade de Manaus e a partir de levantamento de temperatura de diversos pontos da cidade chegou a seguinte conclusão: “Em Manaus, quando há ausência de chuvas, um fator amenizador do desconforto térmico urbano, são as ‘áreas verdes’, que atenua os valores térmicos elevados segundo ficou demonstrado na pesquisa, causando declínio na temperatura em até 8,0°C”.

Silva (2009) mapeou a cobertura vegetal da cidade de Manaus, mas com generalizações e mostrando uma simetria entre a vegetação mapeada com as temperaturas registradas.

Outro trabalho que segue essa linha de análise é o trabalho de Uchôa (2011), o qual tem como objetivo estudar o comportamento termo-higrométrico na cidade de Santarém-PA, relacionado ao processo de urbanização, consequentemente contribuir para o conforto térmico da cidade. Um de seus resultados mostrou que.

As temperaturas do ar sofrem influência dos diversos padrões de uso do solo urbano. Quanto aos elementos da estrutura urbana de Santarém que são capazes de proporcionar variações meteorológicas significativas, a vegetação apresenta um papel fundamental no sentido de proporcionar temperaturas mais amenas. Nos oito pontos analisados, observou-se maior influência da vegetação, seguido dos demais parâmetros, no sentido de amenizar as temperaturas do ar, pelo efeito combinado do sombreamento e reflexão solar incidente, diminuindo deste modo o desconforto térmico local (UCHÔA, 2011. p. 51).

Observa-se que a vegetação tem função importante na regulação da temperatura do ar no meio urbano de Santarém. Assim como Manaus, Santarém sofre com altas temperaturas por conta da influência de continentalidade.

Não se observou, nos trabalhos citados a realização do levantamento da cobertura vegetal da cidade, sua distribuição e qual a quantidade por habitante, tendo em vista que objetivava contribuir para o conforto térmico.

Outro trabalho que relaciona clima e vegetação em cidades equatoriais foi realizado em Macapá por Santos et al. (2012), que trabalhou os índices de tendências climáticas associados à “ilha de calor” em Macapá-AP (1968-2010). O pesquisador constatou que, apesar de ser ainda uma cidade que não apresenta um porte de desenvolvimento como as demais capitais da Amazônia devido ao baixo

nível de verticalização das construções, apresenta características comuns aos de outros centros urbanos regionais. Segundo Santos et al. (op. cit.):

Tal avanço da urbanização vem tomando lugar antes ocupado pela vegetação, alterando os índices microclimáticos locais. Mas, ao longo das duas últimas décadas, a sistemática substituição da cobertura vegetal pela pavimentação e construções parece ter trazido problemas consideráveis, como a mudança dos padrões do microclima local mostrado pelos indicadores de variabilidade climática analisada.

Talvez um dos mais expressivos indicadores seja o desconforto térmico observado pela população macapaense nos últimos 20 anos, a exemplo do aumento significativo de dias quentes mais frequentes e por períodos cada vez mais prolongados (SANTOS et al. 2012, p.13).

Fica evidente que a cidade de Macapá também vem passando por profundas transformações no seu meio urbano tendo como consequência a perda da cobertura vegetal e consequentemente um significativo aumento na temperatura, já percebida pela população local.

Dentro desse cenário de mudanças climáticas em que a temperatura é o elemento do clima de maior percepção de mudança e que atinge diretamente o bem-estar físico e psicológico da população, é necessário buscar preservação, conservação e valorização da vegetação urbana. Nesse sentido, conhecer o mapeamento e a quantificação se torna um exercício importante para a busca de um bom equilíbrio térmico nas cidades.

Pode-se considerar que JIM (1989) deu grande contribuição para os estudos mais integrados entre vegetação e clima urbano, quando realizou o mapeamento da cobertura vegetal de Hong Kong. O seu trabalho se incumbiu de examinar o histórico de ocupação, os tipos e formas de dossel. Ele classificou a vegetação em três tipos de dosséis principais, cada um com três variantes, identificados como isolado, linear, e conectado. Também identificou que dossel desigualmente distribuído é predominantemente baixo, escasso, e desconectado, demonstrando quanto um ambiente urbano apresenta arborização satisfatória ou não.

A partir dessa informação de mapeamento da cobertura vegetal é possível tirar conclusões sobre as mudanças ambientais, incluindo as alterações climáticas, ao comparar os dados históricos de vegetação com as condições presentes.

1.2.1. A função climática da Cobertura Vegetal no meio urbano

Os benefícios climáticos da cobertura vegetal assumem grande importância no espaço urbano, como revelam vários estudos sobre vegetação urbana (NUCCI, 2008; MASCARÓ e MASCARÓ 2002; NUCCI e CAVALHEIRO, 1999; GUZZO, 1997). A presença de espaços verdes no meio urbano, mais do que do ponto de vista estético, desempenha grande papel pela riqueza das combinações dos seus atributos na qualidade do ambiente urbano (Monteiro 1976).

Segundo Nucci (1999); Guzzo (1991); Pivetta e Silva (2002) a cobertura vegetal das cidades chamam a atenção pelas diversas funções que exerce, destacando-se as seguintes:

- a) *Função social:* está relacionada à possibilidade de lazer e recreação que os espaços verdes proporcionam, propiciando a integração social.
- b) *Função educativa:* associada à possibilidade de práticas de educação ambiental e atividades extraclasse desenvolvidas nestas áreas verdes.
- c) *Função estética:* a vegetação proporciona um melhor efeito estético, diversificando a paisagem construída, sendo objeto de valorização visual e ornamental do ambiente.
- d) *Função psicológica:* a composição vegetal tem a capacidade de proporcionar bem-estar psicológico ao homem em decorrência do contato deste com a natureza, a qual promove quebra da monotonia e disposição de cores relaxantes, além de momentos de lazer e recreação, funcionando como anti-stresse.
- e) *Função econômica:* atrelada ao fornecimento de alimentos, valorização econômica das propriedades e formação de uma memória do patrimônio cultural.
- f) *Função Ecológica:* relacionada à estabilização superfície por meio da fixação do solo pelas raízes das plantas, contribui para a interceptação das águas da chuva no subsolo reduzindo o escoamento superficial, proporcionando proteção às nascentes e aos mananciais, apresentando-se também, como abrigo à fauna urbana.

Uma das principais funções que a vegetação exerce para os estudos de clima urbano é através de suas funções climáticas. Contribuem para o estabelecimento de microclimas mais amenos no meio urbano, proporcionando melhorias na sensação térmica e na qualidade do ar, à medida que absorve os raios solares e refresca o

ambiente pela grande quantidade de água transpirada pelas folhas, equilibrando os índices de umidade, filtrando o ar, diminuindo a poeira em suspensão, fornecendo sombreamento e formando barreira importante no direcionamento de ventos, além de reduzirem os ruídos sonoros, servindo como abrigo para a fauna urbana.

Vários são os benefícios que a vegetação pode trazer ao ambiente das cidades, agindo diretamente nos subsistemas. No termodinâmico equilibra as temperaturas do ar, do solo e contribui para a umidade no ar, no físico-químico filtra o ar e diminuindo a poeira em suspensão e no hidromecânico diminui o impacto das chuvas no solo e das enchentes, proporciona a estabilidade das superfícies por meio da fixação do solo pelas raízes das plantas, protegendo as nascentes e qualidade da água dos mananciais.

O efeito da ausência ou presença da vegetação no meio urbano é mais perceptível nos índices de temperatura. A temperatura varia com o tamanho da área verde, pois quanto maior a massa verde menor a temperatura do ar (MORAES 1992).

1.2.1.1. Redução da Temperatura

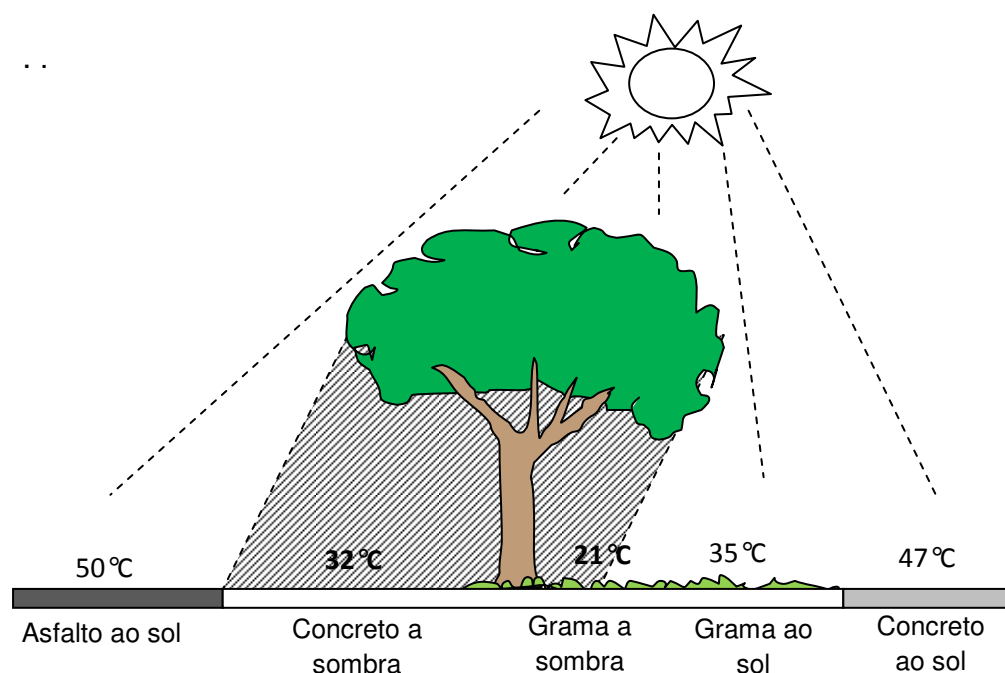
As árvores e outros vegetais atuam diretamente sobre os elementos climáticos em microclimas urbanos e têm importante papel na redução da temperatura interceptando, refletindo, absorvendo e transmitindo radiação solar, melhorando a temperatura do ar no ambiente urbano. Segundo De Angelês (2009, citado por Gomes e Queiroz, 2011) “árvores de copa rala interceptam de 60 a 80% da radiação direta incidente, enquanto árvores de copa densa e espessa interceptam até 98% da radiação direta”.

No entanto, a eficiência do processo depende das características da espécie utilizada, tais como a forma da folha, a densidade foliar, tipo de ramificação, copas amplas, porte arbóreo entre outros (LIMA, et al. 2006).

Uma das funções mais importantes da arborização no meio ambiente urbano, principalmente em locais de clima tropical, subtropical e equatorial úmido como é o caso das cidades amazônicas, é o sombreamento, cuja principal finalidade é amenizar o rigor térmico da estação quente das regiões subtropicais e durante o ano nas regiões equatoriais onde as temperaturas podem ser de 3°C a 4°C menor que

as áreas expostas à radiação solar sem vegetação, as quais são atingidas de forma direta. A cobertura vegetal diminui as temperaturas superficiais dos pavimentos bem como eleva a umidade relativa do ar melhorando as condições ambientais adversas e o conforto térmico humano (MASCARÓ e MASCARÓ, 2009). A vegetação, isolada ou em grupos, forma verdadeiras barreiras de filtro natural da radiação solar por meio do sobreamento (Figura 04) e de poluentes dispersos na atmosfera pelas atividades de combustão.

Figura 04 - Temperatura superficial de diferentes superfícies urbanas.



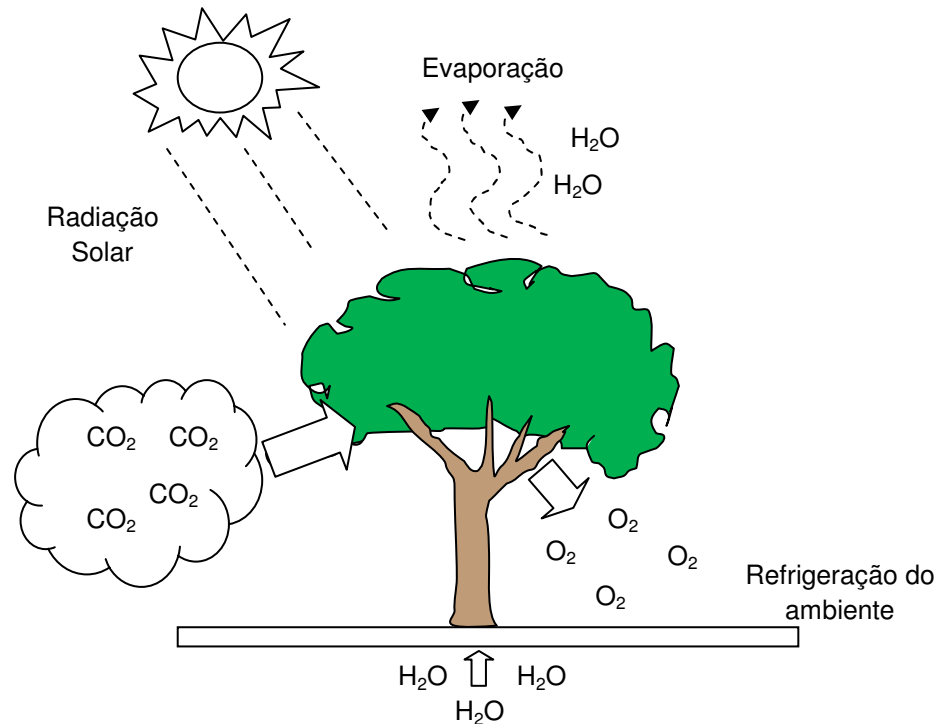
Fonte: Adaptado de Mascaró e Mascaró (2009); Moraes (1992).

A refrigeração do ambiente ocorre pelo processo de metabolismo do vegetal. Segundo Machado e Torres (2012) as plantas por serem organismos vivos, realizam processo de transpiração que é a evaporação da água pela abertura dos estômatos⁴ utilizada nos diversos processos metabólicos necessários ao desenvolvimento do vegetal. A abertura dos estômatos é um mecanismo complexo que depende de disponibilidade de água no solo, intensidade de radiação solar e concentração de CO₂. Havendo esses elementos a vegetação passa a realizar a fotossíntese,

⁴ Estômatos são poros na camada externa das folhas e caules, comuns nas partes verdes das plantas que normalmente ficam abertos durante o dia e fechados durante a noite. Os estômatos permanecem abertos enquanto houver disponibilidade de água no solo, a medida que vai ocorrendo restrição de água, os estômatos vão diminuindo sua abertura podendo se fechar completamente na ausência de água (MACHADO e TORRES, 2012).

processo biológico que consiste na absorção da energia solar, da água e do CO_2 que são transformados em energia química, e simultaneamente, há liberação de oxigênio na atmosfera pela transpiração, renovando e purificando o ar (Figura 05) (MORAES, 1992).

Figura 05 - Refrigeração do ambiente por processo biológico da vegetação.



Fonte: Adaptado de Moraes (1992).

Do mesmo modo que a energia comanda o metabolismo da vegetação, ela comanda também o metabolismo no ambiente urbano por meio do balanço de energia da entrada e saída. Os espaços construídos envolvem mudanças na temperatura que exprime a energia térmica contida numa determinada área, alterando a temperatura dos objetos. A energia produzida é liberada em forma de calor que é o subproduto de quase todo o uso de energia, criada como consequência do metabolismo biológico e da combustão (ADLER e TANNER, 2015).

Para Adler e Tanner (2015) as propriedades e o uso do calor determinam como a urbanização afeta a temperatura, pois o calor ocorre sob várias formas, como fótons (radiação) ou armazenando em sólidos, líquidos ou gases, sendo liberada para o meio por ligações químicas seja pela combustão ou pela respiração.

Ainda segundo Adler e Tanner (op cit), o calor é armazenado em sólidos por um período de horas ou dias antes de ser conduzido para atmosfera.

Além disso, uma superfície arborizada e uma superfície construída apresentam comportamentos diferenciados quando se trata de entra e saída de energia.

A entrada de energia em ambiente arborizado e construído ocorre de três maneiras:

- a) *Energia Solar* (QI) – radiação de alta energia (ondas curtas) proveniente do sol;
- b) *Radiação infravermelha incidente* (QLin) – radiação de baixa energia (ondas longa) refletida pela atmosfera;
- c) *Entrada de calor antropogênico* (QF) – energia liberada pelos processos e atividades da sociedade, principalmente pela queima dos combustíveis fósseis.

Por sua vez a saída de energia em ambiente arborizado e construído ocorre por meio de quatro etapas:

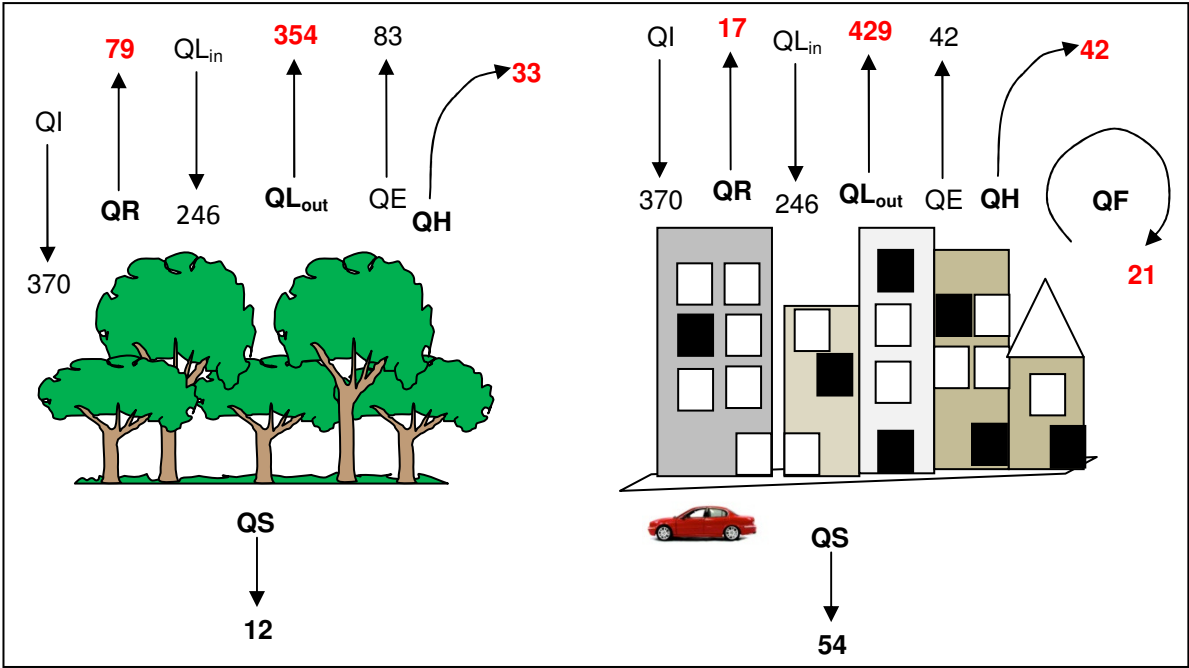
- a) *Radiação refletida* (QR) – radiação refletida diretamente para a atmosfera;
- b) *Radiação infravermelha emitida* (QLout) – calor irradiado por objetos quentes na forma de radiação de ondas longas e baixa energia;
- c) *Perda térmica latente* (QE) – calor perdido pela evaporação da água inclusive pela transpiração das plantas;
- d) *Transferência térmica sensível* (QH) – calor perdido por transferência direta (convecção) por meio do movimento do ar ou da água.

Esse comportamento de entrada e saída são apresentados por Adler e Tanner (2015) considerando que se a entrada de calor superficial excede a saída, a superfície se aquece com o calor armazenado (QS) em edificações, no solo ou na atmosfera.

Assim, pode-se observar que a entrada e saída de energia em ambientes florestados e urbanos se diferenciam substancialmente tendo em vista que o ambiente urbano produz calor antropogênico (QF), reflete menos calor (QR), o calor latente (QE) se perde menos, perde-se mais radiação de ondas longas (QL_{out}) e de calor sensível (QH) e por fim como consequência armazena-se mais calor (QS) em áreas urbanas.

Ao contrário do espaço urbano, o ambiente florestado reflete mais calor (QR), o calor latente (QE) tem maior perda, a perda de radiação de ondas longas (QL_{out}) e calor sensível (QH) é menor em relação ao meio urbano, proporcionando assim um menor armazenamento de calor (QS) em ambiente com maior concentração de arborização (Figura 06 e Tabela 01).

Figura 06 - Entrada e saída de energia em meio florestado e urbano em W/m².



FONTE: Adaptado de Adler e Tanner (2015)

Tabela 01 - Elementos de entrada e saída de energia em meio florestado e urbano com valores em W/m².

Entrada e saída de energia	Sigla	Valor em ambiente florestado (W/m ²)	Valor em ambiente urbano (W/m ²)
Entrada			
Energia Solar	QI	317	317
Radiação Infravermelha (entrada de energia de ondas longas)	QL _{in}	246	246
Calor Antropogênico	QF	0	21
Saídas			
Energia Refletida	QR	79	17
Saída de Infravermelho	QL _{out}	354	426
Perda térmica latente	QE	83	42
Perda térmica sensível	QH	33	42
Armazenamento	QS	12	54

Fonte: Shepherd (2005) citado por Adler e Tanner (2015).

O ambiente urbano é densamente construído fruto das diversas formas de uso onde se priorizam materiais opacos como concreto, asfalto, grande

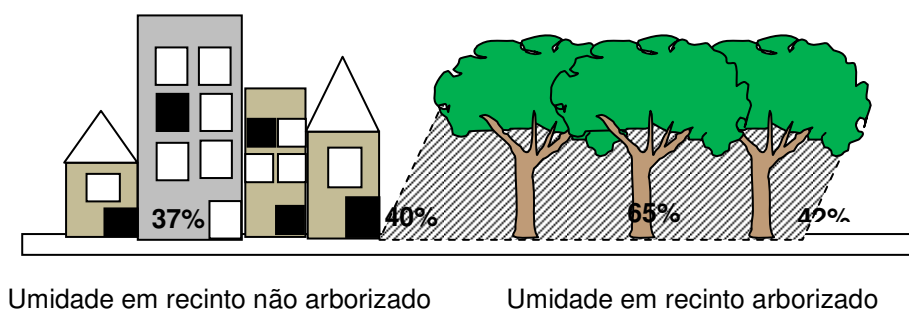
concentração de edifícios com fachadas espelhadas somadas à grande emissão de gases automotivos, de refrigeradores de ar e industriais, que interagindo com a luz solar, alteram os padrões climáticos locais produzindo calor antropogênico. Por outro lado, em lugares com grande intensidade de vegetação, as temperaturas se apresentam mais agradáveis, ou seja, em um mesmo espaço urbano, uma área com arborização e outra área desprovida de vegetação relativamente próxima, pode haver temperaturas diferentes.

1.2.1.2. Umidade

A vegetação na paisagem urbana é importante também por representar uma fonte de umidade. Por meio da evapotranspiração, libera para a atmosfera grande quantidade de umidade como também é responsável pela umidificação do ambiente.

Segundo Mascaró e Mascaró (2009) a umidade relativa do ar sob a vegetação é maior que nos espaços sem ela, gira em torno de 3% a 10%. Com medições *in loco* em dois recintos arborizados Mascaró e Mascaró (2002) constataram que a umidade manteve a média de 65% enquanto em um recinto caracterizado pela falta de arborização a umidade manteve-se na faixa de 25% a 50%. Assim, os recintos dotados de arborização são mais favoráveis a uma ambiência mais agradável (Figura 07).

Figura 07 - Variação de umidade entre ambientes arborizados e não arborizados.



Fonte: Mascaró e Mascaró (2002; 2009)

Essa diferenciação de umidade em recintos arborizados e não arborizados é porque a umidade relativa do ar depende tanto do vapor d'água quanto da temperatura do ar, pois a falta de arborização no ambiente urbano leva à redução da evapotranspiração elevando a temperatura intraurbana. Tais variações podem

alterar a umidade relativa durante o dia em decorrência do aumento de temperatura acima do ponto de orvalho, pois existe uma relação inversamente proporcional onde à medida que a temperatura aumenta a umidade diminui e quando a temperatura diminui a umidade aumenta.

1.2.1.3. Redução da poluição urbana

As árvores no ambiente urbano têm considerável potencial de remoção de partículas e gases poluentes da atmosfera. No entanto, a capacidade de retenção ou tolerância a poluentes varia entre espécies e mesmo entre indivíduos vegetais da mesma espécie. Algumas árvores têm a capacidade de filtrar compostos químicos poluentes, como o dióxido de enxofre (SO_2) já outras conseguem remover partículas de sujeiras fuligem. Mesmo considerando-se que as árvores podem agir com eficiência para minimizar os efeitos da poluição do ar, isso só será possível por meio da utilização de espécies tolerantes ou resistentes (NUCCI, 2008). Os danos provocados pela poluição atmosférica podem ser muito significativos, dependendo principalmente das espécies utilizadas em arborização urbana e dos índices de poluição.

É cada vez maior a concentração de poluentes nas pequenas, médias e grandes cidades, porém não há dúvida de que as principais fontes poluidoras são os automóveis. "A poluição por automóveis e congestionamentos são os maiores fatores que fazem as cidades de hoje serem um desagradável lugar para se viver." (MARCUS e DETWYLER, 1972 citado por NUCCI, 2008.) O aumento de veículos em circulação como carros, motos, caminhões, além de piorar o trânsito, faz com que a quantidade de poluentes na atmosfera também aumente.

A consequência da emissão desenfreada de poluentes na atmosfera urbana pelo intenso tráfego é a formação do "domo" de poluição que se concentra sobre as grandes cidades, principalmente nas áreas centrais. Em razão dessa grande concentração, uma série de substâncias tóxicas como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2), óxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2) materiais particulados (poeira, cinzas, fumaça, etc.) e a emissão de hidrocarbonetos tem ação mais tóxica em atmosfera contendo partículas em suspensão do que em ar puro (NUCCI, 2008; CARVALHO, 2001).

No entanto, as áreas verdes podem auxiliar no processo de redução de muitos gases poluentes presentes no ar das cidades. As plantas limpam o ar absorvendo o CO₂ pelo processo de fotossíntese neutralizando seus efeitos nocivos à população (GUZZO, 2007). A vegetação remove também impurezas como partículas de sujeiras, fuligem, fumaça, odores entre outros, por meio das folhas, galhos, controlando a poluição do ar através da oxigenação e da depuração do ar. (CARVALHO, 2001).

A eficácia do sistema de purificação só pode ser conseguida com um arranjo próprio das áreas verdes, que também vão servir para eliminar os poluentes despejados no centro das grandes cidades onde um melhor resultado seria obtido por um sistema de verde contínuo, em vias públicas, constituindo corredores de refrigeração, absorção de poluentes e ventilação. Com ruas bem arborizadas, pode-se reter até 70% da poeira em suspensão (SCHUCH, 2006).

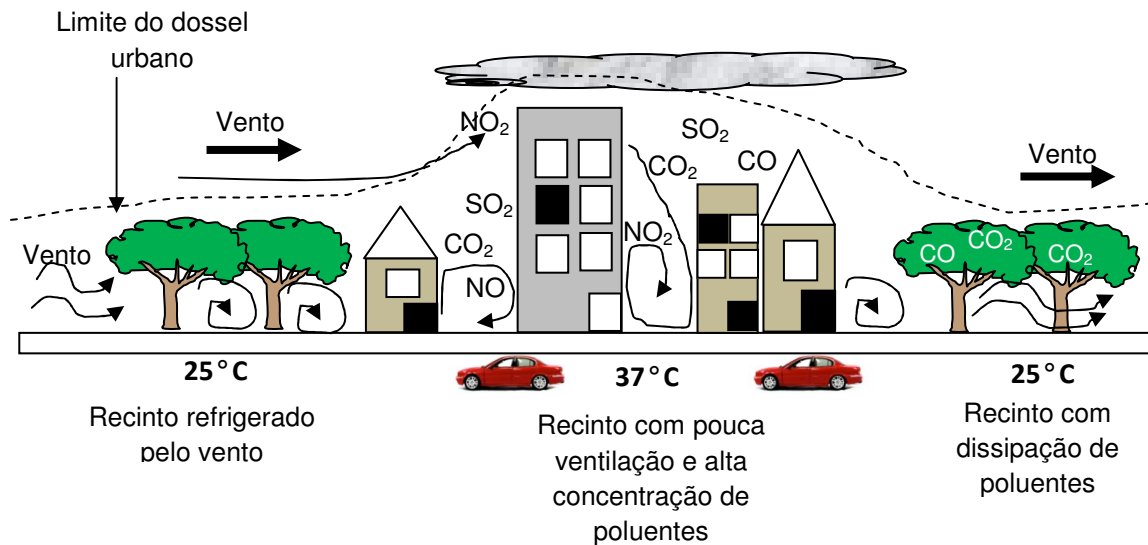
1.2.1.4. Vento

A atuação das áreas verdes com relação ao vento em ambiente urbano depende da disposição e sua extensão espacial. Para Moro (1976) a vegetação tem uma grande influência no fluxo dos ventos sobre o dossel urbano afetando diretamente a sensação térmica (Figura 08).

O vento também afeta o conforto humano e seu efeito pode ser positivo ou negativo, dependendo grandemente da presença de vegetação urbana. De forma positiva, ele proporciona o resfriamento das edificações e áreas abertas por convecção e dissipa os poluentes. A ventilação é também responsável pela renovação do ar assegurando a qualidade necessária à respiração humana.

Negativamente o vento pode apresentar efeitos indesejáveis ou insuficientes para o condicionamento térmico do ambiente como velocidade muito elevada, o que pode ocasionar danificação em edificações e transporte de materiais particulados. Já a redução da velocidade do vento pode levar à demora da dissipação de poluentes e materiais particulados em suspensão, diminuindo o processo de refrigeração do ambiente, fazendo com que em determinadas áreas desprovidas de vegetação as temperaturas se mantenham elevadas durante o dia e a noite.

Figura 08: Influência da vegetação no fluxo de vento.



Fonte: Adaptado de Mascaró e Mascaró (2009), Anjos et al (2012).

Assim, Mascaró e Mascaró consideram que:

A incidência do vento sob a arborização reduz as diferenças de temperatura e umidade relativa do ar entre as áreas sombreadas e ensolaradas sendo mais significativas em relação à umidade relativa do que a temperatura do ar. Este efeito se verifica quando a velocidade do vento no recinto urbano é maior que 1,5 m/s, sendo mais pronunciado acima de 5 m/s. (MASCARÓ e MASCARÓ, 2009 p. 68)

Portanto, um melhor resultado seria obtido por um sistema de verde contínuo, constituído de arborização de vias públicas, parques, praças, o que consiste em trazer para as cidades parte do ambiente natural com a finalidade de reduzir as temperaturas, umidificar e retirar as partículas de gases poluentes do ambiente urbano, satisfazendo as necessidades de conforto térmico da população. Assim considera-se que a cobertura vegetal é um elemento importante para prevenir ou reduzir os efeitos do clima no ambiente urbano e uma das técnicas de monitoramento tanto do verde urbano como da própria variação de temperatura pode ser o uso do sensoriamento remoto.

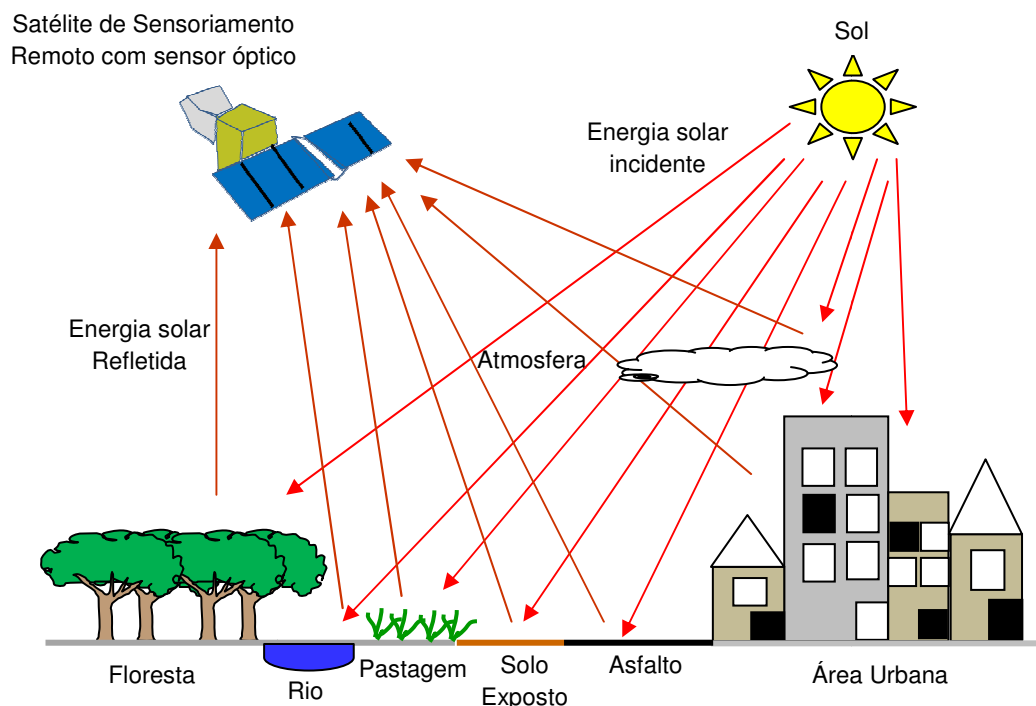
1.3. A contribuição do sensoriamento remoto na análise do clima urbano e da vegetação.

O advento do sensoriamento remoto possibilitou a obtenção de informações cada vez mais precisas e complexas que fundamentaram diversos estudos sobre recursos terrestres e dados meteorológicos (FLORENZANO, 2002).

A aquisição de informações sobre objetos da superfície terrestre ocorre a partir da detecção e mensuração de mudanças que este impõe ao campo da radiação eletromagnética gerada por fontes naturais como o sol e a terra, ou por fontes artificiais como os Radares.

Segundo Rosa (2007) e Novo (2008) o fluxo de radiação eletromagnética ao se propagar pelo espaço, pode interagir com superfícies ou objetos, sendo por este refletido, absorvido e/ou transmitido, dependendo fortemente das propriedades físico-químicas dos objetos irradiados (Figura 09).

Figura 09 - Princípio de aquisição de informação dos objetos da superfície terrestre a partir da interação com a radiação eletromagnética.



Fonte: Adaptado de Narvaes (2011), Florenzano (2002), Antunes, [20--]

Para Novo (2008) os sistemas de sensoriamento remoto disponíveis atualmente fornecem dados da superfície da terra os quais são de grande utilidade

para diversas aplicações como para estudos urbanos, agrícolas, florestais, climática e muitos outros.

Um bom exemplo do uso do sensoriamento remoto para estudos do clima foi o desenvolvimento de alguns satélites para levantamento de dados meteorológicos tendo em vista que o tempo afeta diariamente os sistemas sociais como transporte, telecomunicações etc.

Na busca de previsões mais precisas, grandes investimentos foram feitos para o desenvolvimento de monitoramento em tempo quase real de frentes meteorológicas, temperaturas, precipitações e, sobretudo para o desenvolvimento de sistemas de alerta de tempestades e condições meteorológicas adversas (JENSEN, 2009).

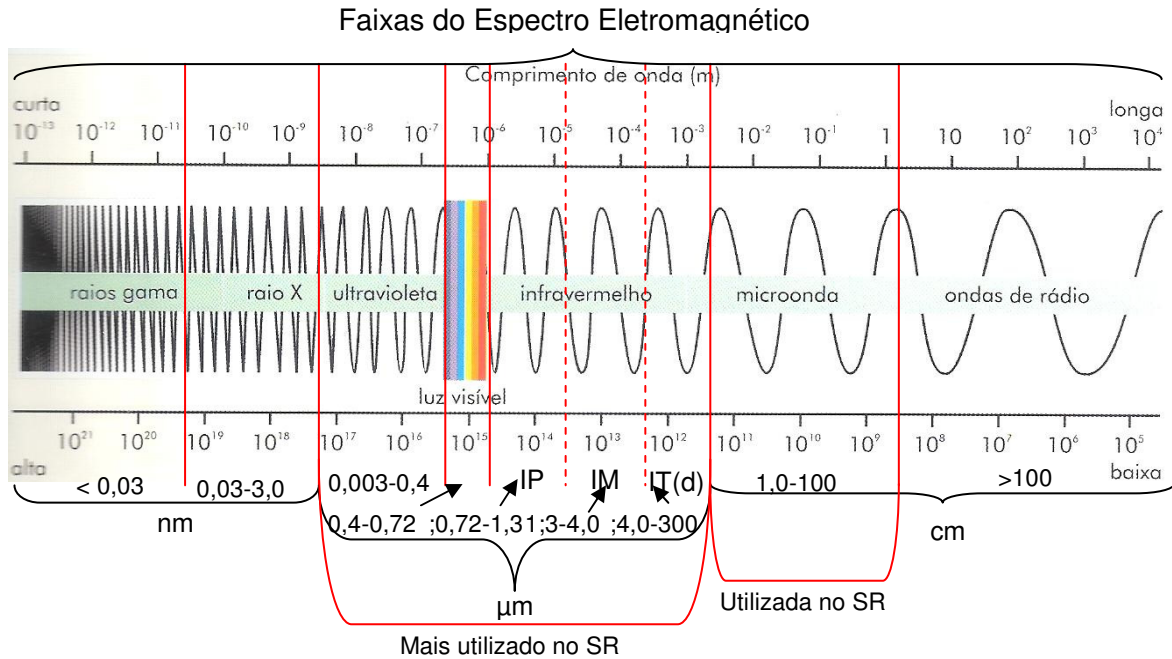
Para esta tarefa foram desenvolvidos sofisticados sistemas de sensoriamento remoto, dentre os quais destacam-se: o NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) que através do sensor AVHRR⁵, gera observações diárias de parâmetros meteorológicos e condições ambientais na forma de dados quantitativos. Essas informações são base para estudo e monitoramento de queimadas e variabilidades bioclimáticas, acompanhamento das condições de crescimento da vegetação, previsão do tempo, zoneamento agroclimático, estudo do comportamento térmico de paisagens; o satélite GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*) que tem como finalidade fazer a previsão do tempo; os sistemas METEOSAT (*Meteorological Satellite*) e INSAT (*Índia Meteorological Satellite*) que foram desenvolvidos para a produção de dados primários relacionados à previsão do tempo (LIU, 2006).

Outros grupos de satélites desenvolvidos para o levantamento de recursos naturais terrestres como LANDSAT (Estados Unidos), SPOT (França), CBERS (Brasil/China), IKONOS e QUICK BIRD (Estados Unidos), estes dois últimos são imaginadores de alta resolução espacial⁶, entre outros assim como os meteorológicos carregam um sistema de sensores imageadores que obtém imagens da superfície da terra a partir do espectro eletromagnético do comprimento de onda na região do visível e infravermelho próximo, médio e termal (Figura 10).

⁵ Advanced Very High Resolution Radiometer.

⁶ A resolução espacial corresponde à área do terreno representada por um pixel na imagem. O tamanho do pixel está diretamente relacionado à informação contida na imagem, quanto menor o pixel mais detalhes podem ser extraídos da imagem, logo melhor a resolução (ANTUNES [20--])

Figura 10: Comprimento de onda do espectro eletromagnético.



Fonte: Adaptado de Florenzano, (2002).

Os sensores são dispositivos capazes de responder a radiação eletromagnética em determinada faixa do espectro eletromagnético (Tabela 02). Esses registros ocorrem por meio de bandas e cada banda registra um comprimento de onda do espectro eletromagnético. De acordo com a intensidade de cada material que interage com a radiação eletromagnética, seja um solo, um tipo de rocha ou uma vegetação, haverá uma assinatura espectral que explicará como cada um desses objetos irá aparecer na imagem (MENESES, 2001), forma adequada para ser interpretada a interação entre energia e objeto.

Tabela 02 - Principais regiões ou intervalo do espectro usado em sensoriamento remoto.

(continua)

Nome	Intervalo espectral (micrometros μm)	Fonte de radiação	Propriedade medida
Visível	0,4 – 0,7	Sol	Reflectância
Infravermelho próximo	0,7 – 1,1	Sol	Reflectância
Infravermelho de ondas curtas	1,1 – 1,35	Sol	Reflectância
	1,4 – 1,8		
	2,0 – 2,5		
Infravermelho médio	3,0 – 4,0	Sol corpos terrestres com altas temperaturas (incêndio)	Reflectância Temperatura
	4,5 – 5,0		
Infravermelho termal	8,0 – 9,5	Terra	Temperatura
	10 - 14		

Microondas, radar	1 mm – 1m	Terra (passivo) Artificial (ativo)	Temperatura (passivo) Rugosidade dos alvos (ativo)
-------------------	-----------	---------------------------------------	---

Fonte: Meneses (2001)

Pensando exclusivamente pela importância dos estudos do clima urbano e da cobertura vegetal os comprimentos de onda do visível e infravermelho do espectro eletromagnético são os mais utilizados.

1.3.1. A superfície urbana e sua interação com a radiação do infravermelho do espectro eletromagnético.

De acordo com Jensen (2009), as paisagens urbanas são compostas por um conjunto de materiais como concreto, asfalto, metal, plástico, telhas, vidro, água, grama, vegetação, solo, entre outros dispostos de maneira bastante complexa pela sociedade. Esses atributos urbanos e periurbanos podem ser observados praticamente em qualquer banda na região do visível (verde, azul e vermelho) ou infravermelho.

Dependendo do tipo de informação que se busca abstrair podem ser usados os seguintes comprimentos de onda como recomenda Jensen.

Para a cobertura da terra segundo a categoria USGS Nível III é mais bem identificada usando-se as faixas do visível (0,4-0,7 μm ; ou V). O limite das construções, a área, as informações de altura são mais bem extraídos usando-se imagens pancromáticas perto do branco (0,5-0,7 μm) ou coloridas (0,4-0,7 μm). A porção do infravermelho termal do espectro (3-12 μm ou TIR) pode ser usada para obter medidas de temperatura da superfície urbana (DOUSSET e GOURMELON, 2003 citado por JENSEN, 2009 p. 450-451).

Usualmente os comprimentos de onda do visível são mais utilizados em sensoriamento remoto devido à possibilidade de distinguir os objetos da superfície terrestre, pela energia que emitem que variam do branco (quando refletem mais energia) ao preto (quando refletem pouca energia). Entretanto, a razão pela qual usamos instrumentos de sensoriamento para detectar a energia do infravermelho nessas regiões é porque a atmosfera permite que uma porção da energia infravermelha (*Thermal InfraRed* - TIR) seja transmitida do terreno para os sensores (SCHMUGGE et al., 2002 citado por JENSEN 2009).

O comprimento de onda do infravermelho são ondas que estão fora do alcance da visão do ser humano e por meio do sensor remoto pode-se obter um conhecimento além da percepção visual humana onde a banda termal pode permitir medir espacialmente e de forma contínua a temperatura da superfície urbana, sendo muito útil para o calor urbano e efeitos de ilhas de calor (YANG, 2011).

P. K. Rao (1972, citado por WENG 2009) foi o primeiro a avaliar a possibilidade de detecção de temperatura em áreas urbanas por meio de dados na faixa do infravermelho termal. Desde então, uma ampla gama de sensores TIR tem sido empregados para estudar a termodinâmica das cidades.

Segundo Voogt e Oke (2003) a banda termal do sensoriamento remoto vem sendo usada em estudos de clima urbano para avaliar a ilha de calor através do tempo, classificação de cobertura da terra e troca de energia entre superfície urbana e atmosfera. Entretanto, segundo os autores o uso do sensoriamento remoto termal no estudo de climas urbanos, concentra-se principalmente sobre o efeito de ilha de calor urbana.

Para Barbosa e Vecchia (2006), a utilização de dados de sensoriamento remoto captados na região do infravermelho termal permite a realização de estudos da característica térmica das diferentes tipologias de cobertura do solo pelo fornecimento de informações relativas à temperatura aparente da superfície (Land Surface Temperature – LST).

O incremento nos valores de temperatura deve-se às condições particulares do meio ambiente urbano, seja por sua rugosidade, ocupação do solo, orientação, permeabilidade ou pelas propriedades físicas dos materiais constituintes, entre outros fatores (OKE, 1987).

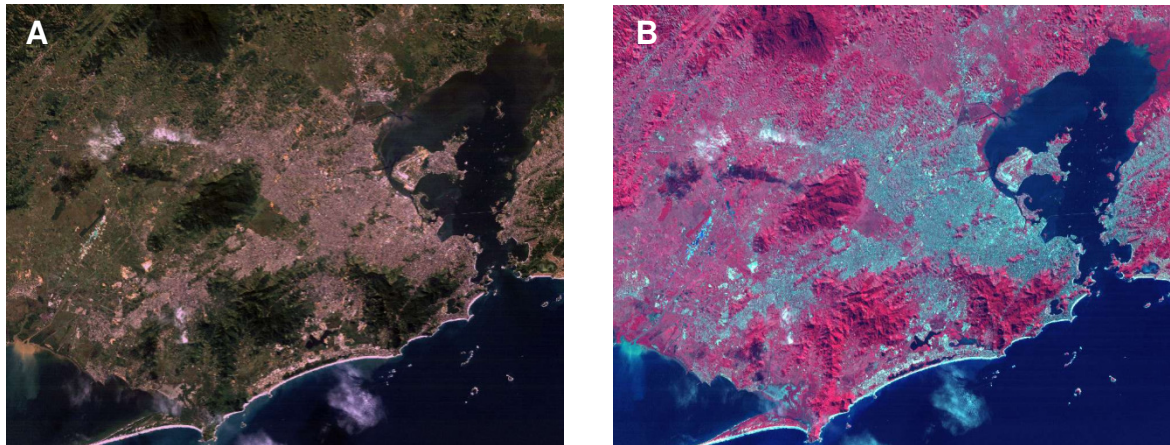
Informações de temperatura da superfície de distintos materiais urbanos como o concreto, o asfalto e o telhado, apresentam alta refletância na banda termal (Figura 11), por serem alvos com característica físico-químicos diversificados constituindo uma assinatura espectral de acordo com a energia incidente.

Assinatura espectral é a medida da refletância do alvo no espectro eletromagnético, sendo, portanto, a evidência da identidade de um objeto, deduzida das medidas radiométricas (ROSA, 2007)

O concreto e o asfalto, materiais que compõem grande parte das áreas edificadas pelo homem em ambientes urbanos, apresentam uma complexa mistura

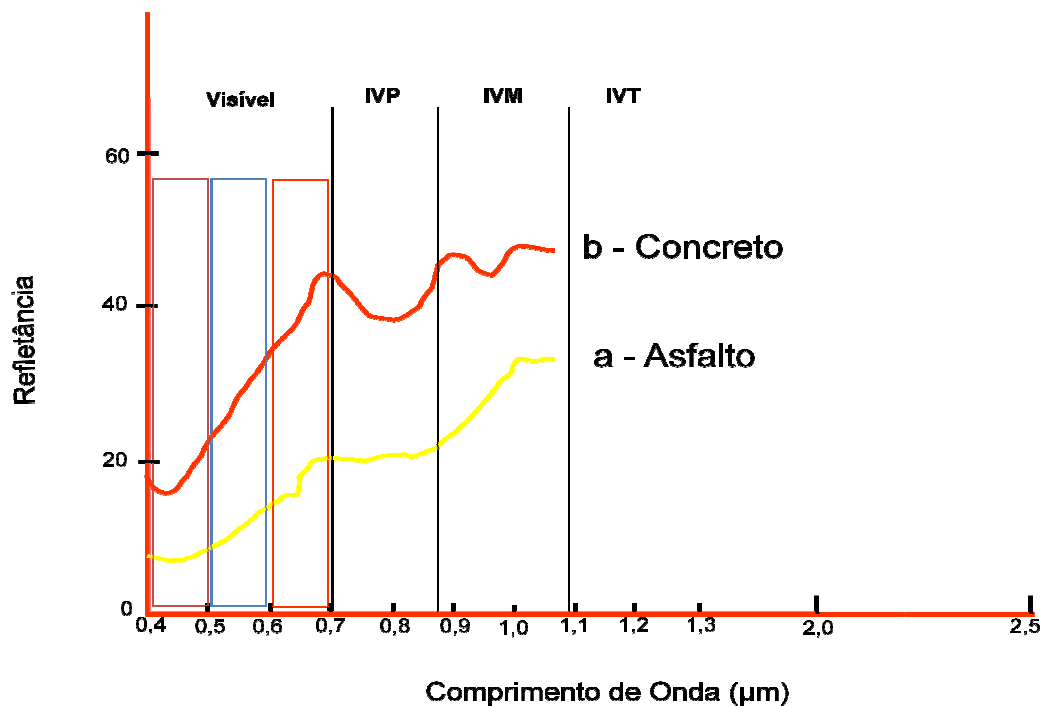
de diferentes elementos com propriedades químicas e físicas diferentes, logo toda a energia incidente é refletida ou absorvida, a qual, na região do visível até $0,6 \mu\text{m}$ a refletância é baixa; no infravermelho varia entre $0,6$ a $1,3 \mu\text{m}$, a tendência da curva é crescente por apresentar alta refletância (Figura 12).

Figura 11 - Representação de uma imagem de satélite de área urbana (região metropolitana do Rio de Janeiro) no espectro do visível (A) e no espectro termal (B)



Fonte: www.ufjf.br/lga/files/2011/03/10-Caracter%C3%ADsticas-da-Imagens.pdf

Figura 12 - Assinatura espectral do concreto e do asfalto.



Fonte: Adaptado de Novo (2008) e Liu, (2006).

O exemplo dado pela assinatura espectral do concreto e asfalto demonstra a complexidade da atividade da extração de informações e a temperatura é um dos principais produtos resultantes da análise de bandas termais estimadas a partir de dados de sensoriamento remoto.

1.3.2. A vegetação e sua interação com a radiação do infravermelho do espectro eletromagnético.

Pensando exclusivamente na importância da cobertura vegetal em estudos de clima urbano, diversas pesquisas foram desenvolvidas sobre esta temática, mas nada se comparou com o advento do sensoriamento remoto que possibilitou a obtenção de informações cada vez mais precisas e complexas que fundamentaram diversos estudos sobre a cobertura vegetal em ambientes urbanos, proporcionando um estudo a respeito da organização, distribuição e localização da cobertura vegetal na superfície terrestre.

Sobre a importância do uso do sensoriamento remoto para estudos da cobertura vegetal Ponzoni (2001) já fazia a seguinte observação:

O mapeamento da distribuição geográfica da cobertura vegetal, com base em suas características fisionômicas, ecológicas e florísticas ganhou impulso considerável com o advento do sensoriamento remoto, primeiramente com o uso das fotografias aéreas e, posteriormente, com a disponibilidade de imagens orbitais que ampliaram as possibilidades de análise, no domínio espectral das propriedades e condições ambientais da cobertura vegetal. (PONZONI, 2001, p. 157)

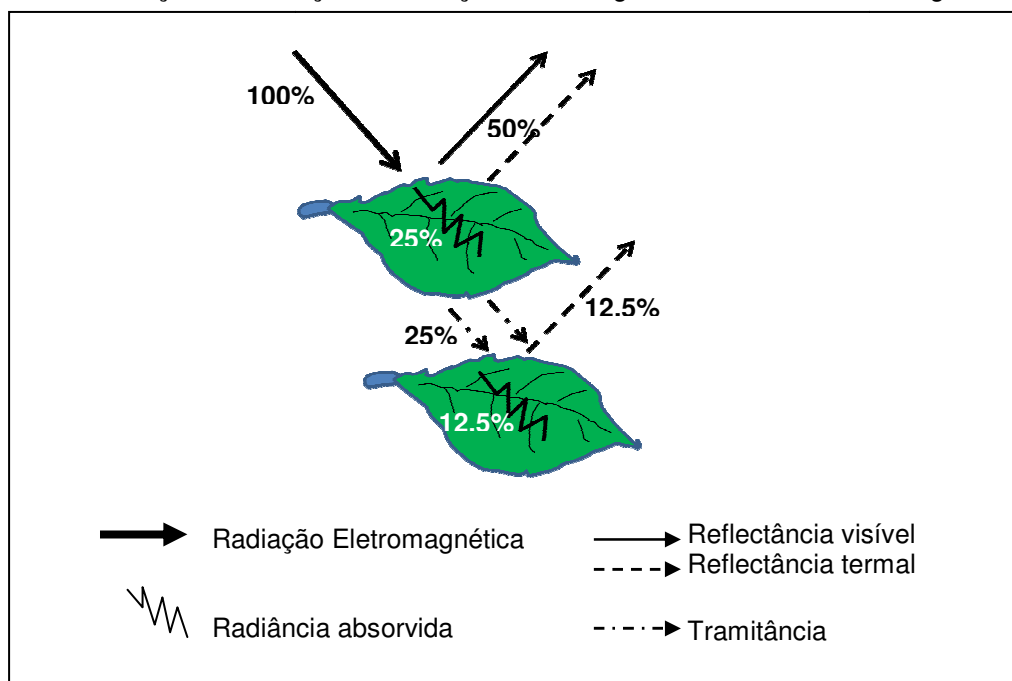
Concorda-se que com o avanço e aprimoramento tecnológico dos sensores remotos, estudos mais detalhados sobre cobertura vegetal ganharam espaço no meio acadêmico nas últimas décadas principalmente o conhecimento da interação da radiação eletromagnética com a vegetação.

Estudos de Ponzoni (2002); Ponzoni e Shimabukuro (2007); Jensen (2009) entre outros, consideram que a radiação eletromagnética ao entrar em contato com a vegetação proporciona uma interação onde o comportamento espectral da vegetação está associado aos processos de reflectância, transmitância e absorptância espectrais. Contudo a reflectância é o fenômeno mais analisado. Assim, a reação espectral dos alvos é fundamental para o conhecimento dos fatores que interferem nestas características.

Na cobertura vegetal não é diferente. De todas as partes que constituem a vegetação, a folha é o principal elemento quando se considera o processo de interação com a radiação eletromagnética.

A folha tem a função de absortância, quando a energia é capaz de aquecer ou ser absorvida pela folha; reflectância, quando a energia é redirecionada na superfície e ela não penetra a folha, também é responsável pela percepção de cores no visível pelo olho humano e na termal dos sensores; e transmitância, quando a energia atravessa a folha (Figura 13).

Figura 13 - Ilustração da interação da radiação eletromagnética com a folha dos vegetais.



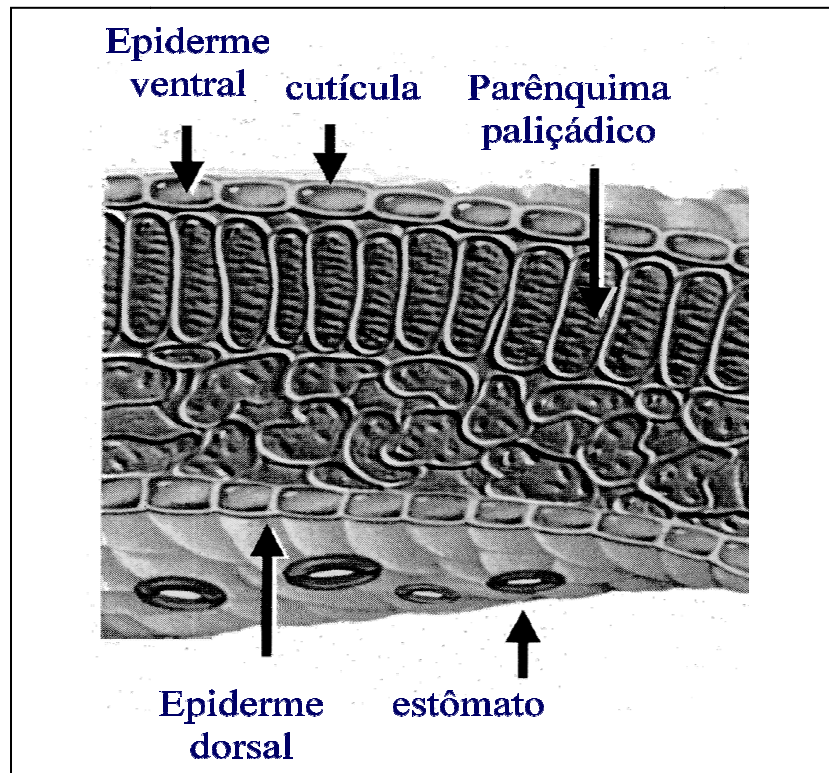
Fonte: Adaptado de Batres [199?]

A compreensão das características da interação da radiação eletromagnética que incide sobre uma folha, segundo Ponzzone (2002) só é possível se conhecermos sua composição estrutural físico-químico, principalmente o tipo e quantidade de pigmentos fotossintetizantes, e de sua morfologia interna (distribuição e quantidade de tecidos, espaços intercelulares, etc.).

Segundo o autor uma folha típica é constituída de três tecidos básicos que são: epiderme ventral e dorsal, camada de células protetoras; mesófilo fotossintético subdividido numa camada ou em camadas de células paliçádicas alongadas,

arranjadas perpendicularmente à superfície da folha, que formam o parênquima; e tecido vascular (Figura 14).

Figura 14 - Corte transversal de uma folha mostrando sua estrutura.



Fonte: Adaptado de Jensen (2009)

Cada estrutura da folha vai realizar uma função no que diz respeito à interação com a radiação eletromagnética, na qual os pigmentos foliares nas células do parênquima paliçádico têm um impacto significativo para a absorção e reflectância da luz visível (azul, verde e vermelho), enquanto que as células do mesófilo esponjoso têm o impacto significativo na absorção e na reflectância da energia infravermelha incidente (JENSEN, 2009).

As propriedades radiativas das folhas mostram uma dependência interessante com o comprimento de onda do espectro eletromagnético. As folhas não são opacas e os papéis relativos de reflexão (α), transmissão (Ψ) e de absorção (ζ), são regulados pela estrutura da folha interior; e as propriedades de irradiação estão associadas aos principais pigmentos das plantas (especialmente clorofilas e carotenóides).

Segundo Oke (1987) a estrutura celular tende a causar dispersão quase totalmente difusa. Isso resulta em partes quase iguais de radiação refletida e

transmitida através da folha. Isso explica o porquê a curva da reflexão e de transmissão são semelhantes na forma. Oke (op cit) explica que:

Os pigmentos são absorventes particularmente eficazes no azul (0,40 - 0,51 μm) e vermelho (0,61 - 0,70 μm) bandas da parte visível do espectro eletromagnético, e estão no cerne do processo fotossintético. A banda de frequências entre 0,40 μm e 0,70 μm é, portanto, designada como radiação fotossinteticamente ativa (photosynthetically active radiation - PAR).

Dentro desta gama, há um pequeno pico relativo de reflexão e de transmissão entre 0,5 e 0,55 μm . Uma vez que este se encontra na porção do verde visível que explica a cor da maioria da vegetação como percebido pelo olho humano. Em 0,7 μm a absorção diminui acentuadamente e, posteriormente, aumenta gradualmente até cerca de 2,5 μm , para além do qual a absorção é quase total.

Portanto, na região de onda longa as folhas absorvem quase toda a radiação incidente e não permitem a transmissão. O agente absorvente primário nestes comprimentos de onda é a água da planta. Nesta região as folhas são classificadas como quase que perfeitamente completo radiadores (ou seja, 0,94 – 0,99 μm). Portanto, de acordo com a Lei de Kirchhoff, também são muito eficientes emissores de radiação de ondas longas. (OKE, 1987, p. 118, tradução nossa).

Assim, o comportamento espectral demonstra que, na região do visível (0,3 – 0,7 μm), a maior parte da radiação eletromagnética é absorvida, a transmitância é muito baixa e a reflectância de uma folha na região do visível é denominada pela presença de pigmentos, absorvendo os comprimentos de onda de 0,45 e 0,65 μm , associada à cor azul e vermelha, utilizada na produção da clorofila. A reflectância é de 0,45 e 0,65 μm na cor verde.

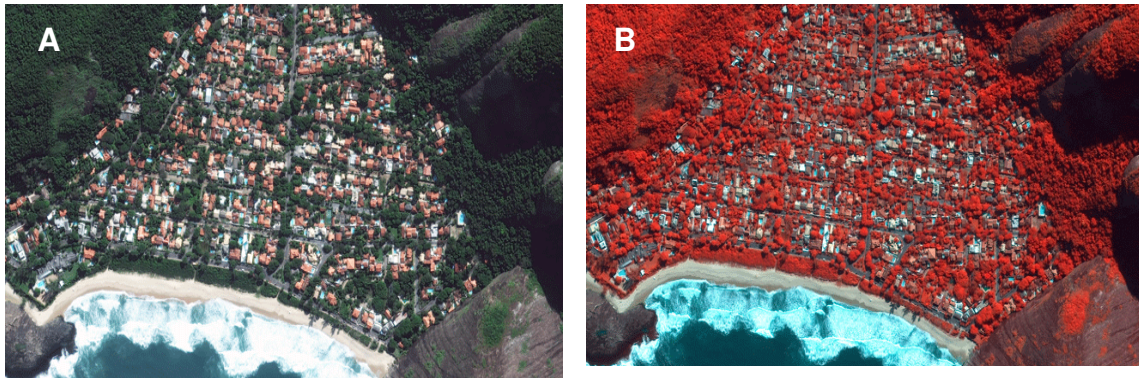
Na região do infravermelho próximo a reflectância é alta e a absorção é muito baixa. A energia incidente é refletida ou transmitida em proporções quase iguais e este processo está associado à estrutura interna da folha que controla a reflectância nesta região, por isso a análise da energia refletida na região do infravermelho próximo. Já no infravermelho médio a reflectância é dominada pela presença de água no vegetal.

A vegetação reflete o infravermelho porque a radiação de calor é muito alta e este comprimento de onda não é útil para a fotossíntese, portanto, a sua rejeição é útil para compensar a carga de calor na folha. A alta emissividade em comprimentos de onda mais longa também ajuda a folha a lançar calor para o ambiente e manter as temperaturas das folhas moderada (OKE, 1987).

Portanto, em uma imagem orbital, na região do visível, a vegetação aparece em tons de verde observada pelo olho humano e na região do infravermelho termal, a vegetação aparece em tonalidade de vermelho não perceptível pelo olho humano

(Figura 15). Essas características de tonalidade estão intimamente relacionadas a fatores de composição físico-químico da estrutura foliar do vegetal como já fora descrito.

Figura 15 - Representação de uma imagem de satélite da cobertura vegetal no espectro do visível (A) e no espectro do infravermelho termal (B)

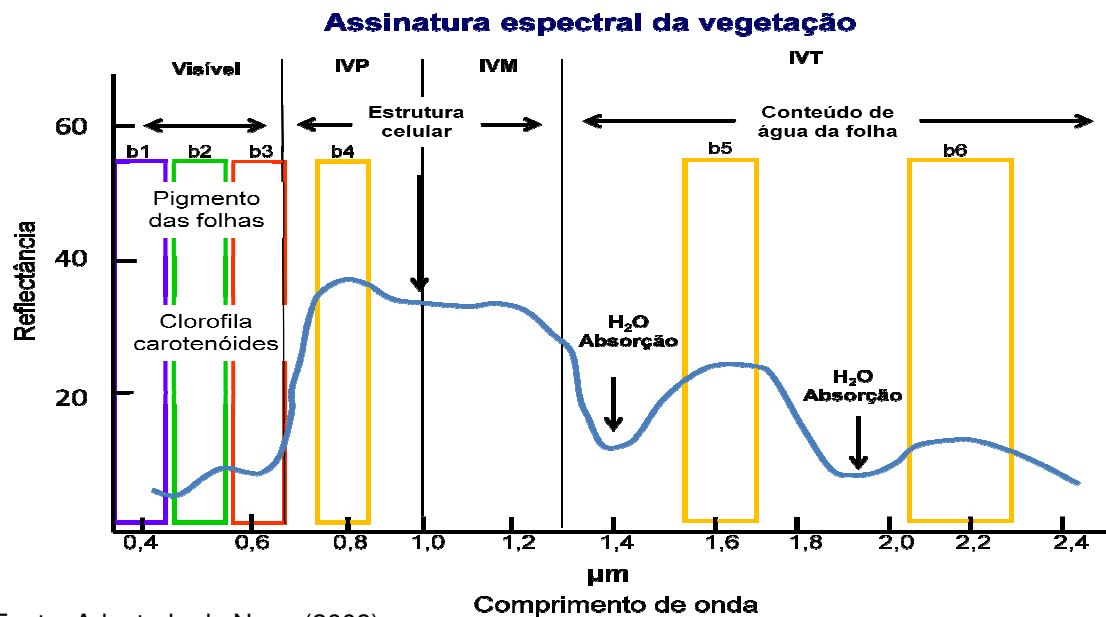


Fonte: <http://www.novaterrageo.com.br/imagens-de-satelite-worldview-2>

O aspecto de reflectância, transmitância e absorptância da vegetação pode ser também representado através da assinatura espectral considerado como uma técnica que tem a função de medir em diferentes comprimentos de onda a energia eletromagnética refletida da superfície dos objetos e representá-la na forma de gráfico. A curva de reflectância espectral da vegetação permite avaliar algumas características da sua natureza, tais como composição, constituição, arranjo dos seus componentes (MENESES, 2001).

A tendência da curva da assinatura espectral da vegetação saudável é crescente por apresentar baixa reflectância na região do azul e vermelho e absorver na região do verde assim como há um aumento da reflectância marcante na região do infravermelho termal (Figura 16).

Figura 16 - Representação da curva de reflectância espectral da vegetação.



Fonte: Adaptado de Novo (2008).

Dentro do contexto da urbanização, o estudo da vegetação mediante a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto inclui diferentes abordagens que se estendem desde o monitoramento da vegetação até o inventário da arborização por desempenhar um papel importante na moderna gestão de dados espacial urbana. A importância desses estudos está associada a muitos benefícios e aplicações que essa fonte de informação de dados pode detalhar, como o monitoramento de funções que o verde urbano apresenta, por exemplo, função climática, amortecedora de ruídos e poluição.

Em comparação com estudos sobre a detecção de vegetação caracterizada principalmente com predominância em áreas puramente florestais, vale ressaltar que muito se vem utilizando o sensoriamento remoto para estudos de vegetação em áreas urbanas, já que ele apresenta uma alta complexidade estrutural com uma infinidade de objetos diferentes, como prédios, torres de transmissão de energia, residências, telhados, concreto, asfalto, com a vegetação intercalada.

Para Höfle (2010) novas abordagens para a detecção de objetos urbanos em especial a vegetação podem ser identificadas e, a partir de então, mapeá-las utilizando técnicas de sensoriamento remoto como método baseado em imagens orbitais ou até mesmo incluindo Ortofotos. Para o autor, a técnica ajuda a identificar árvores isoladas ou agrupadas no meio urbano, bem como na definição de formas, padrões pelo espectro do visível e a termoclimática pelo espectro termal.

Portanto, o sensoriamento remoto vem sendo considerado uma técnica que pode ter a função de agregar uma análise climática e ambiental da cobertura vegetal em ambiente urbano. Proporciona também um levantamento minucioso de separação da arborização dos demais equipamentos urbanos assim como promove análises e estudos de propriedade termal dos solos e mapeamento da temperatura de superfície urbana. Contudo, pode ser utilizada, inclusive, para estudos de ilhas de calor em ambiente urbano, pois se percebe que a arborização urbana, tanto em termos quantitativos como qualitativos, representa um importante indicador na mensuração da qualidade ambiental e da vida urbana.

CAPÍTULO 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.

A metodologia adotada neste trabalho de pesquisa está estruturada nas seguintes etapas:

2.1. Pesquisa bibliográfica sobre o tema.

O presente estudo buscou utilizar um referencial teórico-metodológico que concatenasse a cobertura vegetal e o clima urbano. Para tanto, tomamos como base a Teoria do Sistema Clima Urbano (SCU) elaborado por Monteiro (1976) que apresenta ampla discussão do clima urbano com caráter geográfico. Em seus estudos Monteiro demonstra a necessidade de integração entre os elementos naturais do meio urbano e a sociedade através de suas intervenções e meios de produção do espaço.

Para Monteiro (1976) a cidade modifica o clima por meio de alterações em superfície, produzindo aumento de calor, alterações na ventilação, na umidade e até nas precipitações. Devido a essas modificações nos elementos do clima a vegetação deve ser encarada como elemento fundamental nas cidades dos ambientes tropicais e equatoriais, onde as altas temperaturas são frequentes e a vegetação desempenha papel importante na interação com os elementos do clima urbano e pela riqueza das combinações dos seus atributos na qualidade do ambiente urbano.

Justaposta a essa discussão foi feita revisão de literatura, dando enfoque à temática de clima urbano e arborização urbana, utilizando autores da literatura estrangeira (CHANDLER, 1976; LANDSBERG, 1981; OKE, 1987), brasileira (MONTEIRO, 1976; LOMBARDO, 1985; NUCCI & CAVALHEIRO, 1999); e autores regionais (NASCIMENTO 1995, AIROZA, 2008), só para citar alguns.

2.2. Levantamento de base cartográfica.

Para a elaboração dos mapas temáticos de cobertura vegetal e de temperatura da área de estudo, foi realizado levantamento da base cartográfica e produtos de sensoriamento remoto.

Primeiramente fiz-se o levantamento da folha MI -384-2, MI- 383-3 (Belém) que recobre a área de estudo em formato analógico e posteriormente adquirida no formato digital, na escala de 1:10.000, cedidos pela Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM). A carta serviu para delimitar a área de estudo e selecionar os principais pontos onde seriam instaladas as miniestações de medição climática.

Também realizou-se um levantamento, e posteriormente, o uso de fotografias Aéreas, de imagens de satélites do Landsat 5 e 8 e do IKONOS.

Para o mapeamento da Cobertura Vegetal utilizou-se as fotografias aéreas dos anos de 1977, 1998 (cedida pela CODEM) e 2013 com resolução de 40 cm e imagem de Satélite IKONOS, 2006 com resolução de 1 metro (cedidas pelo Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM). A utilização das fotografias como da imagem de satélite permitiram mapear com precisão a cobertura vegetal, gerando uma série histórica de perda da cobertura vegetal urbana de Belém para a Primeira Léguas Patrimonial.

Foram utilizadas, para a elaboração de uma série de carta imagens de temperaturas intraurbanas (temperatura dos alvos) da superfície da área de estudo, apenas imagens do canal do infravermelho termal que correspondem a banda 6 das imagens do satélite Landsat-5 (ano 1987, 1990, 1995, 2000 e 2006) e a banda 10 do satélite Landsat-8 (ano 2013). Isso com a finalidade de se observar a variação de temperatura a partir do corte temporal de 1986 a 2013.

2.3. Mapeamento do Índice de Cobertura Vegetal e uso da terra da Primeira Léguas.

- Mapeamento da cobertura vegetal urbana: O mapeamento da cobertura vegetal em áreas urbanas foi baseado nos trabalhos clássicos de JIM (1989), NUCCI & CAVALHEIRO (1999) e LUCHIARI (2001), que quantificam a vegetação em km², m² ou porcentagem, com base na configuração espacial através de produtos de sensoriamento remoto aerotransportado (aviões) e orbital (satélites). Como produtos de sensoriamento remoto em base orbital, utilizou-se as fotografias aéreas e imagem IKONOS de alta resolução, que permitiu realizar o mapeamento com até um metro de resolução. O tratamento das fotografias aéreas e a imagem de satélite, a

quantificação dos índices de vegetação e layout final foram realizados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) Integrated Land and Water Information System – ILWIS 3.2.

- Índice da Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas – (ICV): O ICV foi mensurado com base na quantificação da área coberta por vegetação de porte arbóreo e arbustivo que são árvores de médio e grande porte, que promovem a geração de sombra por meio de suas copas e por serem visíveis a olho nu. Não foi mapeada a vegetação herbácea.

Os estratos arbóreos e arbustivos foram extraídos das fotografias aéreas (1977, 1998 e 2013) e imagem de satélite IKONOS (2006) através de processo de digitalização de cada indivíduo. Por meio deste procedimento, automaticamente o programa gerou um histograma com a área de vegetação calculada em m². Gerada essa informação, ela foi passada para uma planilha Excel, com a qual foi convertida em valores de m² e em porcentagem (%), para uma melhor análise da quantificação da Cobertura Vegetal, gerando assim mapas e dados estatísticos.

- Índice de Cobertura Vegetal por Habitante – (ICV/Hab): De posse do valor da Cobertura Vegetal em m², realizou-se então ICV/Hab, que é um cálculo aritmético de divisão entre o ICV e o total de habitantes da área em estudo. O total de habitantes está disponível pelo censo do IBGE de 2010. Portanto o ICV/Hab foi calculado apenas para o ano de 2013, no qual foi dividido o ICV de 2013 pelo total de habitante da Primeira Légua Patrimonial, dos Distritos e dos bairros do censo de 2010, a partir da seguinte equação (Equação 01)

Equação 01 - Formula aritmética para calcular o ICV/Hab.

$$\text{ICV/Hab m}^2 = \frac{\text{ICVm}^2}{\text{N}^{\circ}\text{THab}}$$

ICV/Hab m² – Índice de Cobertura Vegetal por Habitante em m²

ICV - Índice de Cobertura Vegetal (Primeira Légua Patrimonial; Distritos; Bairros)

N^oTHab – Número Total de Habitantes (Primeira Légua Patrimonial; Distritos; Bairros)

Este procedimento foi aplicado para calcular o ICV/Hab da Primeira Légua Patrimonial, para os distritos DABEL, DAGUA e DASAC e para os 20 bairros que formam a Primeira Légua ficando de fora apenas a área que corresponde os limites da UFPA.

- **Mapas de Uso da terra:** A identificação dos diferentes tipos de uso da terra foi realizada com base na metodologia de Pivetta et al. (2005), e Godoy e Soares Filho (2007) que propõem uma classificação do uso da terra e do recobrimento do solo com dados de sensoriamento remoto, adotando as seguintes classes, Usos *Vertical e Horizontal*; *ruas pavimentadas e não pavimentadas*; *espaços livres*; *corpos hídricos*; *solo exposto e lotes vagos*. As Classes adotadas contribuem para uma análise da densidade urbana por meio da análise qualitativa tais como: predominância e áreas de ocorrências; e quantitativa, a partir de análise estatística, caracterizando relações de proporcionalidade entre os conteúdos dos lugares ou os conjuntos espaciais classificados.

Outros elementos da paisagem da cidade de Belém cartografados foram a hipsometria e a geomorfologia. Juntamente com o mapa de cobertura vegetal e uso do solo foi possível analisar as características geoambientais e os aspectos antrópicos, que ajudaram a definir os pontos de coleta por meio das miniestações meteorológicas.

2.4. Obtenção da temperatura aparente da superfície da Primeira Léguas Patrimonial de Belém.

Com a necessidade de se levantar a temperatura do ar da Primeira Léguas Patrimonial da cidade de Belém, buscou-se então realizá-la de três maneiras: a primeira ocorreu por meio do sensoriamento remoto, utilizando bandas termais para se verificar a temperatura dos alvos; a segunda foi pela utilização de miniestações meteorológicas, instaladas em bairros estratégicos na área central da Léguas; e a terceira foi por meio da realização de transectos dentro dos Limites da Primeira Léguas.

- Uso de imagens de satélites na elaboração de carta imagens termais:

As cartas imagens de temperatura da superfície da Primeira Léguas da cidade de Belém foram obtidas por meio de sensoriamento remoto, com a utilização das bandas 6 termal do sensor Thematic Mapper (TM), resolução espacial de 120m, da série de satélites Landsat 5 e banda 10 no Landsat 8 com resolução espacial de 100m, mas tratada e disponibilizada com 30m.

Os procedimentos para a obtenção das temperaturas em grau Celsius (°C), a partir das imagens termais, foram realizados no software IDRISI versão Taiga, com a

utilização de parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin e finalmente para graus Celsius. Esse procedimento de conversão dos níveis de cinza para radiância ocorre com a utilização da seguinte equação 2 como demonstra Lima e Amorim (2011) executada no programa IDRISI⁷:

Equação 02 – Formula aritmética para obter conversão dos níveis de cinza para radiância no programa IDRISI.

$$L_{\lambda} = ((l_{\max \lambda} - \lambda_{\min}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCALMIN - QCAL) + L_{\min \lambda}$$

L_{λ} - Radiância espectral em sensor de abertura de em Watts

QCAL - Valor quantizado calibrado pixel em DN

$L_{\min \lambda}$ - Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em Watts = 0.000

$L_{\max \lambda}$ - Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX = 15.303-L5 / 22.001-L8

QCALMIN - O mínimo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{\min \lambda}$), em DN = 1

QCALMAX - Máximo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{\max \lambda}$) no DN = 255

Após a conversão dos níveis de cinza em radiância⁸, foi aplicada a equação de conversão dos valores em temperatura Kelvin (Equação 3):

Equação 3 - Formula aritmética para obter conversão da radiância para temperatura Kelvin no programa IDRISI.

$$T = \frac{K2}{\ln \left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1 \right)}$$

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin;

K2 = Constante de calibração 2, (1.260,56 – L5 / 1.321,08 - L8)

K1 = Constante de calibração de 1, (607,76 - L5 / 774,89 - L8)

L = Radiância espectral, em Watts

⁷ Os valores utilizados nas equações 2 ($L_{\min \lambda}$, $L_{\max \lambda}$, QCALMIN, QCALMAX) e 3 (K1, K2) são disponibilizados pelo arquivo metadados de cada imagem Landsat que podem se alterar em função do tipo de sensor.

⁸ O Cálculo de radiância espectral é o passo fundamental na conversão de dados de imagem de vários sensores em uma escala radiométrica comum fisicamente significativa (CHANDER et al. 2009).

Para a geração da grade de temperatura da superfície em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), os valores de temperatura Kelvin gerados a partir da equação 3, foram subtraídos do valor 273,15. Valor utilizado na conversão de temperatura de Kelvin para Celsius.

Elaborada a carta imagem grau Celsius ($^{\circ}\text{C}$), o último passo foi gerar imagem de diferença de temperatura dos alvos que consistiu em subtrair a menor temperatura registrada na imagem pela própria imagem.

- **A coleta de dados climáticos:** A coleta de dados climáticos foi feita primeiramente a partir das Estações Meteorológicas oficiais de monitoramento do clima regional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Estação Automática do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), localizada no Aeroporto Internacional de Belém e na Estação Meteorológica da Universidade Federal do Pará (UFPA). Estação essa instalada no próprio Campus no Instituto de Geociências (IG). As informações das duas primeiras estações estão disponíveis na internet e os dados da UFPA, foram adquiridos através de planilhas de boletins mensais cedidas pela Faculdade de Meteorologia.

O Segundo procedimento de coleta de dados foi levantado por meio de miniestações fixas instaladas nos bairros da Campina, Condor e Nazaré, consideradas áreas estratégicas da área central. Definiu-se como miniestação por agrupar apenas três instrumentos de aquisição de dados meteorológicos: um sensor que registra a temperatura e umidade, um sensor pluviométrico e um anemômetro registrando velocidade e direção do vento. Ao todo foram instaladas três miniestações que monitoraram e fizeram registros diários de temperatura, umidade, precipitação, velocidade e direção do vento de junho de 2015 a julho de 2016.

Para uma melhor sistematização e análise dos dados coletados, utilizou-se apenas dados dos meses de julho de 2015 a janeiro de 2016 (mencionados acima), considerados os períodos menos chuvosos, quando as temperaturas são mais rigorosas.

Os dados eram coletados semanalmente. Foram descarregados em formato data base e posteriormente convertidos para planilhas do Excel.

Paralelamente a essas coletas diárias também foi realizado levantamento da temperatura do ar por meio de uso de transecto. Este procedimento foi desenvolvido com base em Amorim (2005) utilizando-se de termômetro digital, com um sensor preso em haste de madeira com 1,5m de comprimento, acoplado na lateral de um

veículo da UFPA que saiu da periferia da Primeira Léguas, passando pelo centro, chegando ao extremo oposto da cidade com velocidade média entre 30 a 40 km/h.

Foram realizadas duas medições, a primeira no dia 20 de agosto de 2015 no período noturno entre 20:00h e 20:45h, horário que as temperaturas não experimentam mudanças rápidas, justamente pela diferença de tempo entre a primeira medida (Leste-Oeste) e a segunda medida (Sul-Norte), segundo Amorim (op. cit.).

O segundo transecto foi realizado no dia 02 setembro de 2016, obedecendo ao mesmo percurso do primeiro (leste-oeste e sul-norte), mas, agora, no horário diurno das 15:00h as 16:00h, também com duração de uma hora.

Os transectos geraram pontos de temperatura que foram interpolados em ambiente SIG/ArcGis, originando os mapas de temperatura do ar da Primeira Léguas revelando a variação de temperatura em horários diferentes tanto noturno como diurno.

2.5 - Trabalho de campo e escritório.

Foram também realizados vários trabalhos de campo com a finalidade de fazer observações descrições, levantamento de informações e dados climáticos dos instrumentos meteorológicos, descrições e registros fotográficos in loco dos diversos ambientes arborizados e não arborizados, configuração espacial e tipologias dos componentes antrópicos e uso do solo. A produção de dados climáticos e cartográficos foram elaborados e tratados nos Laboratórios de Geocartografia, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente e no Laboratório de Análise e da Informação Geográfica (LAIG/UFPA). A sistematização dos dados, por meio de tabelas, gráficos, ilustrações e a elaboração textual, foram realizados em trabalho de escritório e espaços disponíveis na UNESP e UFPA.

CAPÍTULO 3. DA PERDA DA VEGETAÇÃO ORIGINAL À IMPLANTAÇÃO DA VEGETAÇÃO URBANA NA PRIMEIRA LÉGUA PATRIMONIAL DA CIDADE DE BELÉM-PA.

A vegetação é um importante indicador geoambiental, pois sofre influência dos fatores climáticos, edafológicos, bióticos e antrópicos. Exerce significativo papel na estabilização dos geoambientes, visto que protege o solo dos processos erosivos, facilita a distribuição, infiltração e acúmulo das águas pluviais e influencia nas condições climáticas do ambiente.

Nos estudos de clima urbano a cobertura vegetal assume um papel de destaque atuando como elemento estabilizador em algumas variáveis (temperatura, umidade, precipitação, vento), podendo sofrer o efeito da alteração em decorrência da forma, do tipo e densidade da cobertura vegetal.

A restrição de áreas arborizadas a vias, praças, parques (forma); a substituição de espécies nativas por exóticas ou de espécies de copa com pouco sombreamento (tipo) e a redução de núcleos arborizados como quintais, parques, refúgios e corredores ecológicos (densidade), podem comprometer algumas funções climáticas como controle da radiação solar, na diminuição da temperatura, no aumento da umidade e na redução da poluição do ar. As funções sociais também podem ser afetadas pela redução da cobertura vegetal já que ajudam a manter a saúde pública, a melhoria da qualidade ambiental, o bem-estar e saúde da população sem considerar que a vegetação urbana pode também fornecer oportunidades para a educação e incentivar a atividade física. (MASCARÓ & MASCARÓ, 2002; ANJOS et al. 2012)

Em cidades de clima quente como Belém⁹, o sombreamento desempenha um papel importante para interceptar parte da radiação solar, melhorar o conforto térmico, amenizar as elevadas temperaturas que a cidade apresenta o ano todo, umidificar os ambientes públicos e amortecer o impacto das chuvas que também são muito elevadas para a cidade, com totais pluviométricos anuais na ordem de 2.893 mm. Este elevado total está relacionado à sua localização Equatorial, onde existe grande umidade e energia solar durante todo o ano (COSTA e MATTOS, 2000).

⁹ A respeito do clima da cidade de Belém do Pará iremos tratar no capítulo 6.

Atualmente, o padrão fitogeográfico da cidade de Belém está fundamentado na utilização histórica de espécies exóticas no espaço urbano. As espécies mais utilizadas na arborização urbana de Belém conforme Brasil (1995), são Mangueiras (*Mangifera indica* L.), Oiti (*Licania tomentosa*), Acácia (*Senna siamea*), Castanhola (*Terminalia catappa* L.), Benjaminzeiro (*Ficus microcarpa* L.), Flamboyant (*Delonix regia*).

Em consonância com as novas tendências de substituição de padrões fitogeográficos fundamentados em espécies exóticas para padrões ecossistêmicos, o Manual de Arborização Urbana de Belém estabelece a plantação, na cidade, de espécies nativas do ecossistema amazônico para aumento da biodiversidade em áreas urbanas. O Plano Municipal de Arborização de Belém (PMAB) estabelece que na arborização urbana devam ser utilizadas predominantemente espécies nativas adequadas a cada situação específica, com vista a promover a biodiversidade. As mangueiras (*Mangifera indica* L.) existentes nas áreas públicas, nos termos da Lei Ordinária Municipal nº 7.019 de 16 de dezembro de 1976, receberão tratamento diferenciado em função do aspecto sociocultural que as envolvem (PORTO e BRASIL, 2013).

O estudo da cobertura vegetal da cidade de Belém apresenta um padrão de distribuição espacial bastante desigual, onde o Índice de Cobertura Vegetal para a totalidade da área continental ficou em 27% para o ano de 2004 (RODRIGUES e LUZ, 2007). No entanto, os distritos urbanos da área central, entendidos aqui como a Primeira Léguas Patrimonial constituído pelos distritos do DABEL, DAGUA e DASAC, apresentaram Índices de Cobertura Vegetal abaixo de 12%. São áreas de alta densidade de uso da terra que incluem o centro histórico, áreas comerciais e residenciais. Os distritos do Guamá e da Sacramenta são os mais críticos com índice de Cobertura Vegetal abaixo de 5% o que o caracteriza como um “deserto de epífitas” nomeado por Douglas como “deserto florístico” (DOUGLAS (1983) citado por NUCCI E CAVALHEIRO, 1999; LUZ, et al. 2014).

A substituição da floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e Aluviais por vegetação urbana resultou na diminuição da densidade, principalmente pelo aspecto da urbanização que intensificou a subtração da cobertura vegetal e que hoje vem sendo sentido nas elevadas temperaturas. A cobertura vegetal urbana vem apresentando registro de perda, desde processo da construção do sítio urbano de

Belém, onde gradativamente a vegetação nativa e primária foi sendo reduzida e substituída por uma cobertura vegetal exótica conectada ao contexto do crescimento urbano. Ela está concentrada em alguns setores da área central, refletindo os baixos índices na área mais adensada da cidade, atualmente consideradas as áreas de planícies que formam a área da Primeira Léguas Patrimonial de Belém.

3.1. Localização da Primeira Léguas Patrimonial.

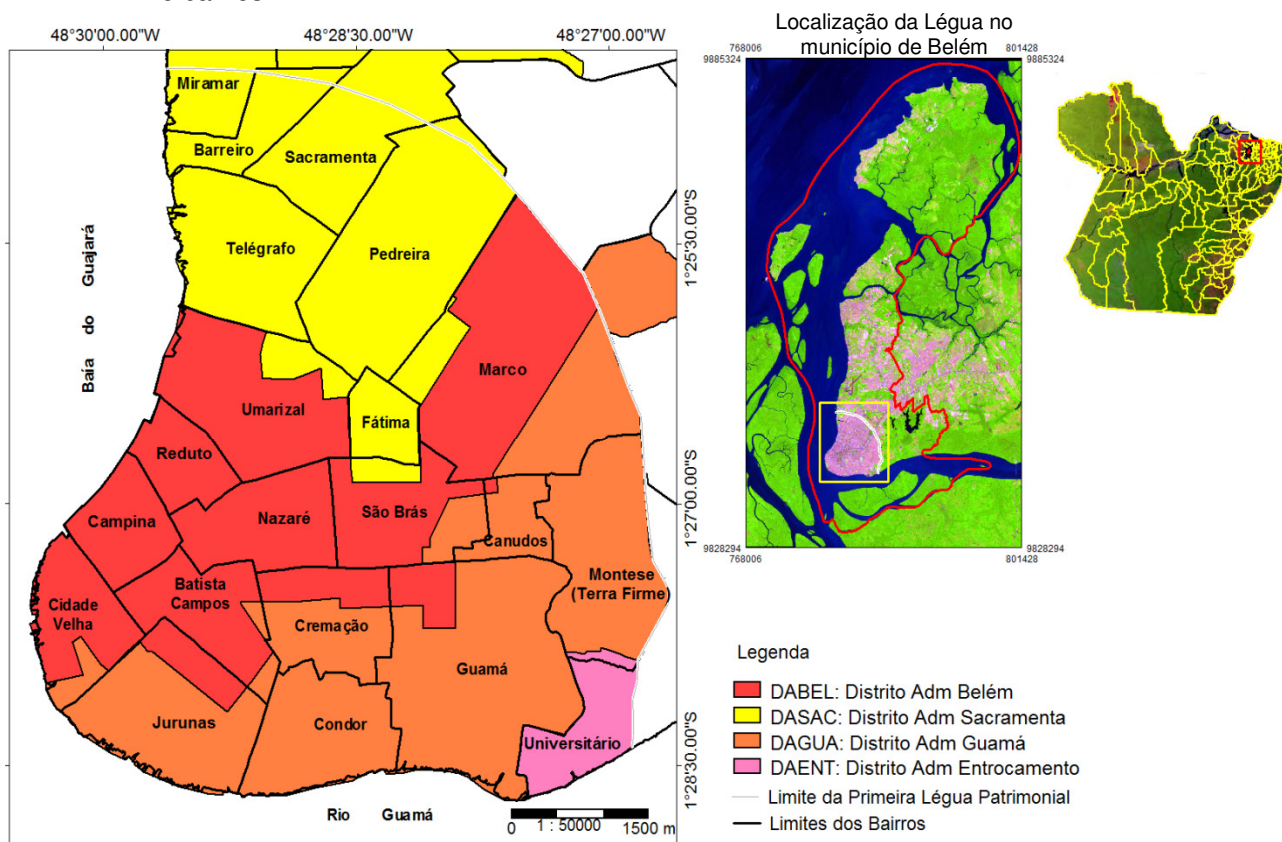
Atualmente a parte continental da cidade de Belém está definida por uma ocupação consolidada denominada de zona urbana ou Primeira Léguas Patrimonial; uma área de transição, considerada como Área de Preservação ou muito conhecida como Cinturão Verde Institucional e uma área em expansão definida como Zona de Expansão ou Segunda Léguas Patrimonial como consta no plano diretor do município de Belém.

Historicamente, cabem algumas considerações sobre o processo de ocupação urbana do território do município de Belém. Até o final do século XIX o território ocupado de Belém estava concentrado na área delimitada pela 1ª Léguas Patrimonial, tendo as Avenidas Perimetral e Dr. Freitas como limites, até 1899, quando através do decreto nº 766, a 2ª Léguas Patrimonial foi anexada ao patrimônio de Belém, porém esta não foi formalmente delimitada (SOUZA e GALVÃO 2013 p. 2).

A área central entendida também como a Primeira Léguas Patrimonial, área de nossos estudos, é formada por 21 bairros¹⁰ e compreende três distritos Administrativos: o Distrito Administrativo de Belém (DABEL); o Distrito Administrativo da Sacramenta (DASAC); o Distrito Administrativo do Guamá (DAGUA) e parte do bairro Universitário onde está localizada a Universidade Federal do Pará (UFPA) inserida no Distrito Administrativo do Entroncamento (DAENTE). A área da Primeira Léguas Patrimonial está delimitada pelas coordenadas de 1º 24' 26" e 1º 28' 46" de latitude sul e 48º 26' 38" e 48º 30' 26" de longitude Oeste (Figura 17).

¹⁰ A Primeira Léguas Patrimonial é formada pelos bairros Cidade Velha, Campina, Reduto, Umarizal, Telégrafo, Sacramenta, Pedreira, Marco, Fátima, Nazaré, São Brás, Canudos, Montese (Terra Firme), Batista Campos, Cremação, Jurunas, Condor, Guamá, Universitário, Barreiro e Miramar.

Figura 17 - Mapa da Primeira Légua Patrimonial de Belém e seus respectivos Distritos Administrativos e bairros.



Fonte: Base Cartográfica Imagem IKONOS (2006), projeção UTM, Datum SAD69.
(Org.) RODRIGUES, J. E. C. (2015).

Vale ressaltar que alguns bairros não estão totalmente dentro de um único distrito, mas sim dentro de dois ou até de três distritos como é o caso dos bairros de São Brás e Marco, os quais apresentam parte de seus limites nos distritos do DABEL, parte no DASAC e parte no DAGUA (Quadro 3).

Quadro 3 - Os Distritos Administrativos e os respectivos bairros que constituem a Primeira Légua Patrimonial da cidade de Belém-Pa.

Distritos	Bairros	
	Área Total	Área Parcial
DABEL	Reduto, Campina, Nazaré.	Marco, Umarizal, São Brás, Guamá, Cremação, Batista Campos, Cidade Velha, Jurunas e Canudos.
DAGUA	Montese (Terra Firme), Condor.	Jurunas, Batista Campos, Cidade Velha, Cremação, Guamá, Canudos, São Brás, Marco.
DASAC	Sacramento, Miramar, Barreiro, Telégrafo, Pedreira, Fátima.	Marco, Umarizal e São Brás.
DAENT	Universitário	

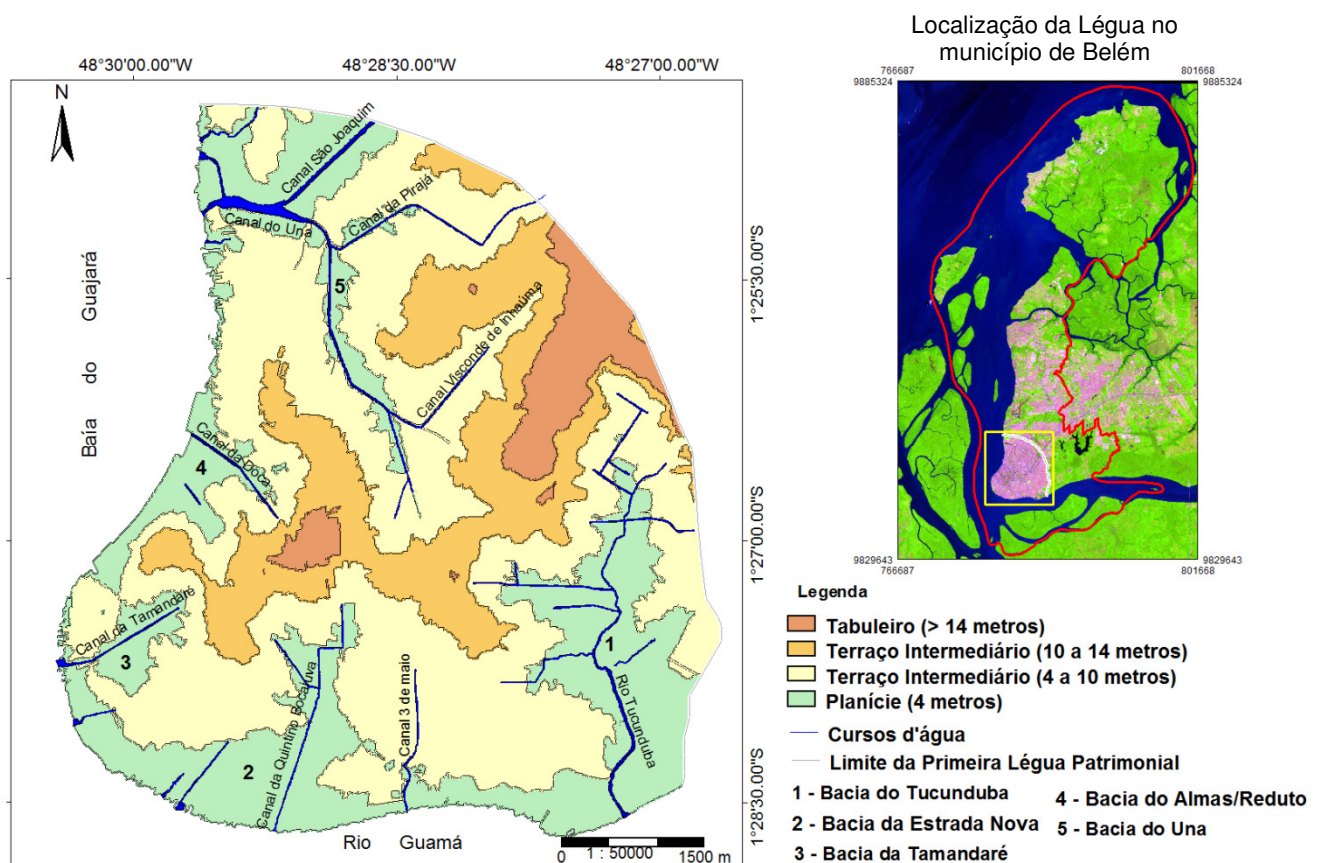
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

3.1.1. A caracterização física da Primeira Léguas Patrimonial.

Quando observamos a atual organização espacial dos diferentes usos e a arborização da área central da cidade de Belém, podemos entendê-la por diversos aspectos. Um deles pode ser pelo tipo do relevo que Belém apresenta. Analisando o relevo e posteriormente o processo histórico de ocupação conseguiu-se ter um entendimento da formação atual de ocupação territorial da cidade e da distribuição e áreas de ocorrência da cobertura vegetal.

Analisando o relevo, Belém está embasado no nível regional de Belém-Marajó. A geomorfologia da Primeira Léguas Patrimonial de Belém pode ser classificada em três níveis de superfícies diferenciadas de acordo com Penteado (1968); Furtado (1980) e Rocha (1987). Segundo esses autores, essas áreas são os tabuleiros, os terraços intermediários e as planícies de inundação (Figura 18).

Figura 18 - Mapa geomorfológico da Primeira Léguas Patrimonial.



Fonte: Base cartográfica, carta de curva de nível de Belém - CODEM (1981); Unidade de Relevo Adaptado de Penteado (1968). projeção UTM, Datum SIRGAS 2000. (Org.) RODRIGUES, J. E. C. (2015).

Tabuleiros (Terras Firmes) - o primeiro nível corresponde aos tabuleiros continentais tendo sua ocorrência a NE da cidade, o que corresponde a 5,28% da Primeira Léguas, apresentando altitudes superiores a 14 m, formando plataformas interfluviais ou divisores d'água que separam as bacias urbanas que drenam para oeste em direção à baía do Guajará (bacias do Una Almas/Reduto) e bacias que drenam para o Sul em direção ao rio Guamá (Tucunduba e Esteada Nova). Este nível de relevo é o que apresenta intenso processo de verticalização, assim como concentra grande parte da arborização da cidade.

Terraços Intermediários - o segundo nível corresponde a terraços que se subdividem em terraço intermediário, que ocorrem em uma faixa no sentido NE-SW com altitude de 10 a 14 m correspondendo a 17,50% e terraço intermediário, com altitudes de 4 a 10 m, com maior predominância, correspondendo a 47,78% da área em estudo. Esses terraços são correlacionáveis aos níveis Marajoara e Santareno. Essas feições evidenciam processos de terraceamento que ocorreram durante do Quaternário Antigo e Recente para as superfícies intermediárias e recentes (FURTADO, 1980). Este nível de relevo apresenta uma ocupação horizontal com verticalização consolidada e concentração da arborização.

Planície de Inundação (Várzea) - o terceiro nível é formado por planícies de várzeas das bacias hidrográficas do Una ao norte, Tucunduba a SE, Estrada Nova ao Sul, Tamandaré a SW e Almas/Reduto a W. Estão abaixo da altitude de 5 m predominando 29,44% da área da Primeira Léguas. Esta unidade de relevo sofreu intervenções tanto do estado, como da população. Áreas de planície que sofreram intervenções do estado apresentam forte verticalização como é o caso da planície da bacia Almas/Reduto e as que foram ocupadas pela população de baixa renda, que apresentam predominância de ocupação horizontal como é o caso das bacias da Estrada Nova, Tucunduba e Una. No entanto esta unidade de relevo é a que apresenta maior escassez de cobertura vegetal.

Esta porção do relevo da cidade é considerada de maior adensamento urbano, apresentando elevado grau de edificações, extensas superfícies impermeáveis, concentra mais da metade da população total da cidade de Belém e apresenta pequena quantidade de cobertura vegetal. Os diferentes arranjos espaciais observados na Primeira Léguas estão também pautados em um contexto histórico de produção do espaço.

3.1.2. A definição do marco da Primeira Léguas Patrimonial de Belém

Segundo Meira Filho (1976) a Primeira Léguas Patrimonial é uma porção de terra de 4.110 hectares que em 01/10/1627, foi doada, e demarcada oficialmente em 1703, obedecendo ao traço de uma léguas em arco quadrante estabelecido a partir das margens do Rio Pará em direção ao sul e do Rio Guamá em direção ao norte, a contar a partir do marco de fundação da cidade. Essa doação foi efetuada por meio da carta de Sesmaria, pelo então Governador do Maranhão e do Grão-Pará - Francisco de Carvalho.

Atualmente, o limite da Primeira Léguas localiza-se no bairro do Marco, assim chamado, por ter sido nele fixado um marco desse limite representado por um monumento localizado entre o cruzamento de duas importantes avenidas a Av. Almirante Barroso e a Av. Dr. Freitas (Figura 19) (CRUZ, 1973 citado por TRINDADE JR., 1997).

Figura 19 - Marco de representação do limite da Primeira Léguas Patrimonial da cidade de Belém.



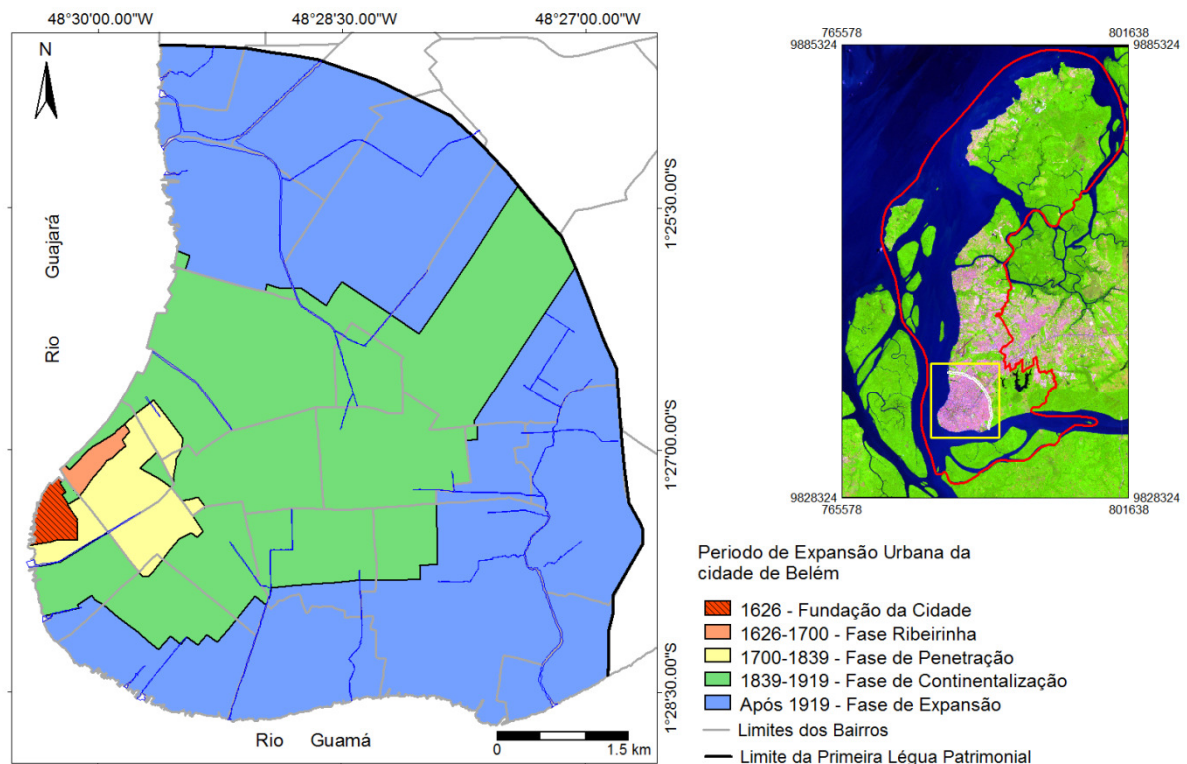
Fonte: SANTOS, 2010.

A partir do ponto estabelecido como limite do marco, a linha imaginária de delimitação se estendeu no sentido a sudeste pela Avenida Perimetral, passando pela área da Universidade Federal do Pará até o rio Guamá e a Noroeste seguindo pela Avenida Dr. Freitas cortando os bairros da Sacramenta, Miramar até atingir a baía do Guajará (conferir na Figura 17). A partir da demarcação da Primeira Léguas,

a cidade então passou a crescer dentro do limite estabelecido historicamente por meio de alguns vetores de ocupação, refletindo diretamente tanto na perda da vegetação original e na constituição da vegetação urbana atual, como, também, na variação dos índices de temperatura.

Para se entender como se constituiu a arborização da área central de Belém e do próprio uso da terra, é importante faz-se uma periodização a partir dos vetores de ocupação definida por Moreira (1966), como é o caso da Fase Ribeirinha (1616 a 1700), considerada o próprio período de fundação da cidade; a Fase de Penetração (1700 a 1839), período em que a cidade se expande no sentido NE da Primeira Léguas, coincidindo com a implantação do Jardim Botânico na capital do Pará. Essa implantação teve como finalidade aclimatar e domesticar espécies nativas e exóticas para o processo de arborização da cidade e a visita dos naturalistas. O Período de Continentalização (1839 a 1919) período da *Belle-Époque* foi quando se intensificou tanto a retirada da floresta nativa quanto a arborização da cidade com espécies exóticas. Por fim uma quarta fase de expansão (após 1919), período que marca o processo de consolidação da urbanização (Figura 20) assim como do atual quadro da própria vegetação da Primeira Léguas Patrimonial.

Figura 20 - Mapa da evolução urbana da Primeira Léguas Patrimonial, Belém-Pa.



Fonte: Elaborado a partir de SARGES, 2002. (Org.) RODRIGUES, J. E. C. 2016

3.2. A fundação da cidade de Belém

A cidade de Belém foi fundada no século XVII dentro de um contexto estratégico devido à sua posição geográfica localizada na principal entrada do vale amazônico, com o intuito de conter o avanço ofensivo dos holandeses, ingleses e franceses ao território amazônico, até então de domínio português.

Mais precisamente no ano de 1615 (séc. XVII) Jerônimo de Albuquerque, então governador do Maranhão encarregou Francisco Caldeira Castelo Branco de conquistar o atual estado do Pará. Este feito teve seu início no dia 25 de dezembro de 1615, quando a expedição saiu da Baía de São Marcos (MA) com uma frota que transportava 150 homens. No dia 12 de janeiro de 1616 (séc. XVII), após transpor a barra do Separará, os portugueses aportaram na Baía de Guajará, chamada pelos índios nativos de Paraná-Guaçu, local onde puderam desembarcar com segurança e onde fixaram as primeiras residências e fortificação contra possíveis ataques estrangeiros. Entretanto, as terras já eram habitadas pelos índios da tribo Tupinambás (SARGES, 2002).

Esta margem de terra elevada, que apresentava uma vista privilegiada para a baía do Guajará, Castelo Branco deu o nome de Feliz Lusitânia, colocando-a sobre a proteção de Nossa Senhora de Belém e o engenheiro-mor Francisco Frias Mesquita iniciou a construção da Casa Forte, à margem esquerda do rio Piry (hoje conhecido como doca do Ver-o-Peso). Esta fortaleza construída de madeira com cobertura de palha cercada de muralhas de pedra com alguns canhões recebeu a denominação de Forte do Presépio (hoje Forte do Castelo) (Figura 21). A decisão de alocar os principais edifícios na cota mais elevada, que nesse caso era uma formação de terraço com cota até 10 m, parte de conceitos militares de defesa, pois facilitava a visibilidade de qualquer atividade ocorrida tanto na orla fluvial quanto em terra. É a partir desta fortaleza que se deu o início embrionário das primeiras formações do aglomerado urbano dando origem à cidade de Belém do Pará.

Figura 21: Vista do Forte do Castelo que deu origem à cidade de Belém-Pa.



Fonte: Trabalho de Campo, jan 2016.

Terminada a construção do Forte do Presépio, o próximo passo dos portugueses foi a colonização das terras conquistadas de Belém que ocorreu em momentos bem distintos começando com a fase considerada ribeirinha (1616 até 1700).

3.3. Fase Ribeirinha da cidade (1616 a 1700)

O processo de arborização da área central se confunde com próprio período de fundação e desenvolvimento da cidade de Belém. A colonização e expansão do sítio promoveram primeiramente o desmatamento da floresta nativa e posteriormente a arborização dos primeiros núcleos de ocupação.

Durante muito tempo o núcleo urbano que se edificou a partir do posto militar que fora constituído basicamente por um pequeno núcleo urbano, que compreendia os bairros da Cidade (atualmente Cidade Velha) e da Campina, entremeada por redes de igarapés e grandes áreas de mata.

A cidade era formada por dois acidentes hidrográficos, o igapó e o igarapé do Piri, que embora distintos formavam uma unidade ou conjunto geográfico dentro do quadro da urbe. Pela sua extensão e largura, eles dividiam a urbe em duas, tornando os bairros (da cidade e da Campina) como sua cidade a parte (MOREIRA, 1966, p 49)

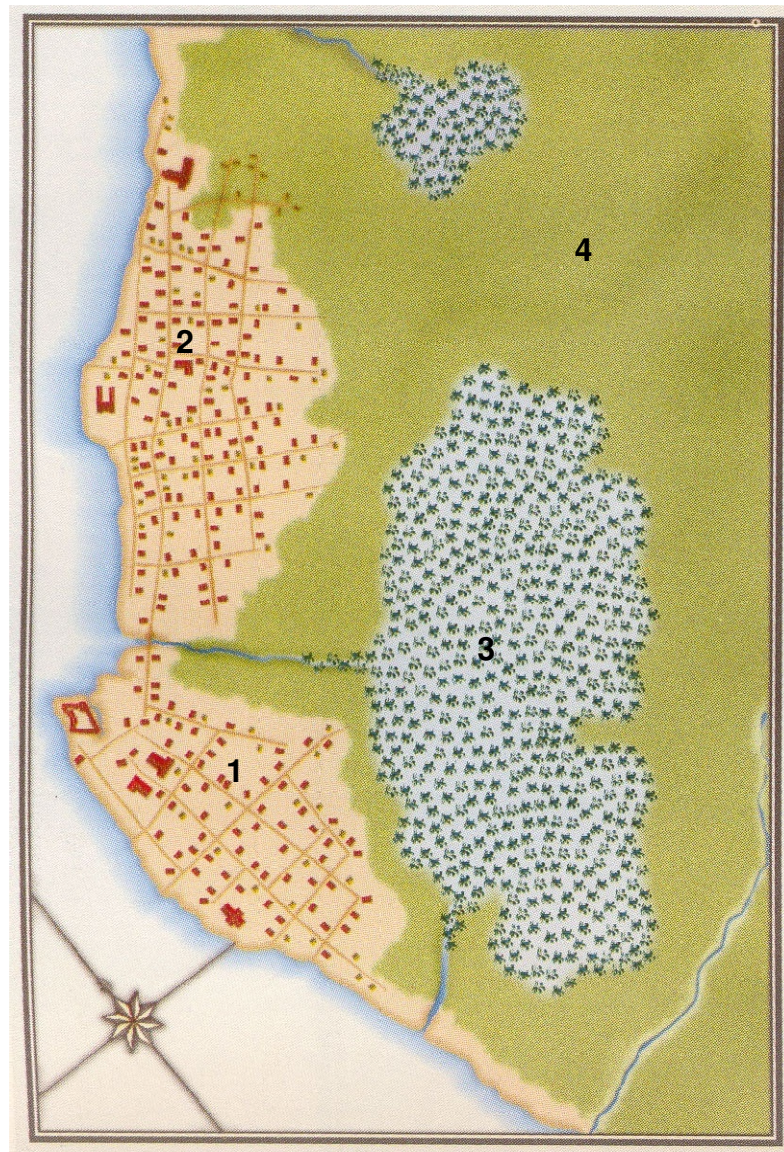
Em nota, Almeida (2010), citando Moreira (1970), considera que Belém, conhecida como a cidade do Pará, era repleta de terrenos baixos e áreas consideradas pantanosas algumas delas denominadas de igapó e igarapés.

Que tinham sentido mais ou menos uniformes, através de definições como floresta pantanosa ou floresta alagada ou ainda mato alagado e que outros relatos omitem a conotação vegetal, fazendo mero sinônimo de pântano, charco ou lezira, sem qualquer referência ao ambiente florestado (MOREIRA, 1970 apud ALMEIDA, 2010, p. 104).

O núcleo urbano, por ter estes elementos naturais, as águas e a floresta a sua volta, permaneceu por muito tempo confinado à uma pequena faixa de terra exercendo papel estritamente ribeirinho. O grande alagado do Piri e as florestas alagadas ou pantanosas impediam o crescimento da cidade para NE e Leste. Este cenário foi retratado na gravura da planta da cidade de autoria de João André Schwebel (1753) (Figura 22).

Até meados do século XVII Belém possuía, além do forte e das primeiras residências, as construções como a Santa Casa (hoje Alfândega), o Convento de Santo Antônio, a igreja e o Convento de Nossa Senhora das Mercês, a igreja de Nossa Senhora do Carmo, as obras da Ordem dos Carmelitas Calçados e a igreja de São Francisco Xavier (atual Santo Alexandre) (BAENA, 2004).

Figura 22 - Planta geométrica da cidade de Belém¹¹ elaborado por Schwebel ano 1753. Em destaque, os dois principais bairros a Cidade (1), Campina (2) e a NE e Leste o grande alagado do Piri (3) e a grande floresta hiléia amazônica (4).

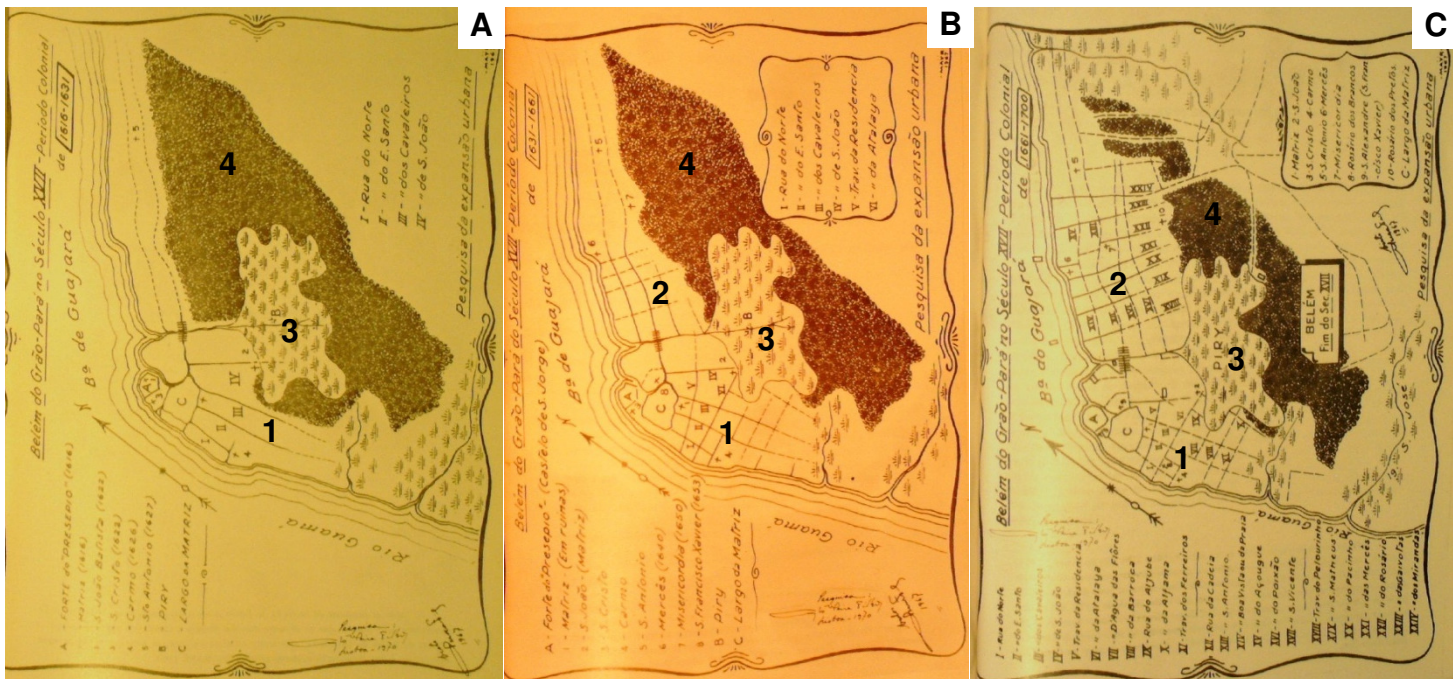


Fonte: <http://www.forumlandi.ufpa.br>

A partir de então a cidade começou a avançar para a mata, ganhando distância do litoral, com o objetivo de expandir o núcleo urbano. Esse processo de ocupação que ocorreu de forma deliberada e efetiva nasceu em virtude do decreto de conquistas por parte da coroa portuguesa e ficou muito bem representado nas plantas de Belém, na obra de Meira Filho (1976) (Figura 23).

¹¹ Modificou-se a posição da Planta colocando-a no formato latitudinal por assim representar melhor a configuração espacial da cidade, muito embora esta gravura, em diversos trabalhos (SANJAD, 2010; ALMEIDA, 2010), esteja posicionada no sentido longitudinal. Portanto as demais gravuras citadas neste trabalho ficaram todas dispostas no sentido latitudinal.

Figura 23 - Plantas de Belém representando o processo de expansão do núcleo urbano da cidade segundo Meira Filho, (A) período de 1616 a 1631; (B) de 1631 a 1661; (C) período de 1661 a 1700; Cidade (1); Campina (2); lago do Piri (3) e floresta hileia amazônica (4).



Fonte: Meira Filho, (1976)

Em seus manuscritos, Meira Filho (1976) descreveu que desde a fundação de Belém, 1616 a 1631, teve-se o primeiro núcleo de ocupação denominada de Cidade erguida sobre uma grande clareira, definida pelo autor como *Clareira da Matriz*, constituída de algumas edificações militares religiosas e de moradias, e por três vias abertas: Ruas do Norte, do Espírito Santo e dos Cavaleiros que, juntas, findavam em áreas de Igapó ou, como definida por Moreira (1966), florestas alagadas ou pantanosas. A quarta Rua de São José findava no grande alagado do Piri. Para o sentido norte se tinha dois caminhos que seguiam paralelo a Baía de Guajará e a grande área florestada terminando no convento de Santo Antônio. Observa-se na gravura A figura 23, que o núcleo urbano não avançou sobre a grande área de floresta e do alagado do Piri.

No período de 1631 a 1661 nota-se a irradiação do traçado das ruas do bairro da cidade já além do Piri, avançando para o interior da mata. Surgem novas artérias, aumentam em relação à primeira tentativa os núcleos religiosos e os caminhos para a formação do bairro da Campina. Nota-se que nesse período o núcleo urbano do bairro da Cidade e da Campina avança sobre a floresta que margeia o alagado do

Piri, registrando assim os primeiros processos de desmatamento na cidade e na Campina (Gravura B da Figura 24)

No período que decorre de 1661 a 1700 (Final do sec. XVII) o avanço do bairro da cidade fica estagnado por conta do alagado do Piri, tornando-se em uma grande barreira natural para a expansão. Contudo, há uma concentração do povoado na parte sul da cidade. O bairro da Campina já consolidado, apresenta um aumento da área urbana do povoado no sentido leste derrubando áreas florestadas e abrindo caminho mata adentro para futuras ocupações, pois a vegetação não conseguia barrar o avanço da ocupação como o alagado do Piri o fez por muito tempo (Gravura C da Figura 23). Como não poderia se destruir o rio destruí-se a floresta em direção ao terraço considerado as partes mais altas do terreno, fugindo assim das partes alagadiças.

Segundo Coelho (2011), a floresta era retirada para dar lugar a novas ocupações, e como era rica, com diversos tipos de madeira, oferecia o suficiente para as construções das moradias dos novos habitantes.

Esta formação do primeiro núcleo urbano deu-se de forma bastante conturbada, como relata Moreira (1966).

Como todas as cidades pioneiras Belém viveu também sob o signo da turbulência e da inquietação em seus começos. Desenvoltura de costumes, lutas com os índios e com os estrangeiros, rivalidades entre colonos e missionários, tudo isso formava uma atmosfera propícia a agitações e ousadia, para qual concorriam as próprias autoridades (MOREIRA, 1966 p. 33).

Essa conotação de conflitos levou o engenheiro João Geraldo de Gronsfeld¹² a projetar uma urbe fortificada, deixando a “cidade” e a “campina” protegidas dos perigos que o alagado do Piri e a floresta ofereciam a urbe, tais como doenças por parte do Piri e invasões e ataques indígenas por parte da floresta (Figura 24).

¹² Gaspar João Geraldo de Gronsfeld foi um dos engenheiros militares mais importantes, que chegou ao Pará para atuar na Comissão de demarcação dos limites. Atendendo a determinações do governador, fez um estudo para fortificação da cidade, com duas alternativas. A imagem citada mostra uma delas, na qual Belém é toda cercada por muralha. A obra nunca foi realizada, mas evidencia o nível de complexidade dos projetos que eram elaborados pela equipe de profissionais sediados na capital do estado do Grão-Pará e Maranhão, na segunda metade do século XVIII.

Figura 24 - Planta da Cidade de Belém, onde os bairros da Cidade (1) e da Campina (2) estão cercados por muralha, com baluartes pelo lado da terra e uma linha de proteção, pelo lado do porto utilizando as águas do Piri (3) e a floresta (4) no sistema de defesa.



Fonte: www.sudoestesp.com.br/file/colecao-imagens-periodo-colonial-para/679/

Esta obra de fortificação não foi executada porque havia um grande interesse da coroa portuguesa em expandir o território, embora a pujança das condições naturais atenuasse sensivelmente os efeitos do processo expansionista (MOREIRA, 1966 p. 39).

Durante o século XVII e meados do século XVIII, Belém desenvolveu a beira do rio (Fase Ribeirinha) e nas suas proximidades cresceu, consideravelmente, prédios e ruas, mas, muito pouco crescia em termos de extensão territorial, o que só aconteceu a partir de 1700. Período esse considerado como a Fase de Penetração.

3.4. Fase de Penetração urbana da cidade (1700 a 1839)

Entre 1700 até 1839 o desenvolvimento de Belém ocorreu no sentido Nordeste no principal divisor de terras da Primeira Léguas Patrimonial considerado as terras mais altas da cidade (Terraços e Tabuleiro). Após aterramento do igarapé do Piri ocorreu a integração física dos bairros da Cidade e Campina, até então separados pelo alagado e pela abertura de estradas como a Travessa dos Miradas, de Nazareth, do Utinga, do Maranhão e Tito Franco¹³. Essa fase foi considerada por Abelém (1989) como a Fase de Penetração. Entretanto, a estrada de Nazareth foi o principal vetor de expansão e que se originou de um caminho que levava até uma ermida dedicada a Nossa Senhora de Nazaré, cuja imagem era venerada pela população do afastado povoado. Da estrada de Nazareth derivavam vários caminhos que conduziam a sítios denominados de rocinhas¹⁴ mais ou menos distantes (BAENA 2004).

Até 1839, Belém manteve-se estagnada no processo de expansão e urbanização. Para Andrade (2003), a cidade tardou a se expandir mata adentro ocorrendo somente a partir da segunda metade do séc. XVIII, mas mesmo assim de forma muito lenta e desigual. E esse quadro se estendeu até a primeira metade do século XIX, quando se retomou o processo de urbanização tendo como destaque o surgimento dos bairros de Nazaré e São Brás.

O movimento de interiorização ou de penetração, segundo Moreira (1966), começou com a abertura da estrada de São José e da travessa dos Mirandas¹⁵. A estrada de São José teve seu início mais cedo, entretanto a Travessa do Miranda foi mais importante e decisiva para o futuro da cidade, com ela surgiu o largo da Pólvora e dela partia também a então recém-aberta estrada do Utinga que ficou considerada como a grande via de penetração na Hiléia Amazônica, abrindo caminho para processo de interiorização da cidade.

A estrada do Utinga se tornou a linha mestra no traçado da cidade:

¹³ Essas estradas atualmente se tornaram grandes avenidas. A Travessa dos Mirandas é hoje a Avenida Presidente Vargas; a estrada de Nazaré também é hoje Avenida Nazaré; a estrada do Utinga é hoje a Avenida Magalhães Barata e as estradas do Maranhão e Tito Franco são hoje Avenida Almirante Barroso.

¹⁴ Rocinhas eram pequenas propriedades rurais que possuíam casas edificadas no centro do terreno, bem cultivado, contendo árvores frutíferas (OLIVEIRA, 1992).

¹⁵ A estrada de São José atualmente conhecida por 16 de Novembro e a travessa dos Mirandas conhecida atualmente como 15 de Agosto.

Pode-se dizer mesmo que a maior parte da cidade surgiu ao seu influxo, direta ou indiretamente, achando-se historicamente vinculados a esse influxo os bairros de Nazaré, São Brás, Canudos, Marco e Souza. As atuais avenidas Nazaré, Independência, Tito Franco não passam de segmentos dessa grande via pioneira (MOREIRA, 1966 p. 51).

A estrada do Utinga não era qualquer caminho. Foi construído a mando do poder público que a deixou conhecida como a “Estrada Real” tornando-se como um marco na conquista das terras continentais, pois desde 1703 já possuía a demarcação da Léguas Patrimonial que no final do século XIX foi aumentada em mais uma légua doada pelo governo do Estado (Figura 25).

Figura 25 - A autoria de Hugo de Fournier, a planta de Belém mostra a Cidade (1) e a Campina (2) expandida, as estradas de São José e do Utinga bem traçadas, o alagado do Piri (3) totalmente aterrado e drenado, atividades agrícolas (4) em área de expansão e a grande floresta (5) a ser conquistada pelo avanço da colonização.



Fonte: <http://www.sudoestesp.com.br/file/colecao-imagens-periodo-colonial-para/679/>

O processo de interiorização ocorreu por diversos fatores:

- *O crescimento da população que impôs novas derivações para a pressão interna:* até a primeira metade do século XVII (1650) a população de Belém resumia-se em 80 moradores, sem contar com os nativos, os religiosos e os soldados. No início do ano de 1676, somaram-se aos colonos cinquenta famílias de agricultores vindos dos Açores, ao todo eram 234 açorianos. O governo da província teve que assentá-los e doar terras para o desenvolvimento da agricultura, em especial a baunilha e o cacau. Posteriormente, foram intensificadas a plantação dessas culturas por decreto do Rei. A partir daí a população não parou de crescer, pois no final do séc. XVIII, chegara a 10.620 habitantes, e, por volta do final de 1894, já era de 100 mil habitantes. O crescimento populacional demandou do governo da província a abertura de novas ruas e o desmatamento da floresta que margeava a urbe tanto para habitação como para desenvolvimento agrícola (CRUZ, 1973; SARGES, 2002).

- *Vantagens nas terras centrais sobre os ribeirinhos não só para fins agrícolas mas por serem consideradas mais saudáveis:* as novas ocupações privilegiaram as terras mais altas (terraços e tabuleiros) que se estendiam no sentido nordeste da Campina, fazendo com que as novas áreas de ocupação ficassem afastadas dos constantes alagamentos que existiam nas proximidades do núcleo urbano (terrenos de planícies) (CRUZ, 1973).

- *Economia baseada em processos extensivos, visando como tal à conquista de áreas e não o seu aproveitamento racional:* a principal finalidade era obter controle sobre o território ainda dominado pela floresta e tribos indígenas que se tornaram constante ameaça pelos ataques aos colonos (MOREIRA, 1966).

- *Redução da população e ataques indígenas:* cessada a resistência indígena, os colonos partiram do interior da urbe iniciando o processo de desbravamento da floresta adjacente abrindo diversos caminhos que posteriormente acabaram se tornando grandes avenidas importantes (MOREIRA, 1966).

- *Abertura de estradas (São José e do Utinga):* à medida que o governo da província abria ruas e estradas, novas fronteiras de ocupação sobre a floresta surgiam em terrenos considerados de cotas mais altas e de solo mais seco, dando origem a pequenos núcleos de ocupação e que posteriormente foram se constituindo em bairros importantes da cidade. Uma das estradas de grande importância foi a abertura do Utinga, conhecida como Estrada Real, que interligava a

área urbana a um pequeno arraial de Nazaré afastado da cidade. Só quando Nazaré se integrou ao quadro urbano, isto é, quando deixou de ser subúrbio para tornar-se bairro, é que ocorreu essa “continentalização” (CRUZ, 1973).

- *Influência de práticas religiosas como a devoção a Nossa Senhora de Nazaré*: segundo Farias (2009), no caminho conhecido como Estrada Real havia uma ermida (igreja rústica), onde habitava um homem devoto de Nossa Senhora de Nazaré. Após alguns anos, mais especificamente em 1793, por tais motivos religiosos, foram promovidas, anualmente, festas religiosas para homenagear a santa, que levava o mesmo nome da igreja. A modesta capela de N. S. de Nazaré ficava afastada do povoado. A partir de então, a estrada ficou conhecida como Estrada de Nazaré, que se tornou um povoado e, posteriormente, o bairro de Nazaré em homenagem a Nossa Senhora de Nazaré, padroeira dos paraenses.

O futuro bairro de Nazaré era um bosque imenso que ligava o largo de Nazaré, com outras localidades mais afastadas, e foi por isso que sua denominação para Cruz (1973), permaneceu inalterada até os dias atuais, devido estar enraizado no espírito popular e por ter sido um dos caminhos que promoveu a expansão da urbe. É muito admirado pelos visitantes ilustres como os naturalistas que visitaram e residiram na província do Grão-Pará e que deram grande contribuição para os estudos fitogeográficos na região amazônica. Entretanto, as preocupações com esses estudos começaram com a criação do Jardim Botânico na cidade.

3.4.1. A criação do Jardim Botânico.

Dentro do Processo de Penetração, foi criado o Jardim Botânico de São José, implementado no ano de 1798 (final do século XVIII), dentro de um contexto de reestruturação urbana da cidade de Belém por parte da Coroa Portuguesa, a qual via inúmeras vantagens como a localização geográfica e a possibilidade de tornar o centro da colônia em estrutura militar, diplomática e científica (SANJAD, 2001).

Para tal investimento, a Coroa Portuguesa precisaria intervir no saneamento da cidade, investindo em melhorias e infraestrutura. Para esse serviço foram contratados engenheiros, arquitetos e demais profissionais, com destaque para Antonio José Landi, um dos principais expoentes da arquitetura do período.

A principal preocupação do governo que ameaçava o progresso urbanístico da cidade era o igarapé do Piri, que transbordava conforme as marés diárias e com as constates chuvas. Por conta dessa periodicidade hídrica o alagado era visto como uma ameaça à saúde da população, pelos detritos que acumulava e pelo forte cheiro que ele emanava dos dejetos produzidos pela população, como destaca Beltrão:

A cidade e o povoado do entorno não possuíam sistemas de dejetos. Estes deveriam ser feitos em barris fechados, conduzidos em horário de pouco movimento e lançados ao mar ou ao rio, distantes das praias. Para tanto, em Belém, foram construídas, em diferentes pontos da beira-rio, pontes estreitas e compridas para facilitar o trabalho de lançamento. O trabalho de lançamento era feito por escravos na calada da noite.

Nos lugares onde houvesse depósito de urinas e acúmulo de águas paradas, produzidas por chuvas e enxurradas, a limpeza deveria ser diária, pois os locais não deveriam exalar os supostos miasmas pestilências. (BELTRÃO, 2004, p. 258-9).

Para sanar este grave problema, o governo da província do Grão-Pará começou um demorado processo de aterramento e revitalização do alagado do Piri, o que demandou vários anos. A obra, de autoria do capitão engenheiro João Rafael Noronha, Domingos José Frazão e Theodosio Constantino de Chermont, previa a construção de valas para escoamento das águas e a construção de ruas naquele trecho da cidade (CRUZ, 1973; ALMEIDA, 2010).

Foi nesse contexto de reestruturação urbana que, em 1798, o Jardim Botânico foi instalado. O local foi cuidadosamente escolhido, já prevendo a execução das obras do Piri, na extremidade oriental da cidade. Estava também de acordo com os preceitos básicos do urbanismo, os quais determinavam a instalação de passeios públicos e jardins nas periferias incultas da cidade e o aproveitamento de áreas ditas como inúteis ou impróprias para o cultivo, mediante a drenagem e aterro do alagado. (SANJAD, 2001)

Então, o Jardim Botânico paraense nasceu com a finalidade não apenas de aclimação de espécies exóticas ou estrangeiras que a metrópole indicara, mas também para o cultivo e domesticação de espécies nativas ou plantas indígenas, como eram conhecidas, coletadas nas matas, inclusive de árvores de construção (madeira) que, posteriormente, foram utilizadas tanto para ornamentar as futuras ruas que seriam abertas com o secamento do Piri, como para grandes construções e finalidades comerciais.

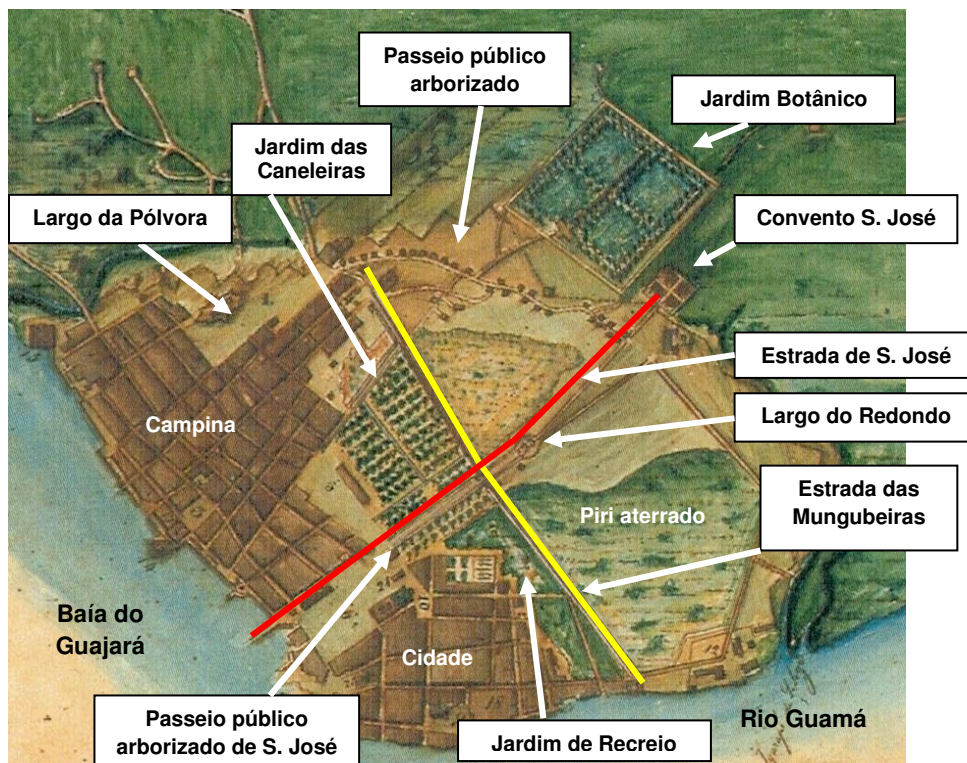
A primeira finalidade do Jardim Botânico aparece no relato de Antônio Ladslal Monteiro Baena, que descreve a introdução de espécies nativas e exóticas na arborização de ruas criadas com as obras do Piri:

Os engenheiros fizeram sair do referido Paul¹⁶ três longas e largas estradas de passeio agradável, orladas de renques de árvores Mungubeiras, Taperebazeiros e Laranjeiras, e cingidas de valas de esgoto, que facilmente aglomeram as águas junto da travessa de Caetano Rufino em uma só corrente, que passa por baixo da estrada do arsenal de marinha e sai ao mar pela calha de uma eclusa fabricada perto a preamar (BAENA 1838 apud CRUZ, 1973)

O conjunto das estradas seguia um traçado estratégico que interligava o Palácio do Governo ao Jardim Botânico, onde a estrada das Mungubeiras (*Bombax munguba*) fazia um ângulo obtuso no seu cruzamento. Nesse local seria construído o primeiro passeio público da cidade, ornado com “brancas e fragrantes rosas mogorins” e com a “flor do general” oriundo do Cabo da Boa Esperança, tudo para deixar o passeio agradável e o ambiente perfumado e bem arejado. Também foi plantado em 1804, o Jardim das Caneleiras, uma extensa área tomada ao Piri para a produção de uma das mais valiosas especiarias. Mais adiante na mesma estrada de São José e mais próximo do Jardim Botânico, foi construído um largo circular para a venda das plantas hortadas, conhecido como Largo do Redondo que fora ornado com espécies frutíferas (Figura 26) (SANJAD, 2001).

¹⁶ Paul, termo adotado pelo autor para designar um terreno alagado, pantanoso como era visto o lago do Piri.

Figura 26: Localização do Jardim Botânico de São José.



Fonte: Adaptado da planta do Pará de autoria de Fournier (Pereira 2015).

O ajardinamento e arborização das ruas e estradas era uma tendência de jardins de cidades européias, pois se atribuía às plantas uma utilidade saneadora e higienizadora dos ambientes justificando, assim, a presença da vegetação nos passeios públicos e logradouros urbanos que, atualmente, não existem mais como era o exemplo das Estradas de São José (atual 16 de Novembro) e das Mungubeiras (atual Av. Tamandaré) (Figura 27).

Figura 27 - Estrada de São José (A) ornada por palmeiras imperial, (B) estrada das mungubeiras guarnecida de mungubas (*Bombax munguba*). Hoje (C) Av. 16 de Novembro (antiga Estrada de São José) e (D) Av. Tamandaré (antiga estrada das mungubeiras)



Fonte: googleMapas (A,C); www3.domestic.de/Ar/Sam25-0002.jpg.(B); Trabalho de campo (D)

A outra finalidade do Jardim Botânico foi a função exclusivamente comercial. As ações como a implementação do Jardim das Caneleiras, nada mais foi do que a produção de uma das mais valiosas especiarias do Período Colonial, a canela, bem como a domesticação de plantas indígenas coletadas na mata principalmente de árvores consideradas, é o caso da madeira de lei muito utilizada na produção moveleira, naval e residencial.

Cruz (1973) afirma que a corte portuguesa tinha predileção pelas madeiras da região e que muito se exportou para reconstrução de Lisboa. Na capital do estado, muita madeira era utilizada na carpintaria naval principalmente após a construção do arsenal de marinha em 1761. As principais madeiras exploradas eram Pau D'arco (*Tabebuia serratifolia*), Jenipapo (*Genipa americana*), Ipê (*Tabebuia chrysotricha*),

Cedro (*Cedrela odorata* L.), Piquiá (*Caryocar brasiliense*), Pau Santo (*Kielmeyera marauensis*), Pau Óleo (*Capaidera Langsdorfii* Desf), Sucupira Vinhático (*Pterodon emarginatus*.), Acapu, Angelim Pedra (*Andira anthelmia*), e Angelim Rajado (*Pithecelobium racemosum* Ducke *Mimosaceae*). Essas espécies eram encontradas tanto na floresta quanto por dispersão antropogênica, trazidas pelos viajantes que paravam em diversas localidades aproveitando para colher sementes e mudas de espécies, as quais, posteriormente, deixavam para serem cultivadas no Jardim Botânico do Pará.

Segundo Sanjad (2001) com o intuito de ampliar a reserva de madeira para a marinha real e para o comércio D. Rodrigo determinara às várias capitanias tomar todas as precauções para a conservação das matas, evitando que elas fossem destruídas. No Grão-Pará o governador foi instruído a declarar de propriedade da coroa todas as matas e arvoredos a borda da costa ou rios. Obrigava os proprietários de terra a conservarem as madeiras e “paus reais” e punir os “incendiários e destruidores das matas”.

Por fim, uma terceira função do Jardim Botânico, deveria ser em última instância, o centro de um complexo científico, que viria a ser construído no início do século XIX, contando com mais de 2.362 plantas, mais de 140 espécies entre frutíferas, ornamentais e árvores destinadas a produção de madeira; as de fora e perto do ressinto representavam 441 em número de 51 espécies diferentes entre si, além as da área interna. As principais espécies relacionadas eram Abriçó (*Mammea americana*), Fruta-Pão (*Artocarpus altilis*), Manga (*Mangifera indica*), Biriba (*Annona mucosa*), Banana (*Musa spp*), Cacau (*Theobroma cacao*), Café (*Coffea arabica* L.), Castanha (*Bertholletia excelsa*), Jambo (*Syzygium jambos*), Laranja (*Citrus sinensis*), Mangaba (*Hancornia speciosa*), Mandioca (*Manihot esculenta*), Urucu (*Bixa orellana*), Seringa (*Hevea brasiliensis*), dentre outras (SEGAWA, 1996; SANJAD, 2001).

Muitos dessas espécies, tanto nativas como exóticas, já vinham sendo domesticadas e aclimatadas. Grande parte implementadas por meio de transferência de sementes e mudas de um dos maiores estabelecimentos coloniais da Guiana Francesa conhecida como *La Gabrielle*. Um dos organizadores deste acervo de espécies era o francês Michel de Grenouillier dado como Engenheiro Agrícola e grande conhecedor de grandes expoentes da botânica e da natureza.

Posteriormente a direção ficou para Jacques Sahut, passando depois a responsabilidade ao capitão de regimento da cidade o português Marcelino José Cordeiro; ambos já faziam experimentos de arborização de ruas, praças e jardins com espécies aclimatadas e domesticadas do Jardim Botânico, o que serviu de base para estudos dos primeiros naturalistas Spix e Martius quando visitaram a província entre os anos de 1817 e 1820 (SEGAWA, 1996).

Segawa (op cit) relata a impressão dos visitantes sobre o Jardim Botânico:

Este pomar, atualmente administrado por um militar, cultiva com especialidade as citadas especiarias das Índias Orientais, cujo número de pés se havia consideravelmente aumentado, quando os portugueses se apoderaram de Caiena em 1809, e o conhecido botânico Martin, diretor das plantações em Gabrielle, foi encarregado, pelo comandante Manuel Marques, de fazer remeter mudas novas para o Pará (SPIX e MARTIUS citado por SEGAWA, 1996, p115).

Até uma biblioteca foi montada com diversos livros de matemática, economia, agricultura, história natural, medicina, higiene e exemplares, os quais tratavam sobre jardins.

O incentivo à leitura, a instalação de biblioteca, instituições de ensino técnico e a instalação do Jardim Botânico, as obras de saneamento e embelezamento da cidade e organização da vida urbana representaram grande investimento da coroa portuguesa, na busca pela obtenção do controle sobre um grande território recém-conquistado, o território amazônico. Garantir o controle do território era assegurar o poder sobre recursos que pudessem vir a oferecer como, por exemplo, os recursos madeireiros que já se vinha explorando.

Todavia, o avanço da urbanização e a exploração da madeira derrubaram algumas prioridades do D. Rodrigo. A conservação das “madeiras de construção” e o reflorestamento das matas reais foram abandonados fazendo com que diminuísse o interesse do governo sobre o patrimônio vegetal.

Esse “certo abandono” do patrimônio vegetal se refletiu no Jardim Botânico e no horto das Caneleiras, pois de acordo com Segawa (1996) em 1820 já se encontravam em estado de decadência e em 1902 não existiam mais. Em seu lugar foi construída a Avenida 16 de novembro. Tanto o Jardim Botânico como o horto das Caneleiras (*Cinnamomum zeylanicum*), tiveram suas funções botânicas e seus principais objetivos cumpridos: arborizar a Cidade, prover lazer, diversão pública, e espaços de encontro da população, sem falar na estrada das Mungubeiras, uma das

principais avenidas com imensas árvores que sombreavam de lado a lado a estrada de São José. Tem-se assim, os primeiros registros da preocupação dos governantes da época em manter a cidade bem arborizada, melhorar a qualidade de vida da população, sanear o ambiente e amenizar a sensação térmica.

Graças à implantação do Jardim Botânico, ocorreu a arborização da cidade e o embelezamento de estradas como a das Mungubeiras que se destacava na paisagem da província, elogiada e muito lembrada pelos viajantes naturalistas que por aqui passaram com a missão desafiadora de fazerem novas descobertas e conquistas sobre a biodiversidade amazônica. Os naturalistas tiveram papel importante de demonstrar através de narrativas e desenhos que a cidade de Belém já vinha passando por um processo de arborização em meio à Floresta Equatorial. Processo esse reconhecido pela predominância da paisagem florística e climática da cidade, no período de crescimento urbano.

Em meados do século XIX Belém foi visitada por muitos estrangeiros entre os quais, diversos naturalistas a fim de estudarem a fauna e a flora amazônica. As expedições ao Amazonas objetivavam além de realizar coleções de tudo quanto interessasse à história natural, também reunir fatos, “com o fito de resolver o problema da origem das espécies” impulsionada pelo estudo de Darwin (WALLACE, 2004).

As expedições ao vale Amazônico tinham sempre como ponto de partida a província de Belém onde os naturalistas relataram diversas situações como descrição da cidade, o cotidiano de seus habitantes, registro da flora e fauna, aspectos físicos e estruturais da hileia amazônica.

Uma das primeiras expedições foi organizada por Henry Walter Bates, juntamente com Alfred Russel Wallace, no ano de 1848¹⁷. Os dois naturalistas iniciaram, juntos, as suas excursões de estudos, feitas, a princípio, nas circunvizinhanças de Belém do Pará. Posteriormente seguiram as expedições de Luiz Agassiz e Elizabeth Cary Agassiz; Daniel Parish Kidder e depois com James Cooley Fletcher. Todos fizeram diversos registros sobre a região Amazônica em especial a cidade de Belém.

¹⁷ Para conferir obras dos naturalistas, consultar o site www.ufpa.br 2.0

3.5. Fase de Continentalização da cidade de Belém (1839 a 1919)

O período de 1839 a 1919 é considerado por Abelém (1985) como a Fase de Continentalização da Urbanização. Foi um momento de grande progresso no processo de expansão e urbanização da Primeira Léguas de Belém, devido ao respaldo econômico proporcionado pela exploração lucrativa advinda da economia da borracha (OLIVEIRA, 1992). Entretanto, durante os anos de 1897 a 1911, período conhecido como *Belle Époque*¹⁸ quando Belém era administrada pelo o Intendente Antônio José de Lemos, a cidade viveu a fase considerada áurea.

São atribuídos a esse período o embelezamento e desenvolvimento da cidade, os calçamentos de madeira foram substituídos pelos granitos. Foram construídos o Mercado de Ferro; o Quartel dos Bombeiros; o Asilo de Mendicidade; o Necrotério Público; a rede de esgotos. Os largos foram transformados em praças ajardinadas; surgiram novos bairros planejados como Nazaré, São Brás, Umarizal e Marco que ganharam aberturas de ruas e travessas. Enfim, foram promovidos vários tipos de melhorias do perímetro urbano, inclusive com a instalação da iluminação pública, com rede elétrica, transporte público por bondes elétricos; surgiram também, os grandes jornais diários como “A Província do Pará” e a “Folha do Norte”, que refletiam o progresso da capital guajarina, junto aos importantes prédios residenciais, comerciais e culturais que foram construídos nessa época. Desde então a cidade não parou mais de crescer e de se expandir principalmente no sentido Nordeste da Primeira Léguas. É importante ressaltar que o governo de Antonio Lemos deixou um plano urbanístico que priorizava a arborização da cidade e que teve seu início com o período da *Belle Époque*. (SARGES, 2002)

3.5.1. As principais bases do desenvolvimento da *Belle Époque*.

Entre a segunda metade do século XIX e as primeiras décadas do século XX, importantes cidades como Rio de Janeiro, Recife, Salvador, São Paulo, Porto Alegre e Belém, passaram por processo de transformações e modernização no plano urbano. As velhas estruturas coloniais foram profundamente alteradas por um novo

¹⁸ *Belle Époque* é o período ocorrido entre os anos de 1880 a 1910. Houve uma euforia e triunfo da sociedade burguesa no momento em que se notabilizavam as conquistas materiais, tecnológicas e comerciais incorporadas à dinâmica econômica decorrente principalmente da atividade de extração da borracha que gerou muitos lucros para uma elite da sociedade Belenense (DAOU, 2000).

modo de vida baseado em um padrão europeu. Este processo de modernização ficou conhecido como *Belle Époque*, considerado como um novo conceito de modernização urbana das áreas centrais e circunvizinhas que as elites emergentes procuravam construir compatível com seus interlocutores internacionais especialmente ingleses e franceses (MACEDO e SAKATA, 2002).

O período da *Belle Époque* marca as grandes transformações e modernização no plano urbano da cidade de Belém, correspondente, mais precisamente, entre os anos de 1870 (século XIX) a 1912 (século XX). Momento baseado no progresso econômico, crescimento demográfico e estruturação urbana. Até por volta de 1850 (século XIX), Belém apresentava uma economia de pouca expressão, pautada na exploração das drogas do sertão e especiarias (canela, cravo, frutas, plantas medicinais etc.) sendo muitas delas cultivadas dentro do próprio perímetro urbano.

O quadro econômico começou a mudar a partir da segunda metade do século XIX, com uma descoberta revolucionária, a vulcanização¹⁹ da borracha feita pelo norte-americano Charles Goodyear. A matéria-prima utilizada para a produção da borracha é o látex, um leite extraído da seringueira²⁰ (*Hevea brasiliensis*) vegetação genuinamente amazônica encontrada em abundância e bastante dispersa pela floresta da região amazônica. A partir desta descoberta intensificou-se a produção da borracha e o produto ganhou o mercado internacional, principalmente com o desenvolvimento da indústria automobilística e do navio a vapor, que facilitou o transporte de mercadorias, tornando assim a borracha a principal manufatura de exportação.

À medida que crescia a procura pelo produto, havia a necessidade de se explorar mais, entretanto a produção esbarrava na falta de mão de obra, pois as seringueiras não se encontravam tão próximas umas das outras, mas bastante dispersas pela floresta. Então o governo do Pará, para solucionar o problema de mão de obra necessária para atender à essa nova atividade econômica, criou incentivos de migração, direcionados, principalmente, para a população do nordeste

¹⁹ Tratamento da borracha natural com átomos de enxofre, o que a torna mais elástica, resistente e insolúvel (FERREIRA, 2001).

²⁰ A seringueira já era conhecida pelos índios amazonenses muito antes da descoberta da América, chamavam-na de “cachuchu” ou “cauchu” que significa “árvore que chora”. Os índios já usavam o látex na impermeabilização de objetos de uso domésticos (SARGES, 2002).

brasileiro, região que passou a fornecer a força de trabalho necessária para a economia gomífera.

Dentro deste cenário de inserção da Amazônia no sistema capitalista internacional, pode-se considerar que, sem dúvida, este quadro econômico suscitou mudanças que refletiram significativamente na estrutura social, política, econômica e estrutural da cidade de Belém, ocasionando alterações no modo de vida, nos padrões de comportamento e costumes da população e na ascensão da burguesia da borracha como classe dominante (SARGES 2002). Essa nova elite começou a organizar e aparelhar a cidade para desempenhar novas funções administrativas, arquitetônicas e culturais, baseadas em ideias totalmente externas e para beneficiar a própria classe dominante.

As ruas coloniais, estreitas e de calçamento rústico, já não eram compatíveis com os novos meios de transporte coletivo e individual que vinham ganhando espaço nas cidades. As calçadas deveriam ser mais largas, para comportar a implantação de arborização e iluminação pública; as velhas construções, de taipa e pedra, foram substituídas por construções de alvenaria, que exibiam em suas fachadas as últimas tendências estampadas nos manuais e obras de referência da arquitetura europeia, em especial a francesa (MACEDO e SAKATO, 2002).

A construção de casas de espetáculos como o Teatro da Paz²¹, o Cinema Olímpia, as casas de Cafés, eram espaços de grande circulação de ideias e discussões políticas. As construções não paravam por aí, com a grande riqueza criada pelo látex, além do Teatro da Paz, foram erguidos o Mercado Municipal do Ver-o-Peso, o Palacete Bolonha, Palacete Pinho, criação de bancos, a implementação de linha de bondes, serviço de iluminação a gás, telégrafo, rede de esgoto e água potável, e o aparelhamento e infraestrutura da área portuária para atender a crescente atividade de exportação da borracha.

No plano social, as famílias ricas começaram a sair paulatinamente dos bairros da cidade (hoje Cidade Velha) e da Campina, que se transformaram no centro das atividades comerciais e industriais, para as áreas onde se concentravam as rocinhas, as quais vinham passando por intervenções urbanas dando origem aos

²¹ O teatro da Paz teve sua pedra fundamental lançada em três de março de 1869. A construção foi iniciada em trinta de abril de 1869; foi inaugurado solenemente em quinze de fevereiro de 1878, considerado o marco arquitetônico do período da borracha (ANDRADE 2003).

novos bairros mais elitizados como Nazaré, Batista Campos, São Brás e Umarizal. Em decorrência desse processo, em busca de novos e melhores espaços para estabelecerem residência e com a ajuda do poder público, as elites empurraram a população de baixa renda para áreas cada vez mais distantes do centro da cidade, já que este lugar vinha recebendo melhorias. A população desapropriada de suas terras passou a constituir os bairros considerados mais periféricos da cidade, porém ainda dentro dos limites da Primeira Léguas Patrimonial.

O processo migratório levou a um aumento da população de 61.977 habitantes em 1872 para 236.402 habitantes em 1920 (Quadro 04). A população empobrecida, sem condições de residir na área de expansão, em franco processo de melhorias urbanísticas, passou a ocupar as áreas periféricas insalubres, como margens de rios, canais e áreas pantanosas, agravando, ainda mais, a situação de moradia e conseqüentemente, aumentando os problemas sanitários de saúde, aumentando os casos de moléstias como a varíola que assolava a população nesse período.

Quadro 04: Crescimento populacional da cidade de Belém entre 1872 a 1920.

População	
Ano	Cidade de Belém
1872	61.997
1900	96.560
1920	236.402

Fonte: Adaptado de Sarges, 2002.

Toda essa expressiva modelagem urbana, de novas áreas, deu origem a prédios públicos, aterros de áreas alagadas, pavimentação de ruas, novos padrões de produção de vida e cultura, construção de espaços livres como praças, parques e avenidas, priorizando a arborização, sob a égide da salubridade. Áreas inteiras da cidade passaram a ser mais saudáveis, dotadas de toda infraestrutura necessária à vida moderna das elites, o que provocou, conseqüentemente, a expulsão dos antigos moradores para lugares de pior acesso e habitação. A melhoria que a cidade vinha apresentando exigia disciplina e ordenamento, e, para exercer essa tarefa, nada melhor que o poder público na figura dos intendentess, os quais planejaram a cidade e criaram novos mecanismos de regulamentação como código de postura da

vida social na cidade. (MACEDO e SAKATO, 2002; SARGES, 2002; ANDRADE, 2003).

Dos intendentess²² que governaram Belém no período da *Belle Époque*, quem mais se destacou no exercício da função, dando maior atenção às questões de transformações urbanísticas, culturais e estéticas foi Antonio José de Lemos²³. Ele governou a cidade no período de 1897 a 1910. Através de sua administração, foram implementadas reformas bastante significativas para a cidade dentre as quais uma política de saneamento e embelezamento, com a retomada e intensificação da arborização da cidade conforme o enfoque dado nesta sessão.

3.5.2. Antonio José de Lemos e sua política de saneamento e embelezamento da cidade de Belém.

A cidade de Belém, tanto no período Imperial quanto nos primeiros tempos republicanos, já apresentava uma série de avanços. Entretanto, foi no governo de Antonio Lemos que ocorreram as mais profundas alterações no meio urbano, seja nos espaços já urbanizados da cidade seja nas áreas de expansão recentes. Alterações baseada na ideia de saneamento e embelezamento, fazendo com que Belém se destacasse no cenário nacional e até internacional (ANDRADE, 2003).

O governo de Antonio Lemos (1897 a 1910) foi marcado por muitas obras e críticas, devido dar mais atenção à parte mais elitizada da cidade, deixando de lado as áreas periféricas onde se encontrava grande parte das famílias de baixa renda. Para intervir nos graves problemas da cidade, contratou técnicos, artistas e trabalhadores para fazerem reparos, limpeza, abertura de calçamentos, passeios e ruas, construção e desobstrução de calhas, valas, sarjetas, etc. Ajardinou e embelezou as praças, ordenou o alargamento, nivelou e alinhou as ruas e travessas da cidade (LEMOS, 1902). Ainda que apresentasse diversos problemas, principalmente para as áreas mais afastadas do centro, Belém ergueu-se altiva, com ares de uma capital da modernidade, bem urbanizada, como é relatada na obra *Belém da Saudade*:

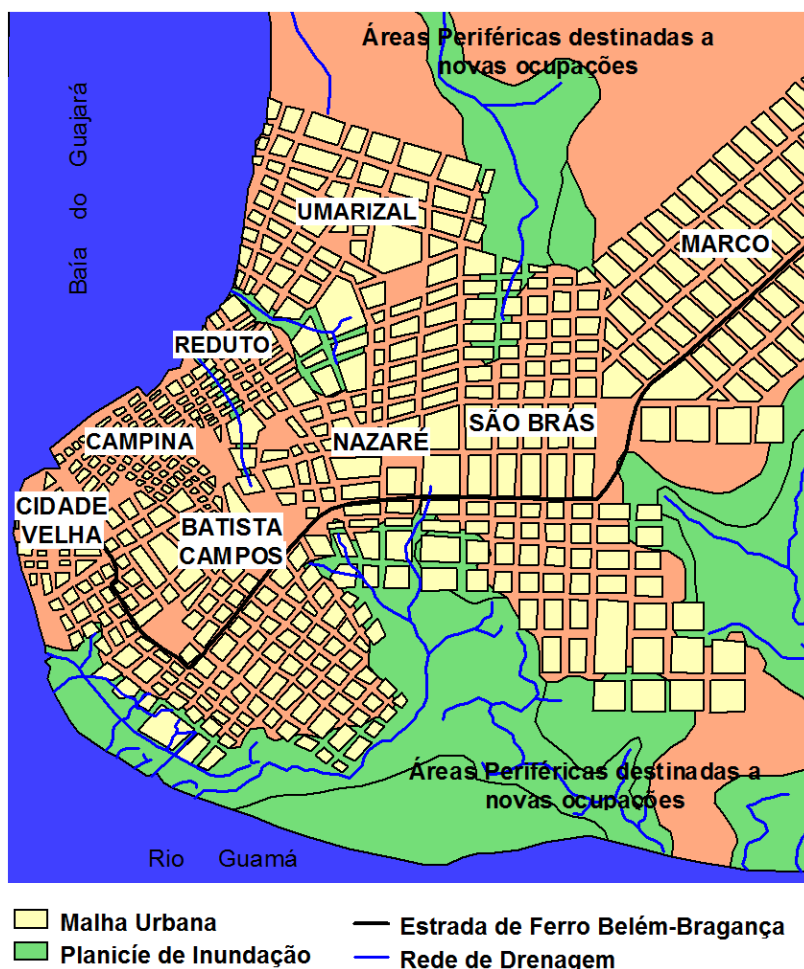
²² Cargo político equiparado a de prefeito

²³ Ao longo de da exposição se irá tratar o Intendente Antonio José de Lemos apenas como Antonio Lemos como é conhecido na literatura e pela a sociedade em geral.

Em 1905, o município de Belém possuía uma área de 40.156.568 m², com 24.103.972 m² de área edificada, o que correspondia a 53 ruas e avenidas, 52 travessas, um número incalculável de “corredores” e pequenos caminhos, 22 largos, 790 construções assombradas, inclusive os palacetes, 9.152 prédios, 2.600 pequenas casas e onze grandes trapiches nos portos (Secretaria de Cultura, 1998 p.25).

A expansão da cidade tomava grandes proporções ao longo da Primeira Léguas, principalmente com a abertura da estrada de ferro Belém-Bragança que passou a ligar a cidade de Belém ao litoral do estado entre os anos de 1908 a 1957. Construída ao longo dos terraços e tabuleiros, ocasionou a retirada da vegetação e a ocupação que, posteriormente, originou o bairro do Marco, com seus amplos terrenos e com uma regularidade no traçado de suas ruas. A pouca vegetação remanescente encontrava-se mais ao norte, sul e sudeste da Primeira Léguas Patrimonial margeando os principais rios que drenavam os terrenos periféricos (Figura 28).

Figura 28 - Planta urbana da cidade (1904) governo de Antonio Lemos destacando os bairros da Batista Campos, Marco, Nazaré, São Brás e Umarizal, os novos bairros da cidade.



Fonte: Adaptado de Muniz, 1904 citado por Cardoso e Neto, (2013).

Se, por um lado, essa sistemática urbanização atendia aos interesses específicos das elites de Belém, que passou a ocupar toda a porção de terra firme, por outro criava espaços desvalorizados periféricos, para onde a população de baixa renda passou a migrar por não ter condições de residir em espaços que se tornaram altamente segregados, devido às grandes intervenções para melhorias de saneamento e embelezamento (CARDOSO e NETO, 2013). Tanto o bairro do Marco como as áreas periféricas que, posteriormente, deram lugar ao surgimento de novos bairros, só passaram a ser ocupados maciçamente a partir da década de 1960.

Em contrapartida, as consequências do crescimento urbano, fizeram a cidade passar por grandes problemas de insalubridade. O adensamento demográfico fez surgir uma periferia com baixa qualidade de habitações, com graves problemas com falta de abastecimento de água potável e com ausência de lugares para a eliminação de dejetos. Por vezes, a população era atingida por grandes epidemias, causada pela falta de saneamento e pela enorme movimentação de pessoas e mercadorias através da atividade portuária. (MIRANDA et al. 2015)

Antônio Lemos acreditava que as melhorias podiam vir através da implementação de rede de esgoto, construções de edifícios elegantes, ajardinamento e arborização de praças e vias com copa das árvores, de onde se poderia exalar o oxigênio em ondas reconfortadas para o interior dos prédios, atendendo à dupla exigência do embelezamento e higienização (AIROZA, 2010).

O exagero de Lemos pelo saneamento e embelezamento da cidade foi financiado pela economia seringueira, permitindo um vultoso investimento de capital público e privado, fazendo de Belém uma cidade única acrescida dos signos de sofisticação, higienização e agilidade da vida citadina.

Uma das referências que descrevem as principais intervenções da Intendência Municipal, sobre o plano urbano são os relatórios municipais escritos pelo próprio Antonio Lemos, apresentados à Câmara, a partir de 1900 deixando claras todas as etapas e períodos do processo de saneamento e embelezamento da urbe:

Que dizer das obras feitas em cinco annos, para o embellezamento e saneamento urbano? Enumera-las todas, chronologicamente, seria alongar de modo desmensurado este livro, mas vou, pois, em rapidas páginas registrar notas apenas sobre os serviços mais notaveis emprehendidos pela Intendencia, para aformosear e sanear esta cidade (LEMOS 1902 p. 93-4).

Eu seus relatórios, Lemos fez uma lista descritiva das principais obras para melhorar o saneamento e o embelezamento urbano. Realizou obras tais como: o melhoramento das vias públicas, reparo, limpeza e abertura de calçamentos, áreaa de passeios e ruas; construção, limpeza e desobstrução de calhas, valas, sargetas, etc.; pintura e reparos em prédios públicos; obras de drenagem do solo e dessecação de áreas pantanosas; construção de crematórios de lixo; construção de pontes e pontilhões em diversas ruas drenadas por canais; alargamento de ruas e avenidas. Para solucionar o problema da distribuição de água, autorizou os seguintes serviços: instalação de poços artesianos em locais apropriados, desapropriação de mananciais na sede da capital.

No início do século XX, Belém já assumia a feição de um canteiro de obras, onde os locais tradicionais (largos, praças, avenidas e ruas antes abandonadas e insalubres) recebiam tratamento refinado espelhado nas cidades européias.

Ao longo de todo seu governo, Antônio Lemos e sua política de embelezamento urbanístico transformou Belém — outrora a longínqua capital do norte do Brasil — numa cidade bela, iluminada, pavimentada, em pleno progresso. (SOARES, 2009)

Além de todas as obras de melhorias de saneamento do sítio urbano, Antonio Lemos acreditava que o processo de higienização e embelezamento também poderia ocorrer por um processo de arborização da cidade, baseado nos moldes das cidades européias, como Paris que apresentava diversos tipos de espaços verdejantes, distribuídos por meio de alinhamento que margeava toda a cidade (CHOYA 1999 citado por AIROSA, 2010). O próprio Lemos relata:

Acompanhando os progressos da cidade, tem-se desenvolvido extraordinariamente o serviço de arborização, o qual, ao assumir o governo do município, encontrei desprovido de elementos para uma actividade proveitosa. A decadência geral que se me deparava n'este, como nos demais ramos da administração, foi logo combatida com efficacia. (...) o serviço de arborização merece os maiores cuidados do poder municipal. Não esqueço o concurso prestado ao saneamento urbano pela arborização em larga escala. Por isso, tenho ampliado este serviço com escrupulosa atenção, desde o primeiro dia de meu governo (LE MOS 1902, p. 199).

Assim, o projeto de arborização da cidade de Belém, não só atendia aos objetivos de salubridade, mas também abria espaços de convívio social e que teriam outra função, como amenizar a temperatura, já que a cidade de Belém apresenta

rigorosas temperaturas o ano todo. Posteriormente, outras funções foram sendo incorporadas aos espaços verdejantes da cidade.

3.5.3. A retomada e intensificação de arborização da cidade de Belém por Antonio Lemos

Apesar de muitos acreditarem que foi no governo de Antonio Lemos que a cidade passou a ser arborizada, ele apenas retomou o processo de arborização que já vinha sendo feito desde os governos do período Imperial. Como já foi mencionado, Lemos, ao assumir a intendência passou a dar maior atenção à arborização da cidade por saber que a vegetação cumpre diversas funções no ambiente urbano, entre essas funções está a concepção de saneamento estético, climático, social.

O trabalho de rearborizar a cidade começou pelas praças construídas a partir de largos²⁴, os quais foram idealizados com as edificações religiosas, pelo aparecimento de campos ou terreiros. Os largos, no governo Imperial, mantinham uma filosofia urbana portuguesa de serem apenas espaços para ajuntamento público, sem necessidade de se transformar em recantos de lazer ou de encontros da população. Só passaram a ter essas funções a partir dos projetos urbanísticos que transformaram esses amplos espaços em praças.

Soares (2009) comenta que os principais largos que se tornaram importantes praças para a cidade de Belém, começaram, pelo largo que deu origem às primeiras residências; em seguida, surgiu a construção da Igreja Matriz, o Largo da Matriz, mais tarde chamado de Largo da Sé, hoje Praça Dom Frei Caetano Brandão. Posteriormente ao lado do largo da Sé, surgiu o Largo de São João Batista, atualmente Praça República do Líbano; posteriormente, o Largo do Carmo (o quarto da colônia), atualmente Praça do Carmo, e, à medida que a cidade crescia surgiram novos largos que, depois, foram sendo transformados em importantes praças da cidade descritas no quadro (Quadro 05) e na Iconografia (Figura 29).

²⁴ Largos e praças são espaços públicos que urbanisticamente têm o mesmo significado e a mesma função. No Brasil, o uso das diferentes denominações é apenas temporal. A colonização portuguesa nos trouxe a palavra “largo”, significando espaço aberto para manifestações diversas. Com a instalação da República, a influência da cultura urbanística francesa na política municipalista disseminou entre nós o uso da palavra praça, até hoje mais usual (SOARES, 2009).

Quadro 05 - Denominação dos largos que originaram as principais praças da cidade de Belém-Pa.

Largo	Praça	Bairro
Largo da Matriz ou Sé	Praça Dom Frei Caetano Brandão	Cidade Velha
Largo São João Batista	Praça República do Líbano	Cidade Velha
Largo do Carmo	Praça do Carmo	Cidade Velha
Largo de Santo Antônio	Praça Dom Macedo Costa	Campina
Largo das Mercês,	Praça Visconde do Rio Branco.	Comercio
Largo da Misericórdia	Praça Barão do Guajará.	Campina
Largo do Rosário da Campina	Pracinha Largo do Rosário	Campina
Largo do Bagé	Praça do Arsenal ou Praça 11 de Junho	Cidade Velha
Largo de São José	Praça Amazonas.	Jurunas
Largo da Pólvora	Praça da Republica	Campina
Largo dos Quartéis	Praça da Bandeira	Campina
Largo de Sant'Ana	Praça Maranhão	Campina
Largo do Palácio	Praça Dom Pedro II	Cidade Velha
Largo de Nazareth	Praça Justo Chermont ou Praça Santuário de Nazaré	Nazaré
Largo da Trindade	Praça Barão do Rio Branco	Campina
Largo de Sergipe	Praça Batista Campos	Batista Campos
Largo do Esquadrão	Praça Brasil	Umarizal
Largo de São Brás foi dividido em praças menores	Praça de São Brás; Praça Magalhães Barata; Praça do Operário.	São Brás

Fonte: Soares, 2009

Figura 29 - Iconografia dos principais largos que posteriormente tornaram-se praças.

Gravuras dos Largos de Belém PA 1884	Praças nos dias atuais
Largo da Matriz 	Praça Dom Frei Caetano Brandão 
Largo do Bagé 	Praça do Arsenal 

Largo da Trindade



Praça Barão do Rio Branco



Largo das Mercês



Praça Visconde do Rio Branco



Largo de Nazareth



Praça Santuário de Nazaré



Largo do Carmo



Praça do Carmo

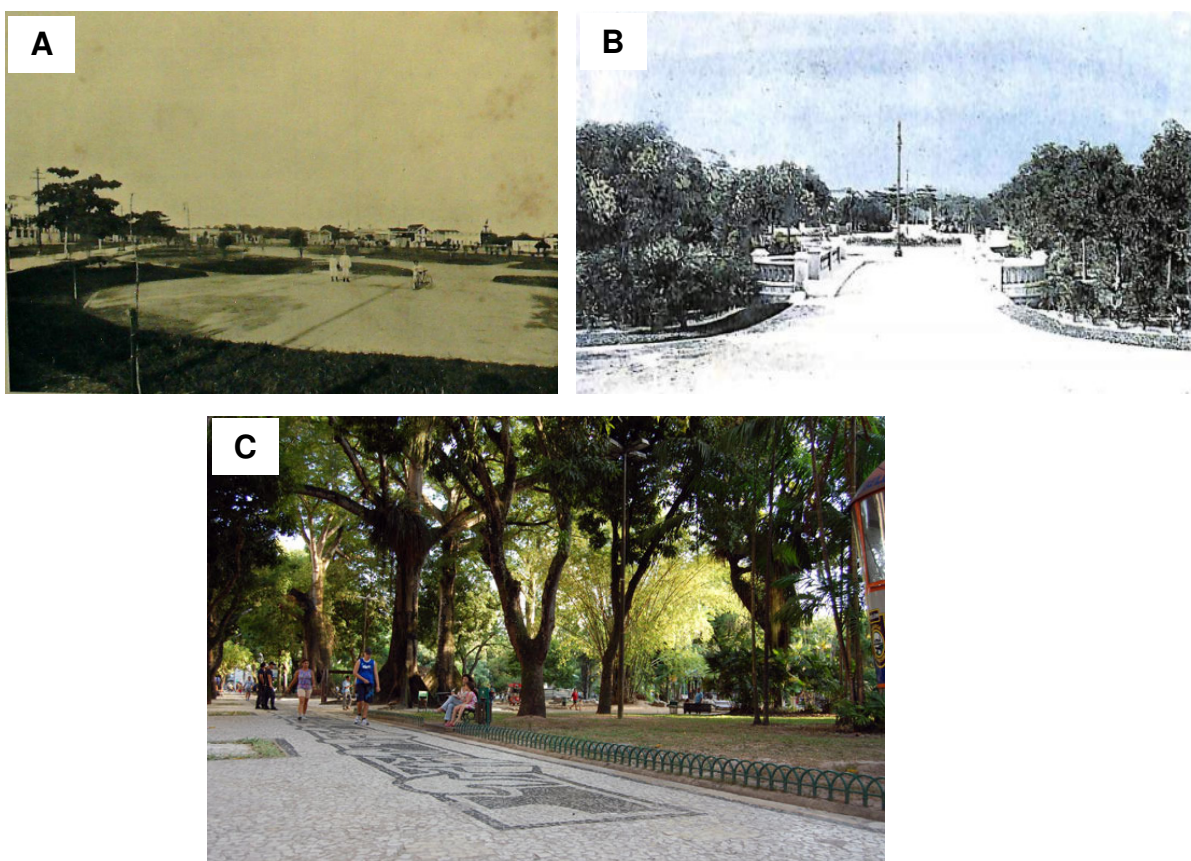


Largo do Palácio 	Praça Dom Pedro II 
Largo dos Quartéis 	Praça da Bandeira 
Largo da Pólvora 	Praça da República 
Fonte: Gravuras RIGHINI, Joseph Léon (1884), Centro de Memória da Amazônia – UFPA (http://www.ufpa.br/cma/imagenscma.html) acesso em 03/01/2016; Fotos: Trabalho de Campo.	

Antes das intervenções modernizadoras do intendente Antônio Lemos, os espaços públicos de Belém não eram todos urbanizados ou ajardinados. Eles serviam apenas como locais de passagem. Apesar de algumas poucas praças estarem razoavelmente bem cuidadas, não havia função social como o costume de passear e se encontrar por lá. Só começaram a ter uso social com o advento da economia da borracha, que possibilitou à intendência dar um novo rumo aos

espaços livres com obras de reordenação, restauração limpeza e implementação de plantio de árvores (Figura 30).

Figura 30 - Praça Batista Campos passando por processo de transformação de logradouro em praça, (A) logradouro Salvaterra sem arborização; (B) Praça Sergipe, com presença de vegetação arbustiva; (C) Praça Batista Campos com arborização arbórea.



Fonte: Álbum do Pará (1899) (A); Belém da Saudade (1998) (B); <http://itbabies.net/tag/passeios> (C).

Uma das características inovadoras (uma atitude assumida pelo intendente) das praças e jardins belenenses era de não serem cercadas por barreiras interpostas que os isolavam do âmbito público. Os jardins não tinham “portas”, mas “entradas” arquitetonicamente definidas, obedecendo “ao moderno plano civilizador dos jardins sem grade, concebido e posto em prática, no Brasil, pela Intendência de Belém. Os parques e jardins eram “inteiramente abertos, sem o menor obstáculo ao livre acesso dos transeuntes, já de dia, já à noite” (RELATÓRIO MUNICIPAL, 1904 citado por SEGAWA, 1996).

Além das praças, Antonio Lemos mandou arborizar as principais ruas, avenidas e artérias da cidade, tanto da parte consolidada, como da área de

expansão da Primeira Léguas, sempre levando em consideração os aspectos técnicos, saneamento e estética da cidade, como ele próprio relata:

Não são somente os jardins e praças que se transformam em parques. Também as ruas de maior largura recebem o benefício da arborização. Nos subúrbios, são admiráveis as longas avenidas, todas correctamente adornadas de árvores umbrosas. O aspecto d'estas amplas vias públicas é cada dia mais agradável à vista, pelo desenvolvimento gradual das plantas de que são dotadas. Tenho desvanecimento em proclamar que Belém é uma das cidades brasileiras melhor e mais fartamente arborizadas (Lemos 1902, pp. 199-200).

O intendente implementou em Belém um notável sistema de arborização e substituição de árvores nos logradouros públicos, nas grandes avenidas, praças, ruas e travessas de maneira sistemática. Foram diversas as tentativas de plantar espécies de vegetais que pudessem transformar a paisagem urbana do ponto de vista estético, salubrista e moral.

Para tanto, vários ensaios foram realizados com diversas espécies de árvores que viesse atender as exigências da intendência no que diz respeito à arborização urbana. Nesse quesito, Lemos ordenou que em locais carentes de saneamento fossem plantados eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) importados do sul do país e da Europa. O uso dessa espécie não foi satisfatório, porque muitas acabavam morrendo, eram raras as que conseguiam vingar. Mereceu também a preferência da administração o plantio de amendoeira (*Prunus dulcis*) sumaumeira (*Ceiba pentandra*) e mutambeira (*Guazuma ulmifolia*), entretanto, essas espécies ofereceram algumas desvantagens, como porte, perda de folhagem, que tornaram seu uso inapropriado no meio urbano (LEMOS, 1902).

De todas as espécies utilizadas na arborização da cidade, a mangueira²⁵ (*Mangifera indica*) foi a que mais se adequou ao projeto de arborização de praças e das principais vias dos bairros da área central. Tanto é que até os dias atuais é percebido, através dos túneis de mangueiras, o quanto foi positivo o uso dessa espécie por uma questão não só da estética e embelezamento, mas também pelo conforto térmico que proporciona para os cidadãos.

²⁵ A Mangueira (*Mangifera Indica*) nativa do sul da Ásia é uma árvore frondosa, própria de ambientes com clima tropical, mas que se desenvolvem bem em condições climáticas subtropicais. Estas árvores atingem uma altura entre 35 a 40 metros. Sua folhagem é perene, com folhas que medem de 15 a 30 cm de comprimento e 6 a 16 cm de largura. A *Mangifera Indica* e a *Mangifera Foetida* são as espécies mais dispersas pelo mundo. (AIROZA, 2010)

A gestão de Antônio Lemos na Intendência Municipal não foi à pioneira na utilização de mangueiras, mas foi quem as priorizou na arborização dos logradouros belenenses. Essa plantação da espécie se justifica devido ao juízo de valor que o intendente tinha a respeito da importância do vegetal:

Estou hoje convencido da superioridade da mangueira, — a árvore clássica de nossos antepassados, cujas qualidades são numerosas. Com efeito, desenvolve-se com rapidez, cresce a alturas consideráveis e esgalha com regularidade. Mas a todas estas vantagens, a mangueira allia ainda as de uma folhagem densa e constantemente renovada. Sua sombra é ampla e perfeita.

Foi por isso que, entre ordens por mim dadas ultimamente no Horto municipal, salienta-se a recomendação para o cultivo, em grande escala, de mangueiras destinadas à arborização, de preferencia a quaesquer outras árvores (LEMOS 1902, p. 200).

Belém, uma cidade com grande presença de mangueiras na paisagem urbana, remonta à ação desenvolvida naquela época, quando se contava com os serviços do Horto²⁶ Municipal, habilitado a domesticar, aclimatar e suprir o grande número de árvores que careciam as ruas, avenidas e praças da capital; juntamente com o apoio do Museu Goeldi²⁷, fornecia mudas para ornamentação das ruas e praças. Para se ter ideia da importância do Horto no processo de prover as mudas de mangueiras necessárias para o plantio e replantio, Airoza (2010) relata que de um total de 1860 pés de plantas, 1075 eram de mangueiras, ou seja, quase 60% do que o horto cultivava para a arborização da cidade eram dessa espécie.

Empenhado em dar maior atenção ao serviço de arborização, Antonio Lemos reaparelhou o horto municipal com a finalidade de fornecer mudas necessárias à arborização da cidade; estabeleceu um Código de Postura que proibia que as árvores fossem cortadas e/ou apedrejadas pela população. Também se preocupou em estimular o relacionamento dos habitantes com a natureza mostrando a

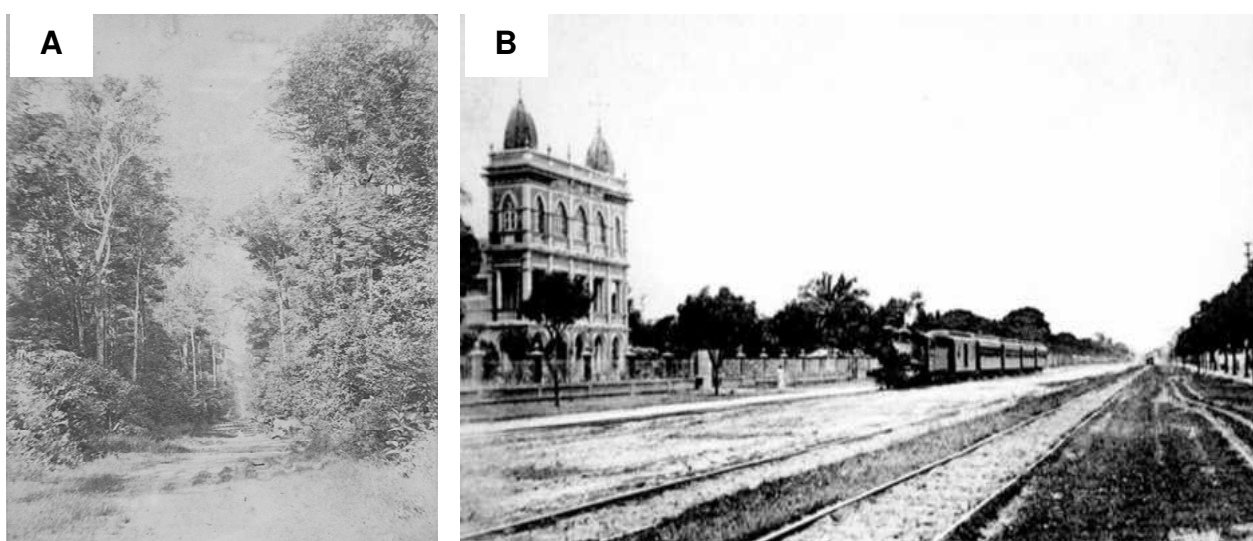
²⁶ Antonio Lemos criou Horto municipal, localizado na Rua dos Mundurucus, esquina com a Dr. Moraes, onde se encontra até hoje. Entretanto, este foi considerado o segundo horto que a cidade teve, pois o primeiro, como já foi visto, tinha a mesma função de aclimatar, domesticar e fornecer mudas para a arborização da cidade. Localizava-se, no período imperial, na estrada das Mungubeiras, atualmente é Av. Tamandaré.

²⁷ O Museu Paraense Emilio Goeldi foi fundado em 1866 pelos naturalistas Louis Agassiz e Domingos Soares Ferreira Pena com o objetivo de servir como apoio às expedições dos diversos naturalistas que visitavam a Amazônia, formar cientistas e iniciar coleções que pudessem ser preservadas no próprio país. Em 1895, o museu passou a ocupar o terreno de uma Rocinha localizado na estrada de Nazaré (hoje Av. Magalhães Barata), de propriedade do Sr. Bento José da Silva Ramos, onde foi fundado o parque Zoológico. Atualmente o Museu, conta com uma área de 52.000m² com mostras da fauna e flora regional; espaço muito utilizado para a educação e lazer da população. (MACEDO e SAKATO, 2002; www.museu-goeldi.br/portal)

importância da vegetação como fonte de purificação do ar e na geração de sombreamento para a cidade. Assim, Belém prosperava viçosamente tornando uma cidade mais atraente com suas belas praças e ruas arborizadas. Lemos sentia verdadeira paixão em ver a cidade esplendorosamente verdejante. Na contramão do embelezamento florístico da cidade, autorizava a abertura de inúmeras ruas e travessas no bairro do Marco promovendo a retirada da mata nativa.

A grande área de vegetação nativa e densa que se encontrava as cercanias do perímetro urbano nos primeiros séculos já se apresentava escassa nos limites da Primeira Léguas, durante o governo de Antonio Lemos em virtude do processo de expansão da cidade e abertura de estradas como a Estrada de ferro Belém-Bragança (Figura 31).

Figura 31 - (A) Estrada de Bragança em meados do séc. XIX, (B) estrada de ferro Belém-Bragança no início do séc. XX, com pouca arborização de ruas e quintais.



Fonte: Álbum do Pará 1899 (A); Fidanza, [18?] (B)

Esse era o preço do progresso urbano de Belém, perder toda a sua cobertura vegetal nativa. Porém, resquícios dessa mata nativa foram preservados com a implementação do Bosque²⁸ municipal do Marco da Léguas.

A criação deste logradouro público foi idealizada pelo Barão de Marajó, José Coelho da Gama Abreu, geógrafo da Amazônia e presidente da Província, que se inspirou em um famoso logradouro conhecido como “*Bois de Bologne*”, uma área

²⁸ Originalmente denominado de Bosque municipal, abrange uma área aproximadamente de 150.000m². No início do século XX recebeu o nome de Bosque Rodrigues Alves (MACEDO e SAKATA, 2002).

com vegetação localizada em Paris (França), o qual tentou reproduzir uma réplica em Belém. No entanto, esse logradouro só foi instalado e inaugurado pelo então presidente da Câmara Municipal, Sr. João Diogo Clemente Malcher, em sessão de 25 de agosto de 1883. A proposta consignava ao Bosque as dimensões de 200 braças em quadro. A abertura deste logradouro atraiu grande número de visitantes principalmente aos domingos. Foi considerado um dos símbolos de progresso saudável do bairro do Marco da Léguas (LEMOS, 1902).

Entretanto, este importante espaço público de lazer e de contemplação da natureza não foi devidamente cuidado tanto pela administração anterior a Lemos como pela população que o frequentava. É o que menciona o próprio intendente:

Infelizmente, por motivos cuja analyse não desejo fazer, a importante propriedade municipal entrou em decadência rápida, à falta dos devidos cuidados. Com effeito, causára-me tristeza a visita official por mim feita áquelle próprio municipal, que, todavia, por sua simples belleza natural, é objecto de encanto ao viajante acostumado a admirar obras d'arte nos grandes bosques europeus. A vegetação começava a rarear; no árvoredo sentia-se falta de muitos indivíduos e outros tendiam a desaparecer. Os trabalhos artisticos ali ficaram circumscriptos ao que foi possível realizar na epocha da inauguração official. Em fim, era sensível a decadência do Bosque. Para ajuizardes que intuição havia d'este género de recreio publico, bastará dizer-vos que os visitantes exerciam na matta, á primitiva, as suas mais urgentes necessidades physicas (LEMOS, 1902 p. 193).

Consternado com a situação de abandono do Bosque da Léguas, Lemos ao assumir o governo comunicou ao conselho municipal que o bosque do Marco da Léguas precisava de melhorias não só sob o ponto de vista de sua conservação, mas afim de colocá-lo em melhores condições de uso. A princípio o conselho municipal sugeriu a expansão dos limites do Bosque, porém Lemos alegando motivo econômico achou por bem mantê-lo com as mesmas dimensões de sua inauguração, pois o intendente temia que revitalizar uma área maior pudesse se tornar muito dispendioso.

Assim, a revitalização do Bosque baseou-se nas principais obras de reconstrução de todas as cabanas; o arruamento assimétrico de toda a mata; construção de grutas com aspecto rústico; uma cascata; riachos; lagos; pontes de falsas pedras; pavilhões para músicas e viveiros para abrigar animais da fauna amazônica. Não foi esquecida a instalação de banheiros, amplamente servidos por água corrente. O denso bosque possui espécies remanescentes da floresta nativa

amazônica, as quais recobriam toda a porção continental do município de Belém (LE MOS, 1902; CRUZ, 1973; MACEDO e SAKATA, 2002; CORRÊA, 2007).

Após alguns anos de obras de revitalização o bosque do Marco da Léguas foi reinaugurado em 1903, passando a ter uma nova denominação de Bosque Rodrigues Alves, em homenagem a Francisco de Paula Rodrigues Alves, então presidente do Brasil. Mais recentemente no ano de 2002 o bosque ganhou o *status* de Jardim Botânico da Amazônia, considerado um pedaço da Floresta Amazônica literalmente preservada no coração da cidade (Figura 32). Passando também a ser um fragmento de floresta isolada em meio ao grande avanço da urbanização e verticalização do seu entorno que exerce grande pressão comprometendo a preservação desse espaço vegetado na cidade.

Figura 32 - Vista panorâmica do Jardim Botânico da Amazônia, com destaque para a grande pressão que vêm sofrendo da construção civil e urbanização da cidade.



Fonte: www.g1.globo.com/pa (Foto Tarso Sarraf/O Liberal).

Apesar das medidas de arborização terem sido pautadas na relação de saneamento, embelezamento e progresso, que constituía o tripé da administração de Antonio Lemos, nenhuma se mostrou tão eficaz como a contribuição da vegetação para o fator climático. Além do saneamento e embelezamento, o intendente tinha grande preocupação com o rigor do clima equatorial quente e úmido. As altas temperaturas demonstravam ser um problema ambiental sério para a cidade e seus habitantes.

A necessidade da população de Belém de se proteger do calor do sol fez com que Lemos determinasse que os parques e praças incluindo as avenidas fossem inteiramente abertos, sem menor obstáculo ao livre acesso dos transeuntes, que encontrariam aprazível prazer em caminhar sob a sombra florida durante as horas do dia. A *Belle Époque* inspirava muitos homens e mulheres a se vestirem com muito glamour, como ternos e gravatas, vestidos longos com muito estilo, nada apropriado ao clima de Belém (Figura 33).

Figura 33 - Avenida da República (atualmente av. Assis de Vasconcelos), transeuntes bem vestidos caminhando sob a sombra das belas mangueiras plantadas ao longo da avenida.



Fonte: Álbum do Estado do Pará (1908).

Além de desfrutarem de amplo sombreamento a população respirava um ar mais puro. Assim Belém crescia próspera e com farta arborização no centro da cidade, entretanto, nas periferias não apresentava a mesma realidade. É importante frisar este descompasso do progresso, pois, todavia, Lemos reformou basicamente a região central da cidade, já que era nela que a burguesia da borracha se concentrava, concentrava a renda e a circulação do capital.

Nesse processo de construção de uma sociedade moderna, a pobreza e os indigentes eram considerados um desvio aos preceitos estabelecidos como "civilizados" por Lemos. A solução encontrada pela intendência foi retirar a mendicância do convívio social, do centro da cidade e das proximidades da classe dominante. Tal atitude de acabar com o "doloroso e triste espetáculo da

mendicância” que assolava as ruas da capital, veio por meio da construção do Asilo da Mendicidade. Fora construído a nordeste do marco final do espaço urbano e de instituições hospitalares que foram segregadas para áreas distantes do centro da cidade como o Lazareto do Tucunduba e o Hospício de Alienados. Houve também, a criação de Hospitais de Isolamento, no caso o Domingos Freire e, posteriormente, o São Sebastião - todos administrados pela Irmandade Santa Casa de Misericórdia, construídos na porção sudeste, considerada periferia da Primeira Léguas (LE MOS, 1902; MIRANDA et al. 2015).

Essa área de forte presença de hospitais de isolamento, leprosário, onde se construiu também o cemitério municipal de Santa Izabel (1887) e o Asilo Infantil Santa Terezinha, que abrigava os filhos nascidos no hospício do Tucunduba, depois da desativação de muitas instituições hospitalares, deu origem a novos bairros como o do Guamá, Montese (Terra Firme) e Condor. É importante notar que a referida área, apesar da proximidade com o centro da cidade, estava inserida no contexto urbano de Belém como um “depósito de lixo social”. Por não receber as devidas melhorias urbanas, tais bairros surgiram a partir de processo de ocupação extremamente desordenado, o que originou ao que é hoje um dos bairros mais populosos do município de Belém, o bairro do Guamá. (RAMOS, 2002).

O mesmo aconteceu com o extremo norte da Primeira Léguas, desprovida de saneamento e embelezamento, passou a abrigar também famílias de baixa renda e os operários que trabalhavam nas fábricas e áreas portuárias instaladas no bairro do Reduto e da Campina. Essa concentração do contingente populacional na parte norte promoveu o surgimento também de novos bairros como o Umarizal, Telégrafo, Sacramento e Pedreira.

Tanto os novos bairros do Norte como os bairros Sudeste e Sul da Primeira Léguas foram desassistidos pela intendência, que não promoveu a inclusão deles à parte central da cidade através do sistema de saneamento e embelezamento. Não receberam também a devida arborização de mangueiras que embelezavam as principais ruas e praças do centro da cidade e que orgulhava tanto a intendência. Limitavam-se à ínfima arborização remanescente de quintais. A partir da segunda metade do século XX, mais precisamente a partir da década de 1960, passaram por grande reestruturação urbana e crescimento populacional promovido pelos grandes

projetos instalados na Amazônia e pela abertura da Rodovia Belém-Brasília consolidando o processo de expansão e urbanização da Primeira Léguas.

3.6. Período da expansão urbana da Primeira Léguas (pós 1919)

Após 1919 com o efeito da crise da borracha, Belém passou a ter sua economia dependente da atividade portuária, o que causou grande reflexo na organização social. De acordo com Andrade (2003), a modernidade e a infraestrutura trouxeram para os bairros novos, que se encontravam nas cotas mais altas, como de Nazaré, Batista Campos, São Brás, Marco, moradores de maior poder aquisitivo. Muitos dos grandes e belos prédios históricos de Belém encontram-se nesses bairros. Seus estilos são símbolos da riqueza conseguida no auge da exploração da borracha na Amazônia, que assinalou mudanças profundas na estrutura urbana da cidade. Os palacetes, solares e os casarões construídos nos bairros mais centrais, garantiram um toque de requinte e charme às ruas dos bairros, assim como o processo de arborização das principais vias dos bairros tendo em vista que o processo de arborização é um fator que até os dias atuais é percebido, através dos túneis de mangueiras, como positivo. Por outro lado, as áreas de baixadas no sentido norte, sul e sudeste da área de expansão não receberam a mesma atenção nas melhorias urbanas. Nestas áreas surgiram bairros por meio de processos de ocupação desordenada.

A cidade fundada em 1616, com o nome de “Feliz Lusitânia”, depois denominada de “Nossa Senhora de Belém do Grão-Pará”, tradicionalmente conhecida como “Santa Maria de Belém do Grão Pará” atualmente, é simplesmente designada de Belém. Cresceu aceleradamente na segunda metade do século XX em direção a nordeste alcançando o limite do marco da Léguas seguindo o eixo da Avenida Tito Franco²⁹. Nesse contexto a ocupação se processava sobre os terrenos de cotas mais altas e, posteriormente, espraiando-se no sentido norte, sudeste e sul consideradas as cotas mais baixas.

²⁹ Tito Franco foi uma importante via do final do séc. XIX onde se instalou a estrada de ferro que ligava Belém a cidade de Bragança - Litoral Paraense. Com passar do tempo a estrada de ferro foi desativada dando lugar a uma importante avenida de entrada e saída de Belém denominada de Almirante Barroso.

3.6.1. O processo de Expansão para o Sul e Sudeste da Primeira Léguas

No final do século XVIII, a ocupação da parte sul e sudeste da área de expansão, iniciou com a construção de uma olaria, com o objetivo de fornecer materiais para a crescente cidade de Belém. A posição geográfica da fazenda, o igarapé do Tucunduba e o rio Guamá, facilitavam o escoamento da produção e sua articulação com o centro da capital (RAMOS, 2002).

Neste período, Segundo Ramos (2002), o igarapé Tucunduba servia intensamente à pesca, ao tráfego de pequenas embarcações, sendo a maior parte de sua várzea ocupada por matas e as poucas casas, na maioria de madeira e taipa, possuíam imensos quintais. Vale notar que a referida área, apesar da proximidade com o centro da cidade, ainda estava inserida ao contexto urbano de Belém como um “depósito de lixo social” retirando do meio social pessoas com graves problemas de saúde.

Nesse sentido, foram construídos hospitais de isolamento, antigo leprosário, os cemitérios de Santa Izabel (1887) e da Ordem Terceira de São Francisco (1885), dos hospitais Domingos Freire, São Sebastião e São Roque (fundados em 1900 e situados na área do atual Hospital Universitário João de Barros Barreto) e do Asilo Infantil Santa Terezinha, que abrigava os filhos nascidos no hospício do Tucunduba.

Após a desativação do Leprosário do Tucunduba, os terrenos tiveram períodos de grande ocupação populacional, causados pela reabilitação da economia da borracha no Estado e, principalmente, a partir das décadas de 60 e 70 do séc. XX, com a implantação dos Grandes Projetos Econômicos na Amazônia. Esses momentos foram marcados pelo grande êxodo rural que, aliado ao encarecimento dos terrenos do centro da cidade, levou a população de baixa renda a ocupar as áreas periféricas ou baixadas.

Nesse contexto, surgem bairros como Jurunas, Condor, Guamá e Montese (Terra Firme). As primeiras e principais ruas, consideradas caminhos de terra batida, que eram por muitas vezes abertas pelos próprios moradores, surgiram sem o mínimo de infraestrutura urbana, diferente das ruas dos bairros centrais que receberam intervenção do Estado.

Em função do processo de melhoramento do centro da cidade, o deslocamento populacional do centro ocorreu também para a periferia do setor

norte, obrigando muitas famílias de trabalhadores a ocuparem áreas da cidade que não tinham o mínimo de infraestrutura urbana, como a várzea do igarapé do Una. Desta maneira, a ocupação do solo urbano da cidade transformou-se abruptamente das áreas mais altas (terraços e tabuleiros) para as áreas mais baixas e alagadas (Planícies dos rios, Tucunduba, Estrada Nova e Una), que passaram a representar a possibilidade de garantir, ainda que sem o mínimo de condições, o direito à moradia, a grande parcela da população de baixa renda.

3.6.2. O processo de Expansão para o Norte da Primeira Léguas.

A região norte da Primeira Léguas, considerada periferia imediata do centro industrial do então bairro do Reduto, já abrigava operários e funcionários do centro industrial, também era considerado como antiga área de negros. Tratava-se de uma área considerada quase isolada do restante da cidade, apresentava habitações e ruas extremamente precárias. Por isso era vista com certa desconfiança por parte dos moradores do centro

À medida que populações de baixa renda foram perdendo espaços nas áreas centrais da cidade de Belém, acabavam sendo manejadas para espaços periféricos. Esses espaços de certa maneira, não apresentavam as mínimas condições de moradia; sem falar nas áreas alagadiças que também foram sendo ocupados. Este contingente de pessoas de baixa renda que migraram para a parte norte da Primeira Léguas foram construindo bairros conhecidos hoje como Umarizal, Telégrafo, Sacramento, Barreiro e Pedreira. É importante destacar que os bairros surgiram a partir do projeto urbanístico de Belém, durante o governo do intendente Antônio Lemos a partir de 1905 em seu segundo mandato, quando foram demarcadas as quadras e as ruas. Estes bairros também serviram de refúgio para as populações discriminadas.

O crescimento dos bairros foi acompanhando o crescimento populacional da cidade de Belém, principalmente nas décadas de 50, 60 e 70 do século XX. A ocupação dos bairros periféricos foi feita, ainda, por uma população de baixa renda, principalmente nas áreas mais alagadas, sob forte influência da bacia do Una.

O acelerado processo de verticalização que acontecia inicialmente na década de 1940 na cidade de Belém, especialmente na Avenida 15 de agosto (atual

Presidente Vargas), e que mais tarde, a partir dos anos 70, estendeu-se para outras áreas da cidade principalmente para os bairros do Umarizal e Pedreira, criando uma nova configuração espacial para essas localidades que até o início do século XX estavam excluídas do processo de urbanização. (CRUZ, 1973; SILVA, 2005; LEAL, 2005; VALENTE, 1994 citado por RIBEIRO, 2005)

Contudo, a partir da década de 1940 havia uma preocupação em conter o avanço da cidade, que teve como efeito a criação de um cinturão institucional com a finalidade de frear o avanço da expansão urbana além dos limites da Primeira Léguas como aponta Oliveira (1992):

Até por volta de 1940, havia uma tendência de limitar a extensão da cidade a Primeira Léguas Patrimonial, a ponto de sua infraestrutura encerrar-se na fronteira dela. Esse “Cinturão” Institucional, na verdade, constituiu-se como fator limitante à expansão da malha urbana (OLIVEIRA, 1992 p. 64 e 65).

O “Cinturão Institucional” também conhecido como “Cinturão Verde” foi a delimitação de uma grande faixa de terra na década de 1940 que obedecia ao formato em arco à altura do limite da Primeira Léguas Patrimonial constituída por grandes áreas florestadas que passaram a pertencer a instituições na seguinte ordem: Universidade Federal do Pará (UFPA), Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Ministério da Marinha, Exército e Aeronáutica e outras instituições menores (TRINDADE JR. 1997). Posteriormente à década de 1940 do séc. XX, o crescimento populacional rompeu os limites do “Cinturão Institucional” surgindo novos bairros no sentido Norte (Av. Augusto Montenegro) e Nordeste (BR 316, antiga estrada de Ferro Belém-Bragança).

Portanto, desde a fundação da Feliz Lusitânia, no início de 1616, a necessidade de expandir a colônia com o crescimento gradual, a partir dos largos abertos na densa floresta Amazônica, dando lugar ao sítio urbano, até os dias atuais, a arborização urbana sempre foi um motivo de preocupação dos muitos governantes tendo seu ápice a partir do Governo de Antonio José de Lemos. Porém, restrita apenas à porção central da Primeira Léguas da cidade, tendo um reflexo negativo para as demais áreas ditas periféricas que constitui a Léguas. Esse descompasso da arborização, que constitui a Primeira Léguas Patrimonial, refletiu-se

na desigualdade da vegetação urbana atual, retratada diretamente por meio de indicadores como Índices de Cobertura Vegetal, Índice de Cobertura Vegetal por Habitante, na qualidade ambiental de alguns bairros. O resultado disso se reflete num quadro ambiental preocupante para a cidade de Belém, principalmente no que tange as questões climáticas, fruto do intenso processo de desmatamento, arborização e crescimento da cidade de Belém.

CAPÍTULO 4. A ATUAL ARBORIZAÇÃO URBANA DA CIDADE DE BELÉM

A atual cobertura vegetal da cidade de Belém teve suas bases desde o processo da fundação da cidade, tendo seu ápice no governo do intendente Antonio José de Lemos, que priorizou a arborização dos bairros da área central, enquanto que os bairros mais afastados do centro não receberam a mesma atenção.

Antonio Lemos conhecia as conveniências da arborização urbana sob o ponto de vista da salubridade estética e principalmente da função climática. Sob o ponto de vista do clima a vegetação servia para amenizar os efeitos dos raios solares, a sombra das árvores promovia refrigério aos transeuntes nas horas mais cálidas do dia, trazia conforto e animação aos logradouros e ruas e muito tinha a contribuir com a saúde pública (AIROZA, 2010). Rocha Pombo (1918) citado por Airoza (2010) considerava que uma das peculiaridades da arborização de ruas e praças, era que a abundante arborização modificava os mais fortes fatores do clima local como a temperatura.

Os dois problemas centrais decorrentes do clima relacionavam-se à, primeiramente, incipiente presença de árvores nas ruas, parques e praças e também; e segundo, à estrutura de suas ruas geralmente curtas e estreitas, dificultando, portanto, uma ventilação ideal. Ambos os problemas poderiam ser resolvidos com amplo processo de arborização das praças, criação de parques e a abertura, alargamento e arborização das ruas e avenidas da cidade. O calor excessivo demandou um grande esforço da intendência no processo de adoção e implementação da arborização urbana. O abrangente plano de arborização só foi possível graças à criação do segundo Horto municipal, que produziu mudas de árvores em larga escala para atender à demanda do plano proposto. (ANDRADE, 2003)

Primeiramente, analisando os bairros da área central (Cidade Velha, Campina, Batista Campos, Nazaré, Reduto, São Brás, Marco e Umarizal), as intervenções paisagísticas, principalmente no processo de arborização que esses bairros sofreram, inseriram-se em um processo de reordenação e abertura de vias de circulação, construção, revitalização de praças, jardins e parques promovidos pelo governo de Antonio Lemos. O Intendente tinha grandes preocupações com o

aspecto da forma (estético/funcional) e de tempo, pois esses espaços estariam interagindo com a paisagem do tempo presente e futuro.

Outro fator do processo de arborização segundo Andrade (2003), justificava-se pelo fator climático. Belém apresenta um tipo climático equatorial quente e úmido, onde se registram elevadas precipitações e temperaturas o ano todo. Esse rigor climático naturalmente traz desconforto térmico à população belenense. Muitos moradores atribuem as elevadas temperaturas à incipiente presença de árvores nas ruas, parques, praças e, também, à estrutura de suas ruas geralmente curtas e estreitas dificultando uma ventilação ideal. No entanto, até então, este padrão construtivo era uma estratégia para promover um melhor sombreamento (Figura 34).

Figura 34 - Padrões de ruas estreitas e sem arborização na área central (A) bairro da Cidade Velha, (B) bairro da Campina.



Fonte: Trabalho de campo 2016

O Serviço de Arborização no governo de Antonio Lemos mereceu os maiores cuidados do poder municipal, prestando um serviço de saneamento urbano em larga escala. As ruas de maior largura receberam o benefício da arborização que passou a ter a função de “refrigerar” a cidade e amenizar as altas temperaturas. Entretanto, a ideia de um plano de embelezamento se efetivou apenas em áreas específicas do centro, priorizando o plantio de mangueiras (*Mangifera indica*) como se observa na Figura 35. À medida que se afasta do centro, a arborização de mangueiras começa se escassear surgindo na paisagem da cidade outras espécies, em menor quantidade.

A ideia de usar mangueiras na arborização da cidade foi constituída a partir do entendimento do plano de arborização que era ampla e irrestrita, que indicava a

opção de determinadas espécies para compor o estrato arbóreo da cidade e que deveria conciliar tanto o aspecto relacionado à salubridade com a estética.

Figura 35 - Arborização de mangueiras pelo seu porte arbóreo forma belos “túneis verdes” em praças e avenidas da área central da cidade.



Fonte: Trabalho de Campo, 2016.

Por outro lado, não se pode dizer o mesmo dos bairros que constituíam a periferia durante o Governo de Antonio Lemos. Ao norte (Telégrafo, Pedreira, Sacramento, Fátima) e ao Sul e Sudeste (Guamá, Jurunas, Cremação, Condor, Montese) não tiveram o mesmo tratamento. Ao longo do desenvolvimento desses bairros a cobertura vegetal foi se perdendo dando lugar à ocupação espontânea, restando apenas resquícios de vegetação em quintais. As poucas ruas que apresentam arborização não foram contempladas com as espécies de mangueira, mas sim por Oitizeiros (*Licania tomentosa*) Castanholas (*Terminalia catappa*), Ficus (*Ficus benjamina*, *Ficus sp.1* e *Ficus sp.2*), Cássia (*Cassia siamea*) entre outras espécies. Verificava-se até mesmo a ausência total de vegetação. (Figura 36).

Figura 36 – (A) Arborização de Oiti de porte mais arbustivo; (B) Castanholas em bairros mais afastados do centro e (C) ruas sem arborização.



Fonte: Trabalho de campo, 2015.

No primeiro caso (Figura 35) a forma linear da cobertura vegetal, as espécies utilizadas e seu porte indicam que a arborização implementada nas ruas dos bairros da área central foi bem planejada. No segundo caso (Figura 36) os bairros que se encontram afastados do centro não tiveram essa mesma atenção do planejamento e apresentam arborização irregular na forma, tamanho e no uso das espécies. Não recobrem totalmente a via como observado na figura (36 A) ou apresentam apenas um lado da via arborizado (36 B). Em outros casos, alguns locais são desprovidos de vegetação como observado na figura (36 C).

Essa escassez de áreas vegetadas e o uso de espécies no processo de arborização urbana tendem a ser corrigidos por meio do Plano Municipal de

Arborização Urbana de Belém (PMAUB), instituído pela lei ordinária 8.909/2012 que propõe em linhas gerais os seguintes objetivos:

Estabelecer as diretrizes de planejamento, diagnóstico, implantação e manejo permanentes da arborização urbana; monitorar a quantidade, qualidade, acessibilidade, oferta e distribuição de espaços livres e áreas verdes no tecido urbano; utilizar a arborização na revitalização de espaços urbanos e seus elementos visuais; implementar e manter a arborização como instrumento de desenvolvimento urbano, qualidade de vida e equilíbrio ambiental; definir um conjunto de indicadores de planejamento e gestão ambiental de áreas urbanas e unidades de planejamento, por meio de cadastro georeferenciado dos espaços livres; estabelecer critérios de distribuição e dimensionamento da arborização nas unidades de planejamento, por meio de diferentes escalas e funções do sistema de espaços livres; estabelecer critérios de acompanhamento e fiscalização dos órgãos e entidades públicas, agentes da iniciativa privada e sociedade civil nas atividades que exerçam com reflexos na arborização urbana; integrar e envolver a sociedade, com vistas à manutenção e a preservação da arborização urbana; orientar o manejo da arborização urbana, através de cursos, palestras e atividades afins, sempre direcionados ao âmbito cultural, ambiental, turístico e paisagístico (PORTO e BRASIL, 2013 p.96). (grifo nosso).

Assim, o PMAUB, que traz importantes mecanismos, que foram destacados, vem corroborar para a importância e valorização da arborização urbana, a qual deve ser entendida como elemento essencial para proteção do meio urbano, principalmente em cidades como Belém, localizada na zona equatorial. A vegetação tem a função de amenizar os efeitos da radiação solar através da absorção realizada pelas folhas e de minimizar as condições do microclima local. Esses efeitos são perceptíveis pela população por meio do sombreamento propiciado pela copa das árvores, pela ventilação e pela redução da poluição do ar (PORTO e BRASIL, 2013).

É importante frisar que o PMAUB define que o estudo da vegetação pode ser realizado em diferentes escalas tanto no âmbito de regiões fitogeográficas, como em biomas, domínios, estratos da cobertura vegetal e micro-habitats. É importante destacar, também, que em todos os estudos da vegetação se faz necessário o levantamento de informações referentes à composição florística, características fisionômicas, estrutura da vegetação e distribuição espacial (FURLAN, 2005). A autora ainda considera que o estudo sistemático da vegetação envolve as seguintes etapas: observação e descrição da vegetação da área em estudo; definição dos métodos para os levantamentos florísticos e fitossociológicos; desenhos do perfil da vegetação (diferentes estratos vegetais); coleta de material para a identificação das espécies. O planejamento da arborização urbana deve considerar, ainda, o tipo de

edificações, o impacto no cotidiano do lugar, que deverá ser analisado segundo seu contexto urbanístico, histórico e paisagístico, distinguindo-se as especificidades de cada zona ou bairro, centros históricos, áreas turísticas, orlas e áreas residenciais, de comércio e serviço.

Os manuais de arborização urbana são importantes instrumentos para o planejamento da arborização das cidades, bem como um importante instrumento que pode vir reparar graves problemas como o que aconteceu na cidade de Belém, principalmente nos bairros periféricos, historicamente denominados de “baixadas”: Jurunas, Canudos, Cremação, Guamá, Condor, Telégrafo, Pedreira, Sacramento. Esses bairros apresentam uma vegetação pouco uniforme quanto ao número de árvores plantadas. Em alguns locais, são completamente desprovidos de vegetação, resultando de um intenso processo habitacional baseado em um modelo de ocupação espontânea com assentamentos precários que não disponibilizam espaços para criação de áreas arborizadas, como praças, parques e muito menos para a arborização de ruas. Assim, grande parte da cidade apresenta um déficit permanente de arborização agravado pelo processo de especulação e ocupação desordenada do solo.

Portanto, esses agravantes como o histórico de ocupação e uso da terra desordenado do sítio urbano de Belém, vêm contribuindo para os baixos Índices de Cobertura Vegetal (ICV), e do Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICV/Hab), na porção que corresponde a Primeira Léguas Patrimonial.

4.1. Quantificação e configuração espacial da vegetação da Primeira Léguas Patrimonial.

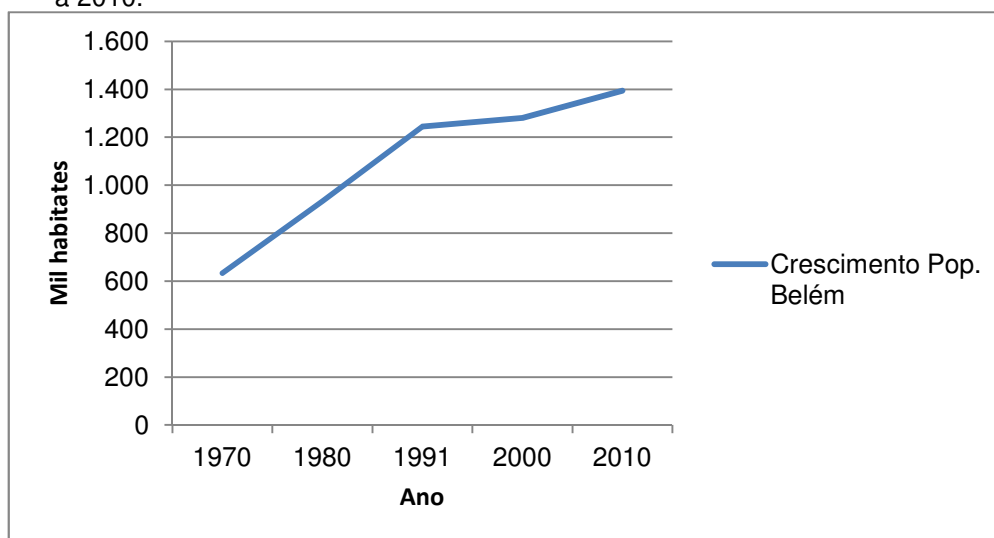
Após o governo de Antonio Lemos, os governantes que o sucederam continuaram com a política de embelezamento e revitalização do centro da cidade. Assim ao longo dos anos os bairros centrais da cidade continuavam fartamente arborizados, enquanto que a periferia apresentava incipiente arborização tendo seu agravante a partir da segunda metade do século XX, mais precisamente a partir da década de 1970, considerada um marco de transformações para a região.

Com o declínio da economia da borracha ocorrido nas primeiras décadas do século XX, a cidade de Belém, assim como a região amazônica como um todo,

entrou em uma profunda estagnação econômica, que só apresentou sinais de recuperação com a implementação e desenvolvimento de atividades econômicas como mineração, geração de energia e pecuária conhecidas como grandes projetos³⁰, os quais refletiram também negativamente em grandes questões sociais, gerando um novo surto demográfico. A população de Belém que havia apresentado um decréscimo com a crise da borracha, voltou a apresentar novo crescimento entre os anos de 1970 a 1980, principalmente após a implementação dos grandes projetos.

De acordo com Rodrigues (2000), Belém registrava até 1960 uma população de 402.170 habitantes. Em 1991 a população já atingia a casa dos 1.244.688 habitantes, ou seja, em pouco mais de duas décadas a população da cidade de Belém havia crescido cerca de 210%. A partir da década de 1990 tendeu a crescer mais lentamente (Gráfico 01).

Gráfico 01 - Representação do crescimento da população da cidade de Belém entre os anos de 1970 a 2010.



Fonte: IBGE, 2010.

Uma das causas do crescimento populacional está relacionada ao processo migratório da população do interior do Pará e, de outros estados, para os grandes

³⁰ Os Grandes Projetos implementados na Amazônia, foram considerados um conjunto de intervenções setoriais de grande porte implementadas ou introduzidas pelo Governo Federal voltado para a adoção de infraestrutura como a construção de rodovias como a Belém-Brasília e Transamazônica e incentivos fiscais e financeiros para implementação de grandes hidrelétricas, tais como Tucuruí (PA), Balbina (AM) e Samuel (RO); os megaprojetos de Mineração como os complexos Albrás-Alunorte, o Programa Grande Carajás e Alcoa, além da Agropecuária, Atividades Portuárias entre outros (COSTA, 1994; CARVALHO, 1994).

centros urbanos, em especial para a cidade de Belém. Esse fenômeno migratório provocou concomitantemente tanto a expansão horizontal do perímetro urbano como a redução quase que absoluta das áreas de florestas nativas, principalmente em áreas de baixadas, onde grande parte dos imigrantes passou a estabelecer residência por meio de ocupações espontâneas. Assim, Belém passou a ter uma segregação sócio espacial e florística, constatada a partir da representação cartografia da cobertura vegetal, através de uma série histórica analisada desde o processo de fundação da cidade de Belém até os dias atuais.

Para Nucci & Cavalheiro (1999), “a quantificação da cobertura vegetal deve vir acompanhada de sua configuração”, pois, juntas, podem ser utilizadas como instrumentos e parâmetros de avaliação da qualidade ambiental em áreas urbanas. Entretanto, foi Jim (1989), com seus estudos realizados em Hong Kong, quem elaborou uma configuração das manchas de cobertura vegetal por meio de fotografias aéreas, utilizando critérios geométricos, criando, assim, a classificação que ele chamou de *Tree-canopy cover*, que significa “cobertura da copa das árvores”, classificando em três tipos (Isolado, Linear e Conectado), os quais estão, cada um, subdivididos em três variantes, formando nove categorias de configuração da cobertura vegetal (Quadro 06).

Quadro 06 - Principais formas e variações da Cobertura Vegetal urbana proposta por Jim (1989).

continua

Formas da cobertura vegetal		Variações	
Isolada	As árvores estão em nichos espalhadas e apertadas nas calçadas ou em pequenos jardins, é dominante em locais edificadas com ruas e superfícies impermeáveis que circundam as discretas e pequenas unidades de cobertura vegetal.	Dispersa	Com pequenas unidades com dimensões semelhantes, principalmente árvores solitárias.
		Agrupada	Árvores em pequenos grupos frequentemente misturadas com componentes das edificações
		Aglutinada	Agregação de árvores em grandes unidades em quintais urbanos.
Linear	Apresenta uma justaposição de árvores em uma direção dominante em ruas e avenidas.	Retilínea	Estreito alinhamento ao longo das calçadas ou na periferia dos lotes.
		Curvilínea	Cinturões verdes que circundam morros em áreas urbanas.
		Anelar	As árvores formam um anel contínuo ao redor de pequenos morros e topos elevados por movimentação da terra

Conectada	Apresenta ampla cobertura vegetal e o mais alto grau de conectividade	Reticulada	Rede alongada de cobertura vegetal em áreas não urbanizadas entre construções agrupadas.
		Ramificada	Apresenta mais de 50% da área com cobertura vegetal; copas entrelaçadas formam uma estrutura contínua.
		Contínua	Mais de 75% da área apresentada são cobertas por florestas na periferia com mínimo de intrusão da urbanização

Fonte: Luz e Rodrigues, (2014) adaptado de Jim (1989).

A forma da cobertura vegetal abrangendo tanto a caracterização, como a classificação da vegetação urbana, é um bom indicador de áreas que foram planejadas e/ou as que não tiveram nenhum tipo de planejamento.

A forma da vegetação retrata muito bem a influência da morfologia urbana dos bairros mais planejados, com maior e melhor arborização, principalmente nas vias de circulação e bairros que, pela sua ocupação mais espontânea, apresentam uma menor arborização.

Essa falta de arborização confere aos bairros mais periféricos da Primeira Léguas índices abaixo do recomendado. Para um índice satisfatório, segundo Cavalheiro e Del Piccha (1992); Lombardo (1985), a ONU (Organização das Nações Unidas) assegura que as áreas urbanas devem apresentar um Índice de Cobertura Vegetal (ICV) correspondente a 30%³¹, o que é recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas sendo que áreas com ICV inferior a 5% são consideradas como deserto florístico. Esses índices são obtidos por meio da divisão da quantidade de Cobertura Vegetal disponível pela área do bairro (ICV/Ab).

Segundo Douglas (1983), os distritos urbanos das áreas centrais das cidades são frequentemente considerados como desertos florísticos, por apresentarem áreas desfavoráveis para o crescimento da vegetação, mesmo que consigam dar suporte para o ecossistema urbano. Áreas densamente construídas coexistem com a vegetação intraurbana através de parques, praças, ruas, em pequenos espaços ela possa sobreviver.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) consideram que o Índice ideal de Cobertura

³¹ Cavalheiro e Del Piccha (1992) consideram que índice de 30% foi difundido no Brasil e atribuído à ONU, entretanto, para os autores esse índice não é confirmado pela instituição. Os mesmos autores acreditam que o índice deve ser referir a vegetação de áreas públicas.

Vegetal por Habitante (ICV/Hab.) seja de 12m^2 de área de vegetação por habitante (GUZZO, 1997), entretanto, a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) propõe como índice mínimo $15\text{m}^2/\text{habitante}$. (HARDER et al., 2006). Esse índice são obtidos por meio da divisão da quantidade de Cobertura Vegetal disponível pelo total de habitante do bairro (ICV/Pop.Total) do setor ou do distrito, o que dependerá da escala.

Há de se considerar que, segundo Silva Junior (2006), desde 1980 questiona-se sobre o uso das estimativas de $\text{m}^2/\text{habitante}$, uma vez que esses índices podem contabilizar todo tipo de espaços livres, incluindo terrenos completamente inadequados. No entendimento do autor, coberturas vegetais englobam locais onde predomina a vegetação arbórea, como praças, jardins e parques, e sua distribuição deve servir a toda a população, sem privilegiar qualquer classe social

Contudo, vale ressaltar que Buccheri Filho e Nucci (2006) consideram que os Índices, oriundos de realidades diferentes sejam elas físicas, sociais, econômicas ou culturais, certamente não surtirão o efeito desejado em estudos de arborização urbana. Portanto, colecionar Índices é mais um exercício de reflexão, um ponto de partida para se pensar as condições da vegetação urbana de cada cidade em particular. Por exemplo, segundo os autores o Índice de Cobertura Vegetal recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico para a cidade de Belém (PA), certamente, será diferente do índice recomendável para Curitiba (PR), justamente por causa das características climáticas que cada cidade apresenta. Para a cidade de Belém, que registra altas temperaturas o ano todo, acredita-se que o ICV satisfatório seja acima de 30% e acima de 12m^2 por habitante, diferente de Curitiba por apresentar um clima subtropical com queda de temperatura no inverno, sendo que no verão sua temperatura chega em média a 22°C .

De acordo com Guzzo (1997) existe uma técnica de quantificação da cobertura vegetal em áreas urbanas, que é cálculo do Índice de Cobertura Vegetal. Para calcular este Índice é necessário o mapeamento de toda a cobertura vegetal do bairro e posteriormente quantificá-lo em m^2 ou km^2 , para então se chegar também à porcentagem de cobertura vegetal existente na área em estudo. Se mapearmos somente as árvores e arbustos, o índice expressará somente a cobertura vegetal de porte arbóreo e arbustivo.

4.1.1. Índices de Cobertura Vegetação da Primeira Léguas Patrimonial

O mapeamento realizado neste estudo considerou apenas como cobertura vegetal as espécies pertencentes ao estrato arbóreo e arbustivo, em razão destas gerarem sombra e serem mais perceptíveis à avaliação da qualidade ambiental nas cidades.

De acordo com o levantamento e mapeamento da cobertura vegetal, Belém apresenta índices de cobertura vegetal considerados relativamente baixos na área central, agravando-se para os bairros afastados do centro nas três escalas de análise, na escala da Primeira Léguas Patrimonial, na escala dos Distritos e na Escala do Bairro. Estes baixos índices refletem também diretamente no índice de vegetação por habitante, considerado também abaixo do recomendado para cidades como o de Belém-PA.

Para uma melhor representação dos resultados, realizou-se um cálculo para a Primeira Léguas Patrimonial, para cada um dos distritos e para cada bairro que constitui a Primeira Léguas, demonstrando uma diferenciação quanto à quantificação da cobertura vegetal nestas três escalas em diferentes anos (1977, 1998, 2006 e 2013) como se observará a seguir.

Em um cenário mais geral, a estimativa do Índice de Cobertura Vegetal de porte arbóreo encontrado na Primeira Léguas Patrimonial, levando em consideração os três distritos DABEL, DASAC, DAGUA e mais o setor do DAENT que corresponde ao Campus da UFPA, obteve-se o seguinte resultado: em 1977 o Índice de Cobertura Vegetal era de 19,01%, em 1998 o Índice foi de 11,27%, já em 2006 a Cobertura Vegetal caiu para 9,77% e para o ano de 2013 o ICV ficou entorno de 8,55%. Ao longo desses quase 40 anos o mapeamento (Figura 37), demonstra perda da vegetação de forma significativa para a Primeira Léguas Patrimonial como um todo. (Gráfico 02).

Figura 37 - Mapa da série histórica da Cobertura Vegetal da Primeira Légua Patrimonial durante os anos de 1977, 1998, 2006 e 2013.

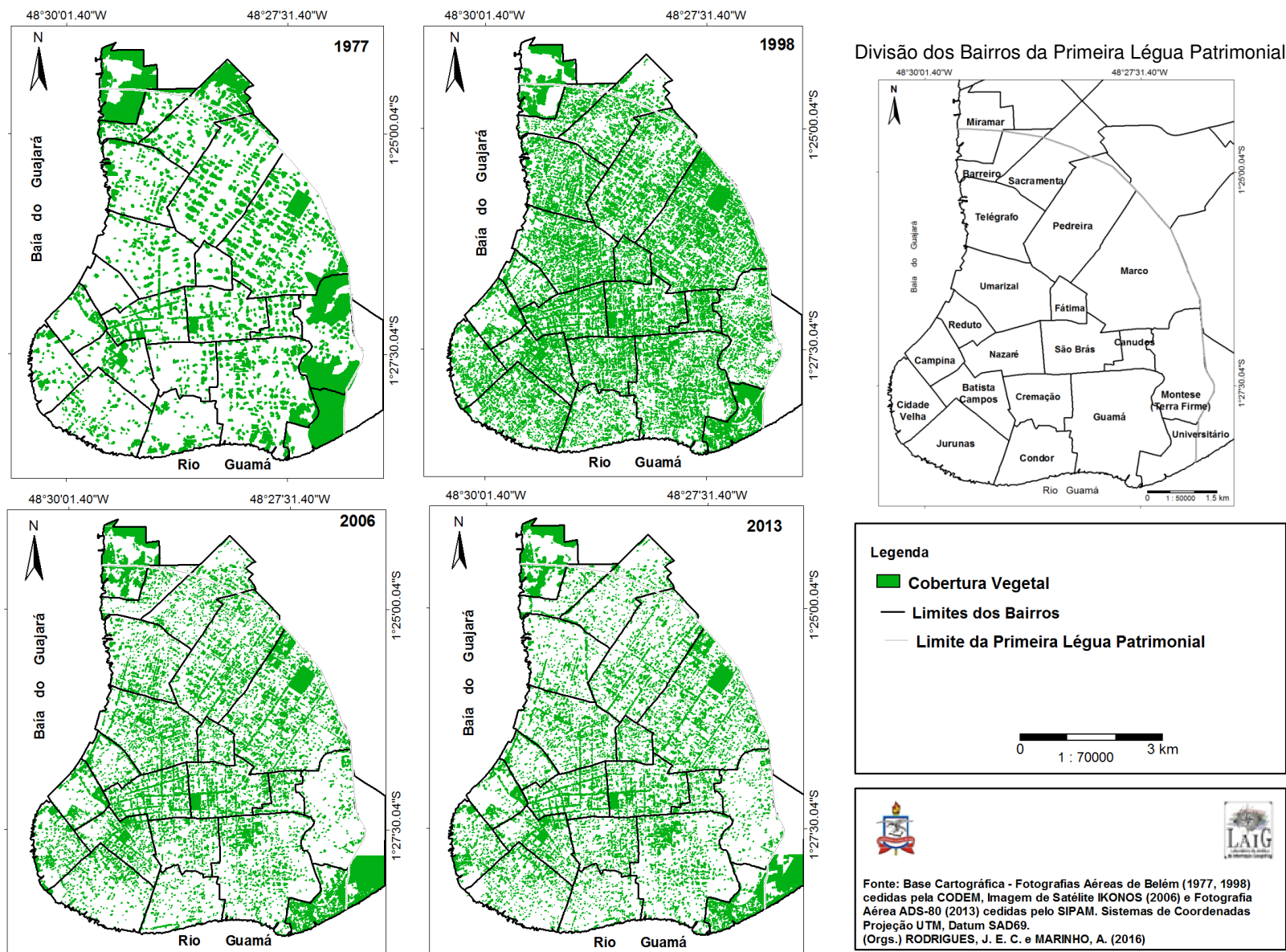
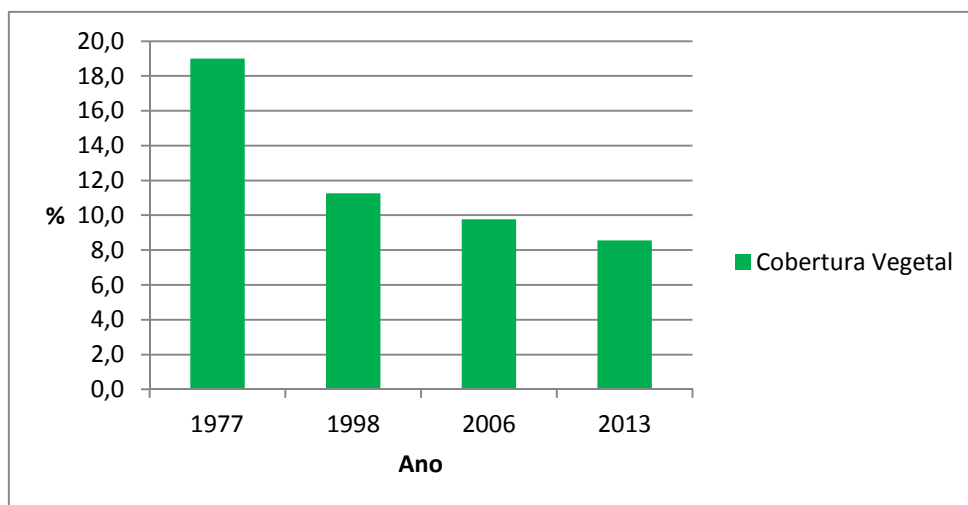


Gráfico 02 - Representação do Índice da Cobertura Vegetal em % da Primeira Légua Patrimonial de Belém-Pa (1977, 1998, 2006, 2013).



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Esse baixo Índice reflete também em um baixo Índice de Cobertura Vegetal por Habitante - ICV/Hab. Para o ano de 2013, levando em consideração que a Primeira Légua Patrimonial concentra mais da metade da população do município de Belém, segundo o censo do IBGE 2010, em torno de 685.775 habitantes, ICV/Hab. corresponde a 4,83 m² para cada habitante. Índice muito abaixo do esperado para uma boa qualidade ambiental.

4.2. Índices de Cobertura Vegetal dos distritos que constituem a Primeira Légua Patrimonial.

Analisando a cobertura vegetal em nível de Distrito, o cenário muda em relação à área da Primeira Légua. Os distritos vão apresentar o ICV diferenciado por diversos motivos, como demonstrado na abordagem histórica da produção do espaço. Assim, os resultados que se obteve com o mapeamento foram os seguintes:

4.2.1. Índice de Cobertura Vegetal do DABEL

O Distrito Administrativo de Belém (DABEL) está inserido na área central da cidade abrangendo o centro histórico, completamente, os bairros da Campina, Reduto e Nazaré e parcialmente os bairros da Batista Campos, Canudos, Cidade

Velha, Cremação, Jurunas, Marco, São Brás e Umarizal. São esses considerados bairros pioneiros, com área comercial e verticalização mais antiga, possuindo uma população de 180.167 mil habitantes (IBGE, 2010). É o distrito que apresenta arborização mais satisfatória, porém durante os anos analisados, apresentou redução da sua cobertura vegetal ao longo das décadas, tendo os seguintes resultados: em 1977 havia 13,27% de cobertura vegetal, em 1998 o índice era de 12,94%, em 2006 baixou para 10,60%, e em 2013 o ICV caiu para 9,52% (Figura 38). Com a redução da vegetação o ICV/Hab., foi calculado em torno de $7,33\text{m}^2/\text{Hab.}$, baseado no índice de cobertura vegetal de 2013.

Apesar de apresentar queda no ICV entre os anos analisados (Gráfico 03) e ICV/Hab abaixo do recomendado, ainda é considerado um distrito bastante arborizado, se comparado aos demais distritos estudados. Este índice justifica-se devido o Distrito apresentar pioneirismo na arborização, possuir o maior número de praças totalizando 60, com destaque para as Praças da República, Batista Campos, do Carmo, Barão do Rio Branco, Santuário de Nazaré, Brasil. Também concentra áreas vegetadas importantes como os túneis de mangueiras das avenidas Nazaré, José Malcher, Gentil Bitencourt, Generalíssimo Deodoro, Presidente Vargas, Assis de Vasconcelos, Bulevar Castilho França. Ainda fazem parte do Distrito os principais Parques como o Parque Zoobotânico Emilio Goeldi, Jardim Botânico Rodrigues Alves, Mangal das Garças e Da Residência. Os Três primeiros parques são verdadeiras “mostras vivas” do ecossistema amazônico com acervo variado de espécies da fauna e flora regionais. Há ainda uma categoria de espaços livres bastante arborizados que são os cemitérios, sendo que no distrito encontram-se os cemitérios da Soledade e Santa Isabel.

Figura 38 - Mapa da série histórica da Cobertura Vegetal do DABEL (1977, 1998, 2006 e 2013).

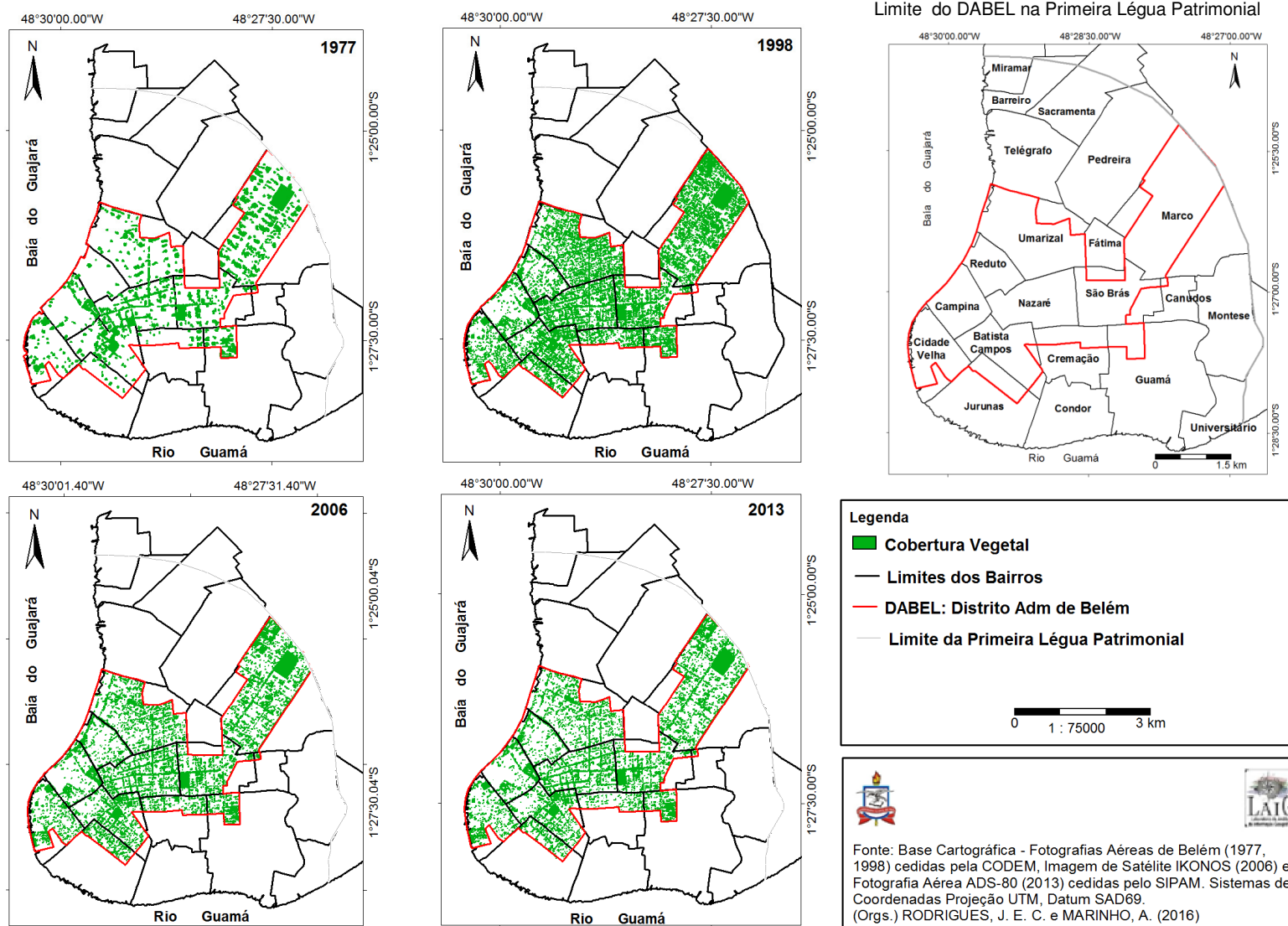
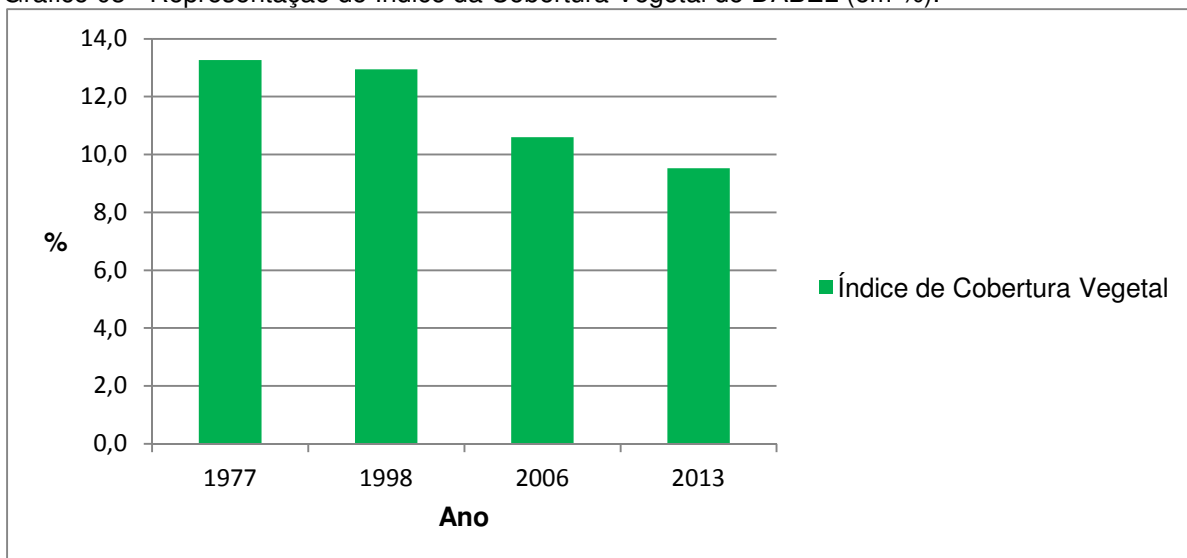


Gráfico 03 - Representação do Índice da Cobertura Vegetal do DABEL (em %).



Fonte: Produção do próprio autor (2016)

Como pode se observar no mapa de vegetação do DABEL, a forma predominante da vegetação no distrito é do tipo linear, retilínea e justaposição de árvores de mangueiras (*Mangifera indica*) que acompanham as principais avenidas do distrito.

A população se beneficia desses espaços com vegetação do Distrito para a realização de caminhadas, como local de descanso, passeios, recreação e entretenimento. O pedestre se beneficia também do fato de poder circular, deslocar-se diariamente em espaços públicos arborizados para ir ao trabalho, escola, utilizar serviços diversos entre outros, usufruindo do sombreamento e conforto térmico que as mangueiras oferecem (Figura 39).

Figura 39 - Uso pela população dos espaços públicos arborizados (A) caminhada e descanso; (B) transeuntes utilizando o passeio público arborizado; (C) momento de recreação.





Fonte: Trabalho de Campo 2016 e acervo do autor.

4.2.2. Índice de Cobertura Vegetal do DASAC.

O Distrito Administrativo da Sacramentoa (DASAC) é formado pelos bairros da Sacramentoa, Maracangalha, Miramar, Telégrafo, Pedreira, Fátima e parte dos bairros do Umarizal, São Brás, Marco da Marambaia³². Está inserido no vetor norte da Légua e sua ocupação remonta as décadas de 1960 e 1970, quando as áreas de baixadas da bacia do Una foram sendo apropriadas pela população de baixa renda que, sem alternativa de morar nas áreas nobres, ocupou os terrenos menos valorizados próximos ao centro da cidade, constituindo assim área de ocupação e expansão da primeira Légua. Por ter sido um vetor de ocupação recente e por não ter passado por intervenções urbanísticas de embelezamento como do DABEL, veio, ao logo das décadas, sofrendo crescente perda da Cobertura Vegetal, devido ao processo de ocupação e urbanização da bacia do Una. Esta bacia passou por importantes obras de macrodrenagem que levaram ao aterramento, drenagem e retificação de canais, promovendo uma concentração da população estimada em 195.877 mil habitantes, segundo o censo do IBGE de 2010.

Para o DASAC, os Índices de Cobertura Vegetal encontram-se abaixo do DABEL, e do que se pode considerar satisfatório para o Distrito, devido à sua concentração populacional (Figura 40). Em 1977 o ICV era de 16,76%; em 1998, o índice caiu para 7,91%; em 2006, caiu para 6,23%; e em 2013 registrou-se uma queda para 5,66% de Cobertura Vegetal, entrando na condição de deserto florístico

³² Os Bairros da Maracangalha e Marambaia encontram-se totalmente fora dos limites da Primeira Légua Patrimonial.

(Gráfico 04). Com esse índice o ICV/Hab., do DASAC foi calculado em $4,38\text{m}^2/\text{Hab.}$, um índice muito abaixo do recomendado que é de pelo menos 12m^2 por habitante. Os baixos índices se justificam pela falta de ruas mais arborizadas, escassez de praças. Há um total de 14 praças em todo o DASAC e não há parques e espaços disponíveis para implantar sistemas de arborização.

Figura 40 - Mapa da série histórica da Cobertura Vegetal do DASAC (1977, 1998, 2006 e 2013)

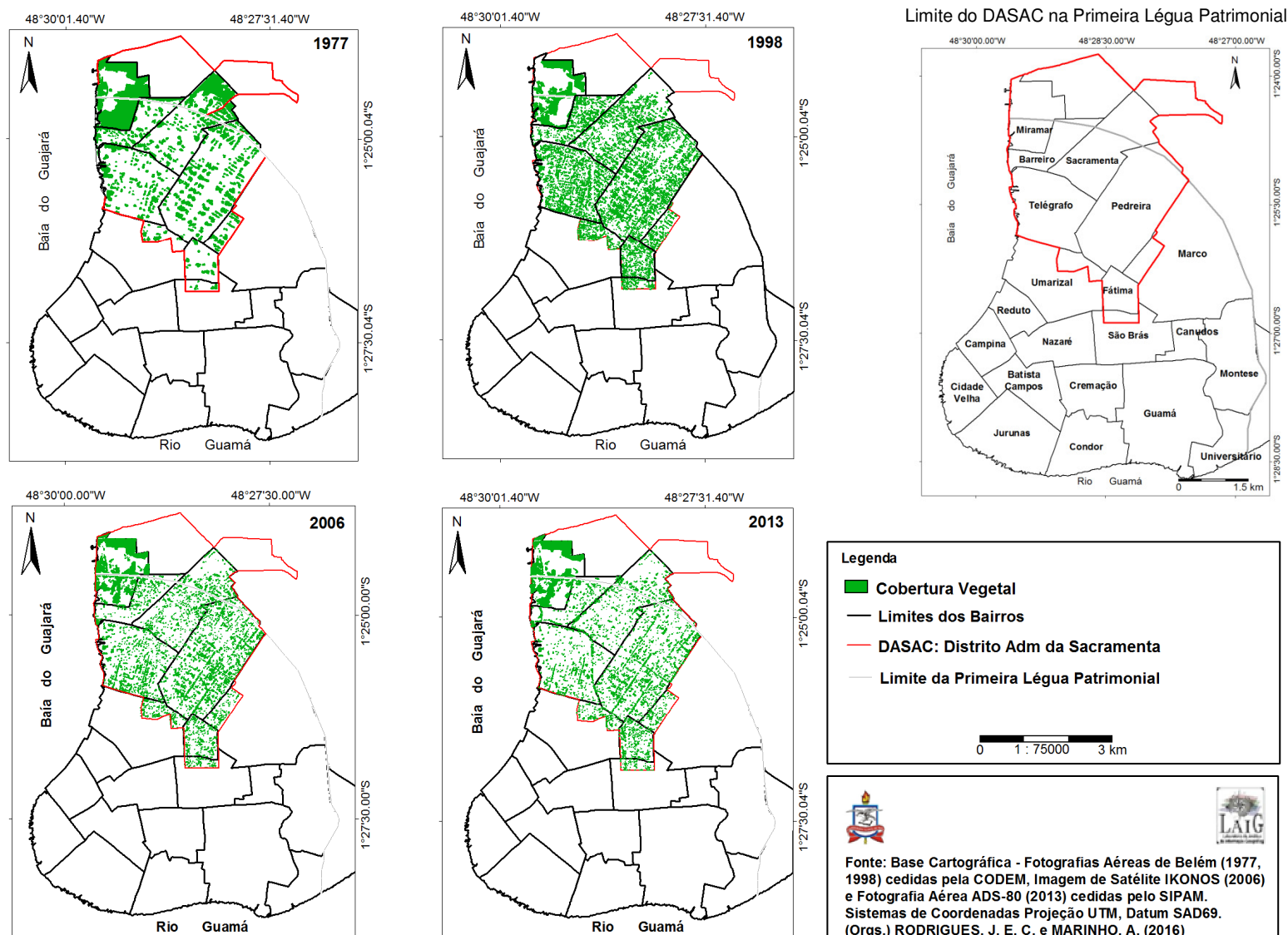
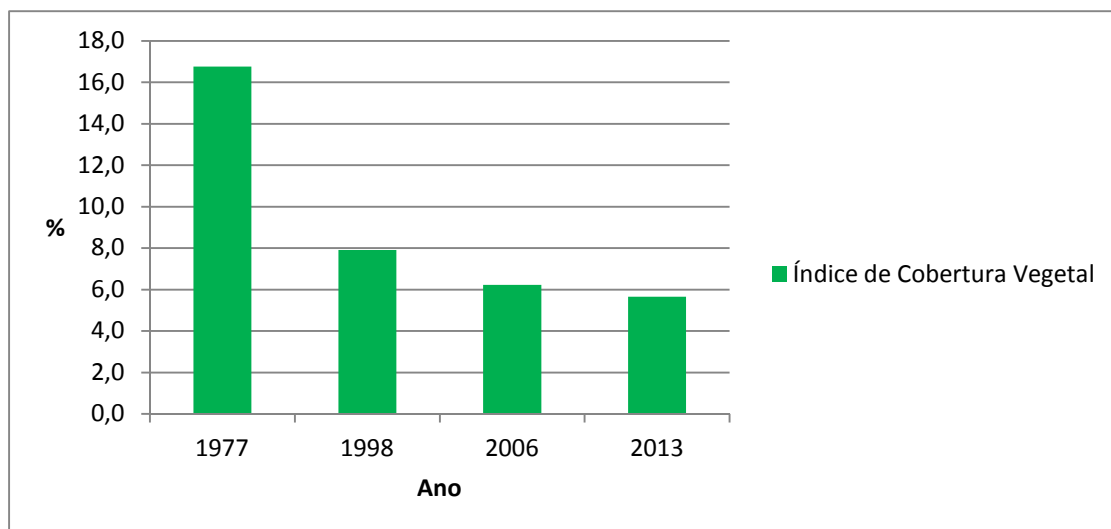


Gráfico 04 - Representação da perda da Cobertura Vegetal do DASAC (em %).



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

A vegetação encontrada no DASAC apresenta-se predominantemente do tipo isolada agrupada configurando vegetação de quintais. Observa-se também a presença de formas lineares retilíneas em justaposição em algumas ruas e avenidas arborizadas que cortam o distrito no sentido NE-SW como as Av. Duque de Caxias, Marques de Erval e Pedro Miranda (Figura 41). O distrito é carente de praças, parques e vias arborizadas, para o usufruto da população. As espécies vegetais são bastante heterogêneas, não há predominância hegemônica de uma espécie como a das mangueiras no distrito do DABEL. Observa-se, além das mangueiras (*Mangifera indica* L.), o Oiti (*Licania tomentosa*); Castanholas (*Terminalia catappa*), Cássia (*Cassia siamea*); Palmeiras (*Arecaceae*); Açaizeiros (*Euterpe oleracea*).

Figura 41 - Características da Cobertura Vegetal do distrito do DASAC (A) vista da vegetação de quintais; (B) ausência de arborização de vias (Av. Pedro Álvares Cabral); (C) arborização linear de algumas vias com espécies diversas (Av. Pedro Miranda).



Fonte: Acervo do autor 2015 (A), Failache, 2014 (B); Borges e Marins 2010 (C).

4.2.3. Índice de Cobertura Vegetal do DAGUA

O Distrito Administrativo do Guamá (DAGUA) é formado pelos bairros do Montese (Terra Firme), Condor e parte dos bairros do Jurunas, Batista Campos, Cidade Velha, Guamá, Cremação, Canudos, São Brás, Marco e Curió-Utinga³³. Está inserido no vetor Sul-SE da Léguas, considerado um dos distritos mais populosos da cidade de Belém, possuindo uma população de 308.353 mil habitantes, segundo Censo do IBGE, 2010. Assim como o DASAC, o DAGUA teve seu incremento populacional por volta das décadas de 1960 e 1970. Considerada também área de baixadas das bacias da Estrada Nova e Tucunduba, foi totalmente ocupado por população de baixa renda que se via sem alternativa de morar nas áreas nobres, porém se encontrava residindo próximo do centro da cidade.

³³ O bairro do Curió-Utinga encontra-se também totalmente fora dos limites da Primeira Léguas Patrimonial.

O DAGUA foi o distrito que apresentou os menores ICV, em relação aos outros distritos estudados (Figura 42). Em 1977, o ICV era de 15,53%; em 1998, o índice caiu para 6,34%; em 2006, apresentou queda para 3,91%; e, em 2013, atingiu o índice mais baixo, 3,37% de Cobertura Vegetal (Gráfico 05)

Com índice baixo, o ICV/Hab., do DAGUA foi calculado em 1,58m²/Hab., e pode ser considerado um deserto florístico. Esses índices críticos se justificam pela ausência de ruas arborizadas, falta de espaços mais arborizados como praças. O DAGUA possui um total de 20 praças e ruas com precária arborização.

Figura 42 - Mapa da serie histórica da Cobertura Vegetal do DAGUA (1977, 1998, 2006 e 2013).

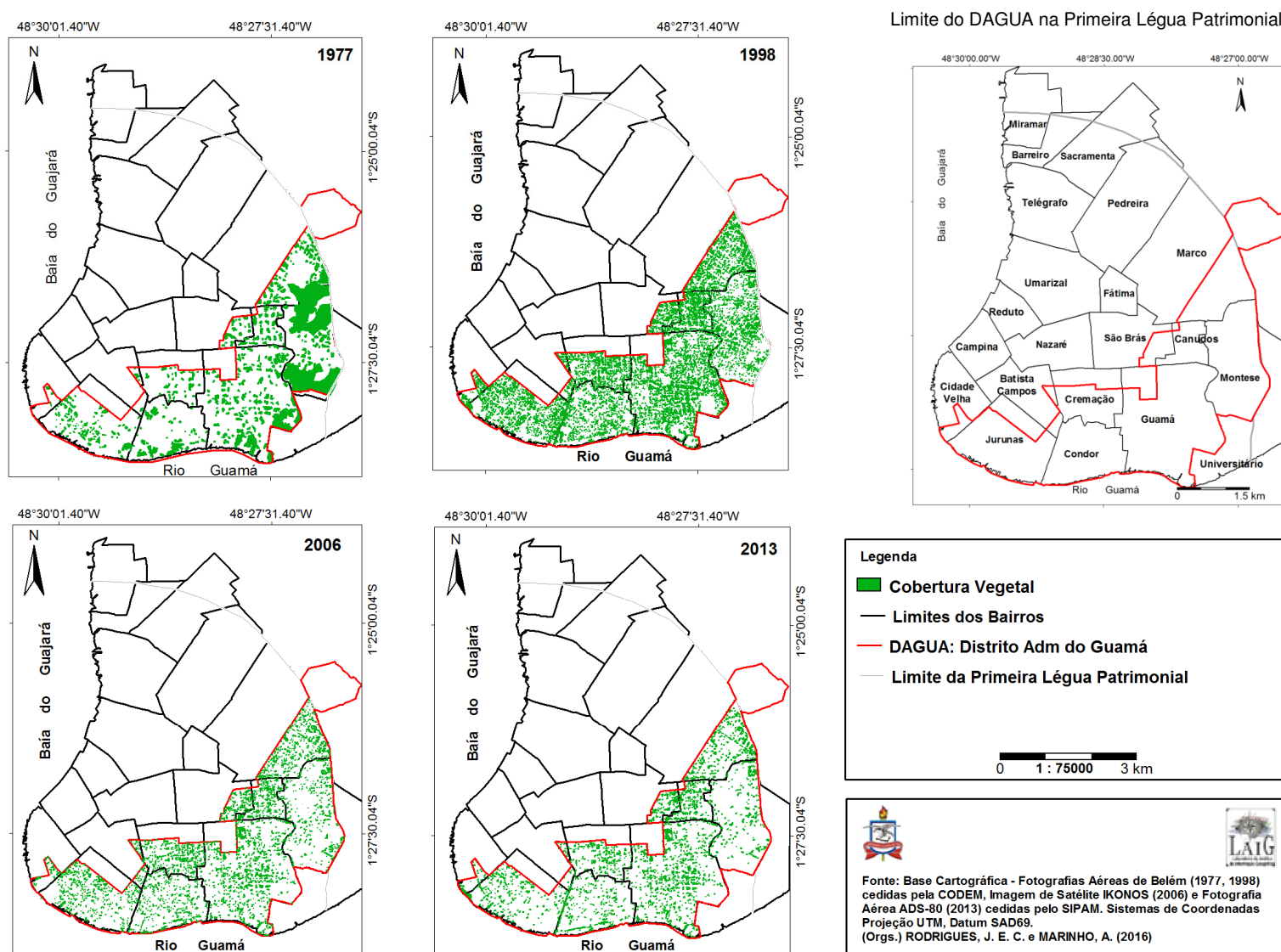
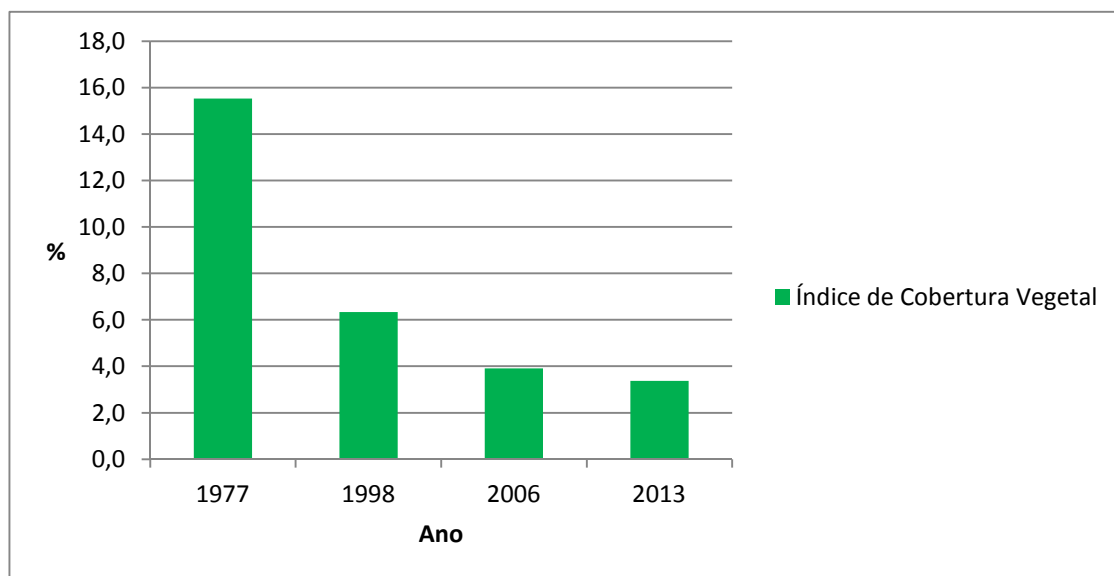


Gráfico 05 - Representação da perda da Cobertura Vegetal do DAGUA (em %).



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Pelo que se observa no mapa de vegetação do DAGUA, a configuração espacial da vegetação mais encontrada é a Isolada Dispersa, muito comum em áreas densamente edificadas, com predominância de pequenos lotes urbanos, resquícios de vegetação de quintais e ausência de avenidas arborizadas. As espécies vegetais utilizadas na arborização do distrito é o Oitizeiro (*Licania tomentosa*); Castanholas (*Terminalia catappa*), Jambeiros (*Eugenia sp.*); açazeiros (*Euterpe oleracea*). (Figura 43)

Figura 43 - Características da Cobertura Vegetal do DAGUA, (A) vista panorâmica da vegetação de quintais; (B) registro do adensamento ocupacional e vias com total ausência arborização; (C) arborização de oiti de porte mais arbustivo, açazeiros.



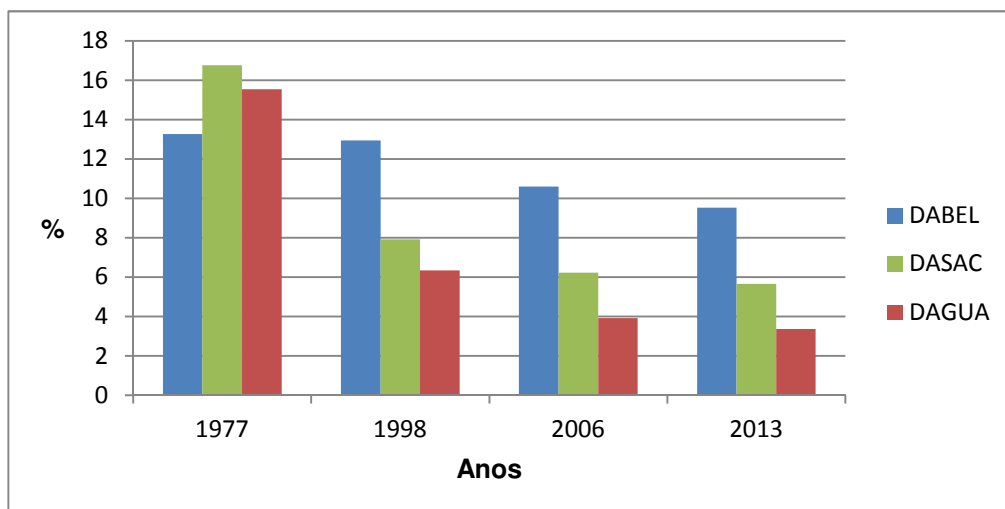


Fonte: Do autor, 2015.

A retração da vegetação constatada ao longo de mais de três décadas nos Distritos Administrativos de Belém, Sacramenta e Guamá, representa um dado preocupante. Primeiro porque para a cidade de Belém, o velho marketing de “Cidades das Mangueiras” não se aplica para a atual situação das áreas com vegetação da cidade. Segundo, o progressivo processo de redução da cobertura vegetal está diretamente relacionado com as alterações da qualidade ambiental urbana dos três distritos constatadas a partir da expansão horizontal da cidade, o aumento das áreas construídas, da pavimentação asfáltica, do crescimento da verticalização na área central, aumento da frota de veículos com congestionamento das vias públicas, poluição do ar e poluição sonora.

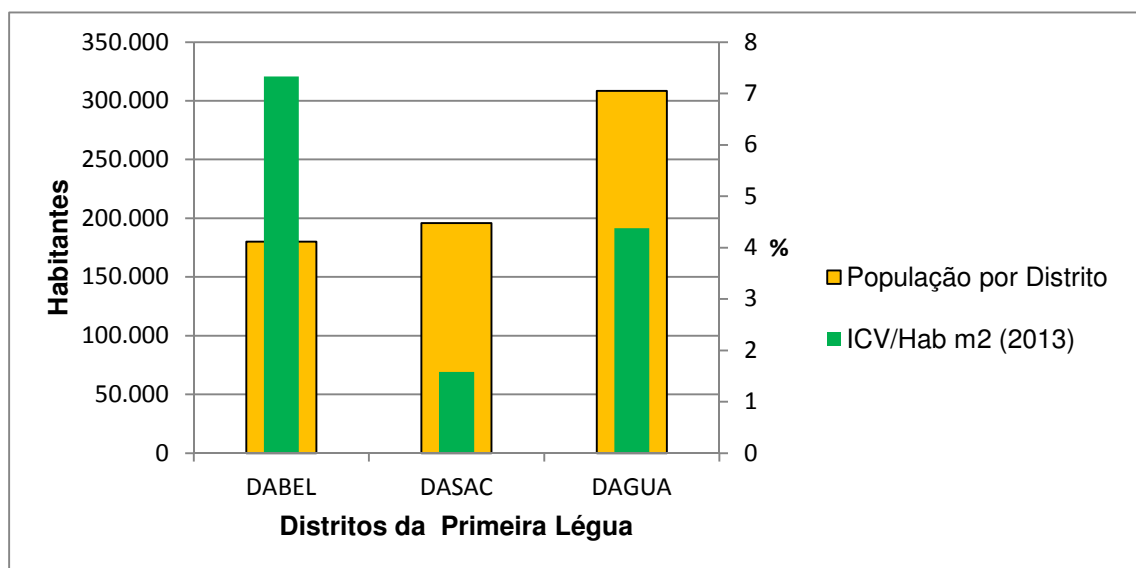
A retração da vegetação pode ter impacto significativo na vida dos habitantes e ecossistemas em geral, uma vez que Belém se encontra nas baixas latitudes equatoriais e recebe uma grande quantidade de insolação o ano todo. Com a perda da cobertura vegetal o processo de evapotranspiração diminui consideravelmente, elevando a temperatura da cidade, diminuindo o processo de umidificação e refrigeração do ambiente urbano, principalmente nos distritos que apresentam baixo Índice de Cobertura Vegetal (Gráfico 06) e grande concentração populacional, principalmente no Distrito do Guamá. Os distritos (DABEL, DASAC, DAGUA) apresentam Índices de Cobertura Vegetal por habitante abaixo do recomendado (Gráfico 07), agravando-se quando analisado em nível de bairros.

Gráfico 06 - Comparação dos Índices de Cobertura Vegetal por distrito da Primeira Léguas Patrimonial de Belém durante os anos de 1977, 1998, 2006 e 2013.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 07 - Representação do total de população, segundo o censo do IBGE 2010 e do Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICV/Hab.) por distrito da Primeira Léguas para o ano de 2013.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

É notória a relação direta entre o baixo índice de vegetação em relação à população, refletindo no baixo índice de Cobertura Vegetal por habitante, principalmente no que corresponde ao distrito do Guamá, considerado o mais populoso de todos os oito distritos que formam o município de Belém.

Com o mapeamento da Cobertura Vegetal urbana dos principais distritos da área central foi possível analisar a configuração espacial, o ICV e o ICV/Hab., para cada distrito (Tabela 03), permitindo assim, sintetizar e analisar um cenário bastante

preocupante no que diz respeito à redução da arborização da cidade nos limites da Primeira Léguas Patrimonial de Belém.

Tabela 03 – Índice de Cobertura Vegetal por Distrito (1977, 1998, 2006 e 2013).

Ano	Distritos da Primeira Léguas Patrimonial de Belém								
	DABEL			DASAC			DAGUA		
	CV (m ²)	ICV (%)	ICV/Hab (m ²)	CV (m ²)	ICV (%)	ICV/Hab (m ²)	CV (m ²)	ICV (%)	ICV/Hab (m ²)
1977	1.840.011,51	13,27		2.542.857,29	16,76		2.248.007,37	15,53	
1998	1.794.162,70	12,94		1.200.160,50	7,91		917.555,07	6,34	
2006	1.469.460,01	10,60		945.581,17	6,23		566.477,99	3,91	
2013	1.319.772,26	9,52	7,33	858.081,51	5,66	4,38	487.091,49	3,37	1,58
Perda	520.239,25	28,27		1.684.775,78	66,25		1.760.915,88	78,33	

Fonte: Produção do próprio autor (2016), dados extraídos a partir da vetorização da cobertura vegetal.

CV – Cobertura Vegetal

ICV – Índice de Cobertura Vegetal

ICV/H - Índice de Cobertura Vegetal por Habitante.

Os dados de mapeamento da cobertura vegetal dos distritos quantificados em m² revelaram que o DABEL apresentou perda equivalente a 520.239,25 m², que corresponde a 28,27% entre 1977 a 2013. Para o mesmo período, o DASAC teve perda de 1.684.775,78 m², o que corresponde a 66,25%. No Distrito do DAGUA, em 1977, o ICV não era tão crítico, porém em 1998 já apresentava índice próximo de 5% e, em 2013, registrou perda de vegetação urbana equivalente a 1.760.915,88 m², representando o mesmo que 78,33%, entre o período de 1977 a 2013, sendo perdida mais da metade da Cobertura Vegetal do Distrito.

4.2.4. Índice de Cobertura Vegetal na escala do Bairro

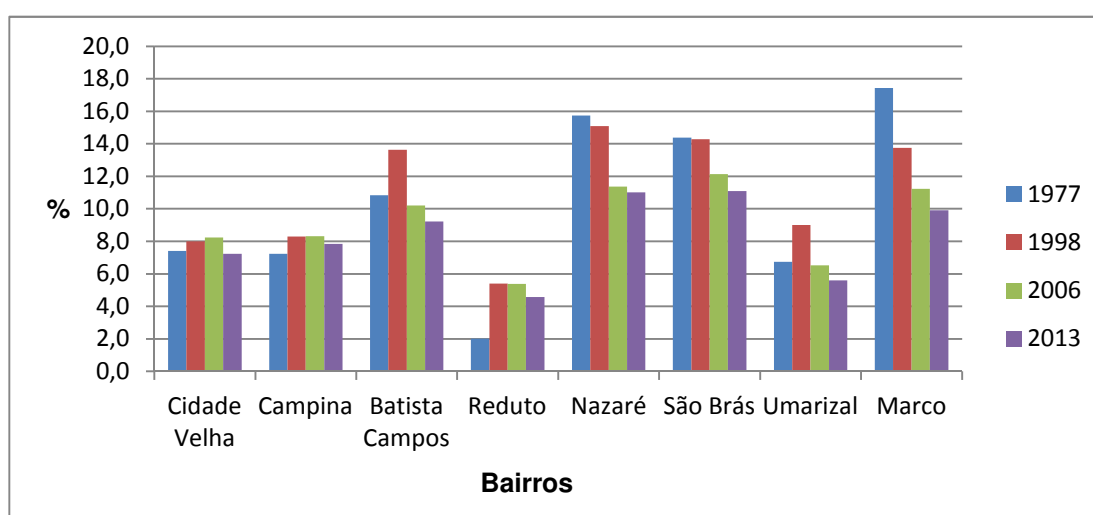
Na escala do bairro, os índices refletem quase que os mesmos resultados dos distritos dos quais fazem parte, em decorrência das perdas nas últimas décadas. Entretanto, alguns bairros, apresentam grande concentração e conservação da arborização, principalmente os que se localizam na área central da Primeira Léguas

Patrimonial. Os bairros do DAGUA e DASAC apresentam situações parecidas entre si e diferentes em relação ao DABEL.

4.2.4.1. Índice de Cobertura Vegetal de Bairros que formam o DABEL

Os bairros mais arborizados encontram-se na porção central da Primeira Léguas, os quais constituem o DABEL. No período analisado, os bairros que tiveram maior perda entre os anos de 1977 a 2013 foram os bairros de Nazaré, Batista Campos, São Brás e Marco. Nos demais bairros, a perda foi bem menor, entretanto, o bairro do Reduto é o que apresenta situação mais crítica em termos de arborização registrando apenas 4,7% de Cobertura Vegetal (Gráfico 08).

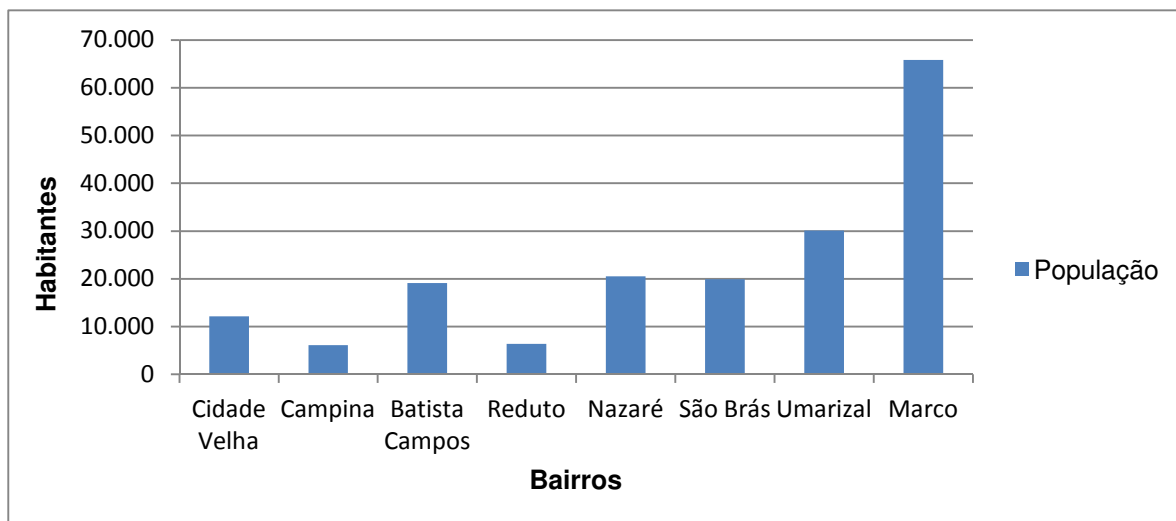
Gráfico 08 - Índice e Cobertura Vegetal por bairro do DABEL durante os anos de 1977, 1998, 2006 e 2013.



Fonte: Produção do próprio autor (2016)

Por outro lado, os bairros não apresentam grande densidade populacional, com exceção do bairro do Marco considerado como mais populoso do Distrito com mais de 60.000 habitantes (Gráfico 09).

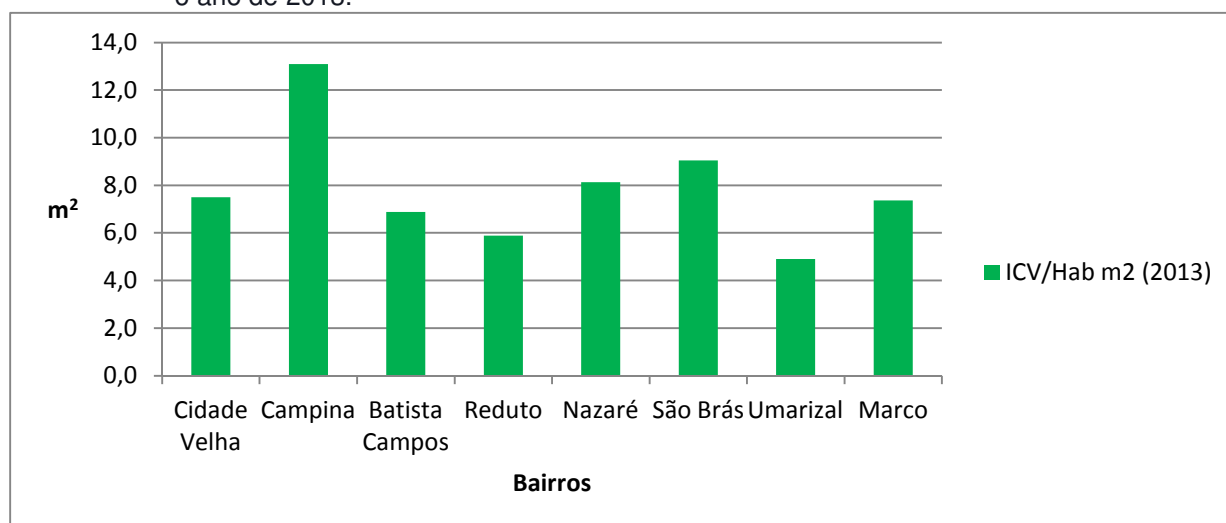
Gráfico 09 - População dos bairros do DABEL segundo o Censo de 2010 com destaque para o bairro do Marco como o mais populoso.



Fonte: Produção do próprio autor (2016)

O Índice de Cobertura Vegetal por habitante oscilou entre $4\text{m}^2/\text{Hab.}$, e $13\text{m}^2/\text{Hab.}$, sendo que o ICV/Hab., mais baixo foi registrado no bairro do Umarizal $4,90\text{m}^2/\text{Hab.}$. Este bairro vem passando, nos últimos anos, por um intenso processo de verticalização. O Bairro da Campina foi o que apresentou ICV/Hab., mais elevado, com $13,10\text{m}^2/\text{Hab.}$ (Gráfico 10). Índice justificado por uma perda menor, ao longo dos anos, e devido apresentar uma densidade populacional baixa, com apenas 6.156 habitantes, segundo o Censo do IBGE 2010.

Gráfico 10 - Índice de Cobertura Vegetal do bairro por Habitante (ICVB/Hab.) - bairros do DABEL para o ano de 2013.



Fonte: Produção do próprio autor (2016)

Para os bairros do DABEL, a perda da Cobertura Vegetal não foi muito expressiva, apenas o bairro do Marco apresentou perda de 43,16%, os demais, como Nazaré (29,96%) e São Brás (22,90%) registraram as segundas maiores perdas. A menor perda foi registrada nos Bairros da Cidade Velha e Campina, com 9,61% e 5,73%, respectivamente. Os demais perderam entre 15% e 20% de sua cobertura vegetal entre os anos analisados (Tabela 04).

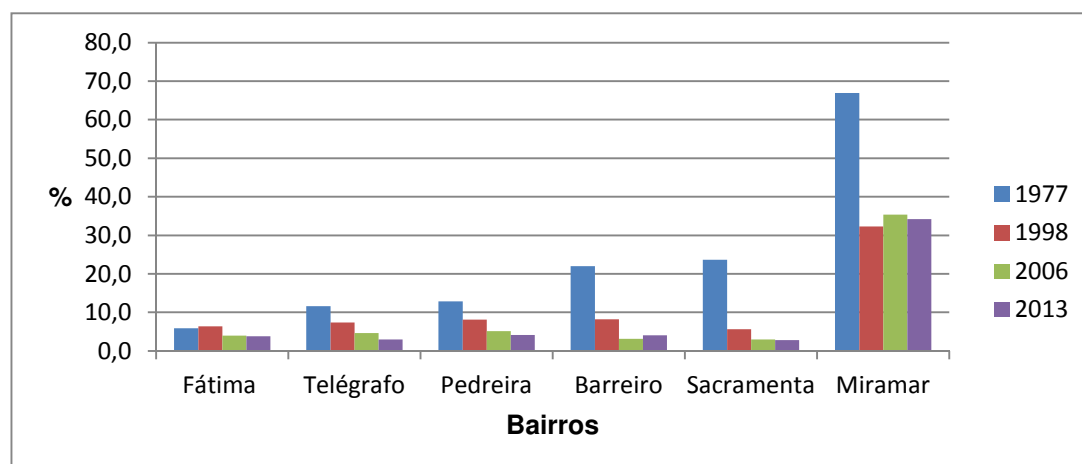
4.2.4.2 Índice de Cobertura Vegetal de Bairros que formam o DASAC

Para os bairros que constituem o Distrito Administrativo da Sacramenta (DASAC), localizados nos limites da Primeira Léguas Patrimonial, o ICV está muito abaixo do desejado. Até 1998, os índices, já considerados baixos, configuravam entre 5% e 7%; apenas o bairro de Miramar apresentou índice satisfatório por ser um bairro que concentra resquício de floresta (Gráfico 11). O elevado índice do Bairro de Miramar pode ser justificado porque se encontra dentro dos limites considerados como *área de transição urbana*, onde extensas áreas foram apropriadas para implantação de reservas militares e terrenos institucionais.

,A implantação de terrenos institucionais e militares impediu o crescimento contínuo da malha urbana, formando uma espécie de cinturão institucional ou bloqueio de Belém (RODRIGUES, 2000). Esse processo levou à preservação de extensas áreas de remanescentes de florestas a sudeste da cidade, que, atualmente, formam o maior “cinturão verde” na área continental de Belém. As forças armadas (Marinha, Exército e Aeronáutica) ocupam grandes terrenos no cinturão institucional de Belém, sendo que a aeronáutica é detentora do grande percentual. A outra parte é formada por áreas institucionais (UFPA, UFRA, MPEG, EMBRAPA). No bairro do Miramar está instalado o Terminal Petroquímico de Belém, formado pelo Porto de Miramar e pelo centro de armazenagem e distribuição de produtos petroquímicos.

A vegetação tem a função de evitar que haja ocupações às proximidades do terminal petroquímico, considerado uma área de risco por operar grande volume de carga inflamável.

Gráfico 11 - Índice de Cobertura Vegetal por bairro do DASAC - destaque para o bairro de Miramar.

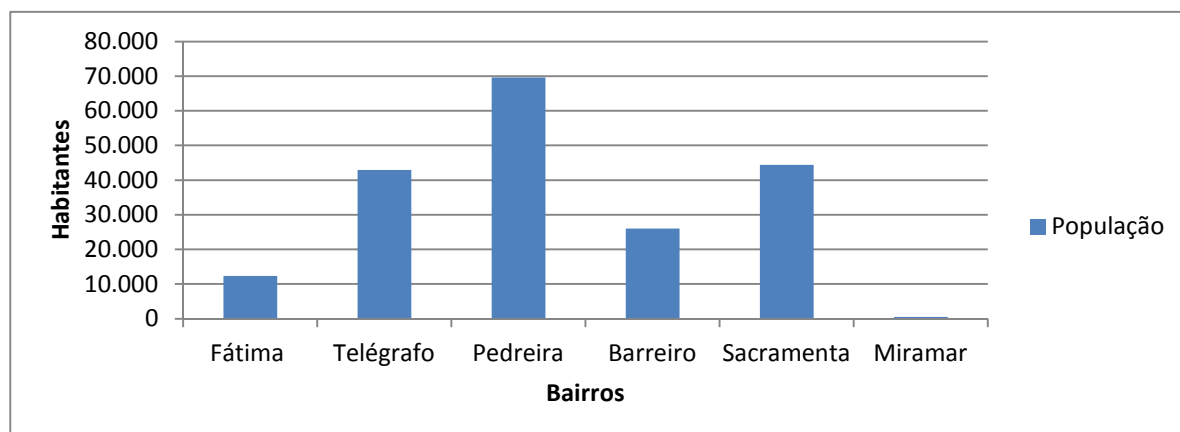


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

A partir dos anos analisados os índices dos bairros do DASAC apresentam quedas, ficando em 2013, abaixo de 5%, sendo registrado o menor índice no bairro da Sacramento com 2,84% de cobertura vegetal. Os demais índices por bairros oscilam entre 3% e 4%. Apenas o bairro de Miramar apresenta índice satisfatório de 34,21%, pelos motivos já expostos.

A população dos bairros do DASAC é relativamente elevada, tendo como destaque os bairros da Pedreira, com maior número (69.608 habitantes) e o bairro de Miramar com menor número (515 habitantes) (Gráfico 12). A baixa população de Miramar se justifica também por não ser um bairro residencial. Aí se encontram alguns conjuntos habitacionais da Companhia Docas do Pará (CDP), que administra a área portuária e petroquímica.

Gráfico 12 - População dos bairros do DASAC segundo Censo do IBGE, 2010.

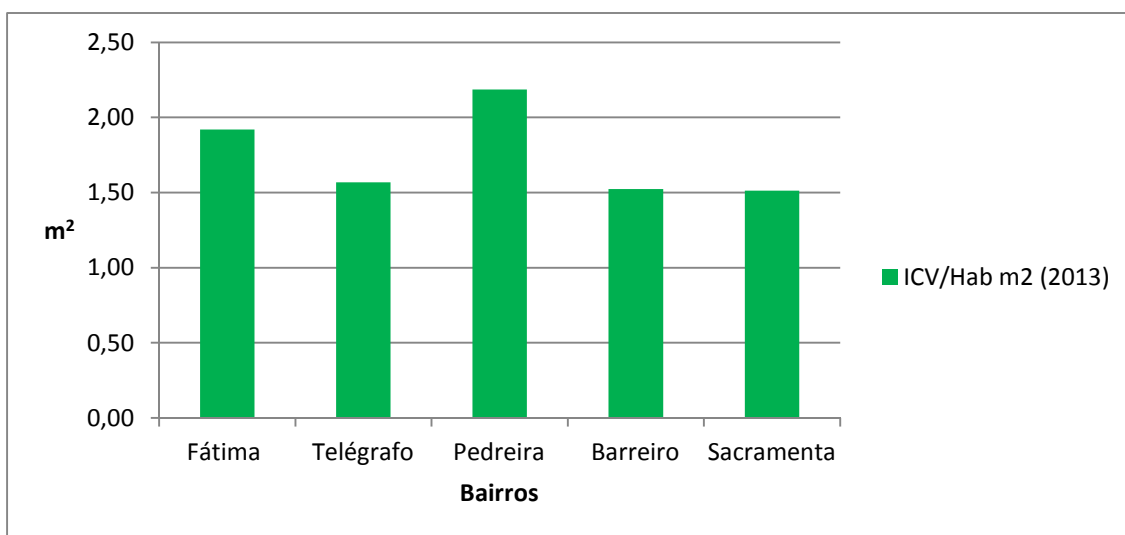


Fonte: Produção do próprio autor (2016)

O elevado índice de cobertura vegetal e a baixa população do Bairro de Miramar proporcionou um ICV/Hab., de 986,37m² de cobertura vegetal por habitante. O ICV/Hab., foi muito elevado em comparação aos demais bairros do Distrito. Por essa grande disparidade, optou-se por retirar sua representação do gráfico de ICV/Hab., deixando apenas os bairros com índice mais baixos.

O ICV/Hab., dos bairros de Fátima, Telégrafo, Barreiro e Sacramento ficaram abaixo de 2m² por habitante. Apenas o bairro da Pedreira apresentou 2,19 m² por habitante (Gráfico 13), ou seja, os demais bairros possuem graves problemas de arborização.

Gráfico 13 - Índice de Cobertura Vegetal por habitante dos bairros do DASAC para o ano de 2013.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

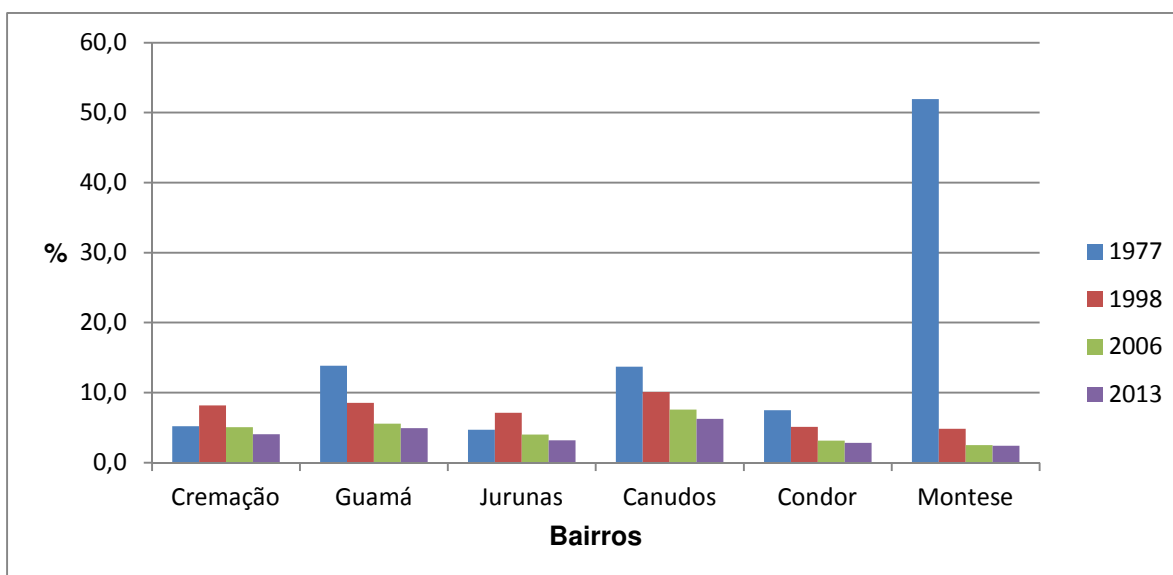
Para os bairros do DASAC, a perda da Cobertura Vegetal também foi muito expressiva. A retração da vegetação da Sacramento (87,98%), Barreiro (81,50%), Telégrafo (74,26%) e Pedreira (68,21%) ficaram entre 60% e 90%, devido ao processo de expansão urbana. O bairro de Fátima (34,68%) e Miramar (48,86%) perderam abaixo de 50%. Nesses bairros, da vegetação retirada, grande parte era resquício de vegetação de várzea e de terra firme, principalmente, de terrenos baldios e fundos de quintais.

4.2.4.3. Índice de Cobertura Vegetal dos Bairros que formam o DAGUA

Todos os bairros que constituem o Distrito Administrativo do Guamá (DAGUA), que se encontram dentro dos limites da Primeira Léguas Patrimonial, desde 1998, vêm apresentando perda na Cobertura Vegetal. Até 1977 os bairros do Guamá e Canudos apresentavam de 13,86% e 13,71% de vegetação, respectivamente. Destacava-se o Montese que possuía 51,93% cobertura de vegetação remanescente de várzea, pequenas fazendas e sítios. A partir de 1998, todos os bairros do DAGUA passaram a apresentar perdas da vegetação de forma significativa.

Em 2013, quase todos os bairros apresentaram ICV abaixo dos 5%. Apenas o bairro de Canudos ficou com ICV de 6,24%. Durante o período analisado, os bairros da Cremação, Guamá e Jurunas foram os que apresentaram perdas significativas de Cobertura Vegetal, principalmente o bairro do Montese, que passou de 51,93%, em 1977, caiu para 2,38% em 2013. Uma perda de mais de 95% de vegetação, assim como o bairro da Condor (2,82%). Esses dois foram os que apresentaram os ICVs mais críticos entre o período analisado (Gráfico 14).

Gráfico 14 - Índice de Cobertura Vegetal por bairro do DAGUA durante os anos de 1977, 1998, 2006 e 2013, com destaque para o bairro do Montese.

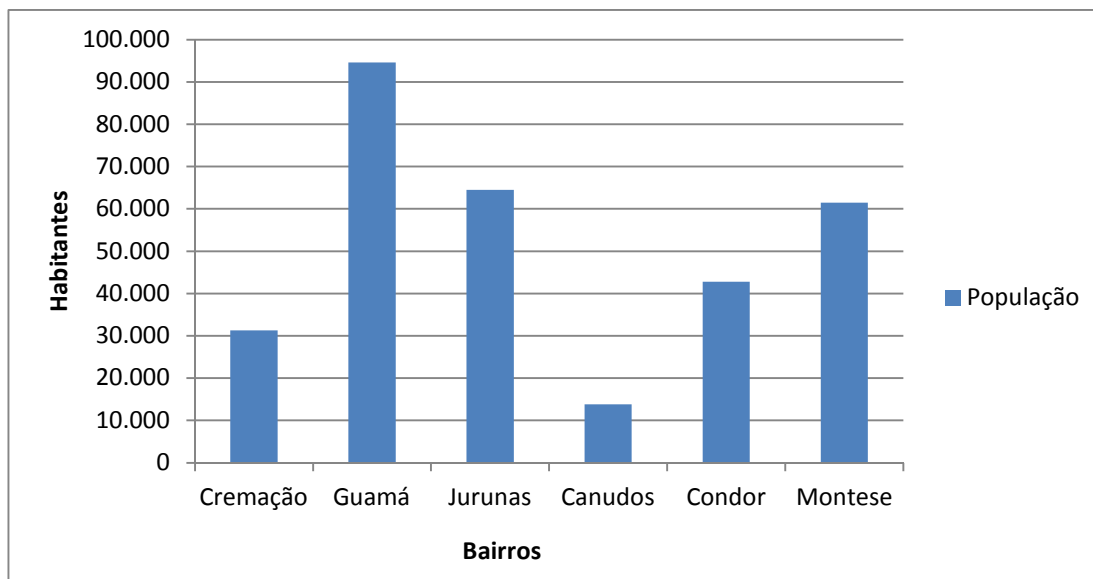


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

O bairro que podemos considerar mais arborizado é Canudos com ICV de 6,24%. Os demais bairros estão todos abaixo dos 5%, com uma especial atenção para o bairro do Montese, que em 1977, apresentava pequenas fazendas com vegetação de terra firme e vegetação ciliar do rio Tucunuduba. Em 1998, a perda foi bastante expressiva e, em 2006, apresentava ICV na casa dos 2%. Estes baixos índices são preocupantes, porque se refletem na vida dos habitantes. Além disso, são bairros muito populosos, com graves problemas sociais. Somando a população dos seis bairros que formam o DAGUA, tem-se um total de 308.353 mil habitantes, o que equivale ao dobro da população dos outros distritos.

O bairro com maior população é o Guamá com 94.610 mil habitantes; seguido de Jurunas e Montese, com mais de 60.000 mil habitantes; Condor, com pouco mais de 40.000; e Cremação, com pouco mais de 30.000 mil habitantes. Canudos é considerado o menos populoso, por ser um bairro pequeno em área, com pouco mais de 13.000 mil habitantes (Gráfico 15).

Gráfico 15 - População dos bairros do DAGUA segundo o Censo dom IBGE (2010) com destaque para o bairro do Guamá como o mais populoso.

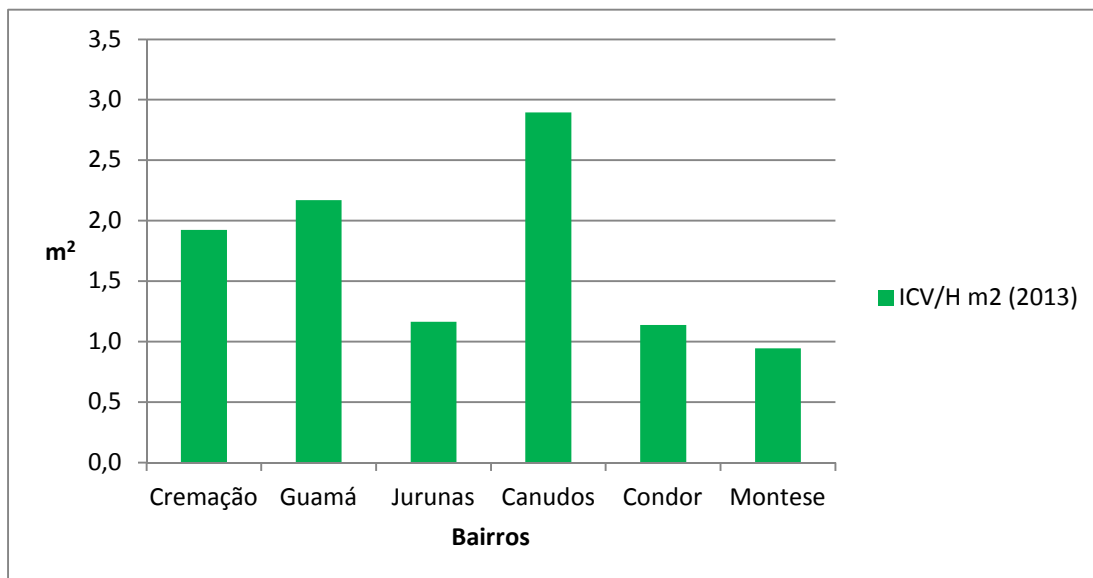


Fonte: Produção do próprio autor (2016)

O índice de cobertura vegetal por habitante ficou abaixo dos 3m²/Hab., sendo que o ICV/Hab., mais baixo de todos os 20 bairros analisados foi registrado no bairro do Montese, com 0,94m²/Hab. Este bairro, considerado o terceiro mais populoso, apresenta graves problemas socioeconômicos e ambientais. Em relação aos bairros,

Canudos é o que se aproxima dos quase 3m²/Hab., e Guamá apresenta 2,17m²/Hab; os demais bairros estão abaixo dos 2m²/Hab (Gráfico16).

Gráfico 16 - Índice de Cobertura Vegetal por Habitante dos bairros do DAGUA para o ano de 2013.

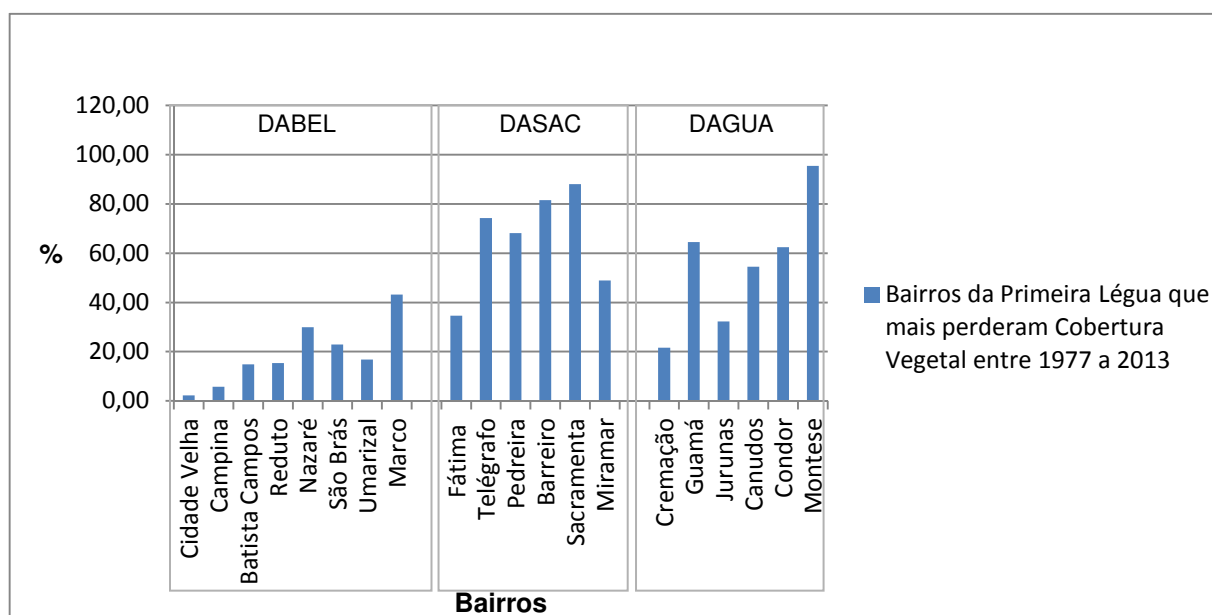


Fonte: Produção do próprio autor (2016)

O mapeamento realizado da Cobertura Vegetal dos bairros do DAGUA retratou uma estimativa de perda considerável da vegetação, revelando uma situação grave para os bairros. A maioria perdeu mais de 50% de sua Cobertura Vegetal, em menos de 20 anos, ou seja, mais da metade entre os anos de 1998 a 2013. Essa perda deve-se ao fato de o DAGUA apresentar vegetação de quintais de fácil retirada pelos moradores, refletindo assim nos baixos índices de ICV e ICV/Hab., dos bairros.

O mapeamento considerou apenas como cobertura vegetal, as espécies pertencentes ao estrato arbóreo e arbustivo, em razão destas serem mais perceptíveis em fotografias aéreas e imagens de satélite de alta resolução. A estimativa encontrada sobre o valor de cobertura vegetal existente nos bairros revelou uma situação problemática, para os bairros que constituem o DASAC e o DAGUA, diferentemente dos bairros do DABEL que se mostraram, apesar de baixo, com pouca perda durante os anos analisados (Gráfico 17).

Gráfico 17 – Representação da perda da Cobertura Vegetal por bairros entre os anos de 1977 a 2013.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Levando em consideração as características peculiares de cada bairro, considera-se que a configuração espacial da cobertura vegetal é resultado da forma de ocupação decorrente nas últimas décadas. Verificou-se que no processo de produção do espaço dos bairros do DABEL, houve um planejamento e preocupação com a apropriação de bairros como Nazaré, Batista Campos, São Brás, Marco e Umarizal. A camada social predominante, que reside nestes bairros, pertencia a uma classe social favorecida pelo enriquecimento com o Ciclo da Borracha e que se estabeleceu nas cotas mais altas da cidade, reproduzindo na imagem da cidade as proposições, os símbolos, os valores, os domínios de uma cultura exógena.

Enquanto isso, nos bairros do DASAC e DAGUA a ausência do ordenamento territorial, sem planejamento adequado e nenhum tipo de preocupação para implementação de espaços para a implantação da cobertura vegetal, levou à ocupação das cotas mais baixas às margens de rios e igarapés, por famílias de baixa renda, que viam nessa baixada a alternativa de moradia a custo muito baixo. No entanto, o espaço era desprovido de infraestrutura, como rede de água e esgoto, energia elétrica. Atualmente, encontram-se residindo nas proximidades do centro.

O quadro sobre os Índices de Cobertura Vegetal e Índice de Cobertura Vegetal por Habitante, tanto na escala dos Distritos, como dos Bairros, é reflexo do longo processo de ocupação da Primeira Léguas Patrimonial, que causou mudanças

profundas em sua estrutura urbana. Inegavelmente, essas mudanças foram percebidas no clima da cidade, principalmente na temperatura intraurbana, e de maneira diferenciada nos bairros centrais e periféricos da Primeira Léguas Patrimonial.

Para correlacionar alteração da temperatura intraurbana com redução da cobertura vegetal, tomou-se como parâmetro o levantamento e o monitoramento, durante sete meses, da temperatura do ar da cidade de Belém, utilizando estações fixas. Também, realizou-se transectos móveis como parâmetro de avaliação, pois é importante ressaltar que para compreender as mudanças, deve-se conhecer a série histórica, a dinâmica climática da temperatura e a estrutura urbana.

CAPITULO 5 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A TEMPERATURA DO AR DA PRIMEIRA LÉGUA PATRIMONIAL

A Primeira Léguas Patrimonial compreende a porção central da cidade de Belém. Nela se concentra a metade da população da cidade. A ausência de pontos fixos de coleta de dados meteorológicos dificulta algumas análises principalmente na escala do clima intraurbano.

Devido à falta de uma rede de monitoramento dos elementos do clima com uma série temporal e espacial significativas em Belém, optou-se por analisar dados de temperatura dos alvos adquiridos por meio do tratamento das imagens do satélite Landsat (5 e 8), das análises dos boletins meteorológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), das miniestações e trabalhos publicados por diversos autores. Com o objetivo de se caracterizar as temperaturas intraurbanas na área de interesse foram instalados sensores dentro de miniabrigos, em pontos estratégicos da área central.

Assim foi possível obter um diagnóstico das características da temperatura da área central da Primeira Léguas Patrimonial por um período de sete meses (julho de 2015 a janeiro de 2016).

Neste capítulo, uma sucinta análise das características do clima regional, é abordada, que por sua atuação direta, exerce um importante papel na variação dos elementos do clima na cidade de Belém no que se refere a tempo e espaço.

O conhecimento das influências dos fatores climáticos de caráter regional reflete diretamente na compreensão dos elementos do clima de Belém, em especial na temperatura. Assim, a análise da temperatura parte de dados temporais disponibilizados pelo INMET e as cartas termiais obtidas por imagens de satélites. Em seguida, a análise dos dados espaciais da temperatura, ocorre a partir dos dados coletados dos pontos fixos estrategicamente instalados na área central e dados móveis coletados por método de transectos, a fim de observamos as principais variações de temperatura, tendo como ponto de referência os valores de temperatura disponibilizados pelo INMET Belém. É importante frisar que as variações térmicas podem ser consequência de fatores como o acelerado processo de verticalização, o aumento da frota de veículos e principalmente podem estar relacionadas com a redução da cobertura vegetal urbana.

5.1. Breve caracterização do clima da cidade de Belém-PA.

A cidade de Belém apresenta clima quente e úmido, com precipitação média anual alcançando os 2.500 a 3.000 mm. A temperatura média gira em torno de 25°C, entre fevereiro e março e acima de 26°C, entre outubro e novembro. Devido aos altos valores de energia que incidem na superfície, as características da temperatura do ar mostram uma pequena variação ao longo do ano na cidade de Belém (PA), marcada por duas estações bem definidas: um período mais chuvoso, com temperaturas amenas; e um período menos chuvoso, com temperaturas mais elevadas.

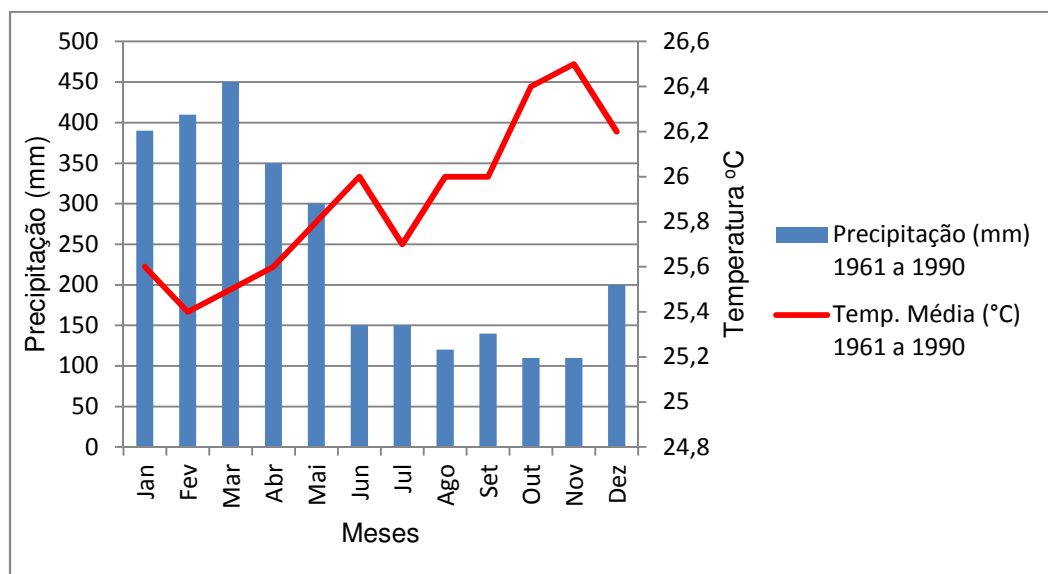
Segundo a classificação do IBGE, Belém está em uma Zona Climática Equatorial quente superúmido, sem seca, e que se caracteriza por elevadas temperaturas, umidade, nebulosidade e precipitação o ano todo.

Os índices térmicos anuais (temperatura, umidade precipitação) resultam do fato de que durante todo o ano as temperaturas se mantêm mais ou menos elevadas, destacando-se os meses de setembro, outubro e novembro, períodos nos quais as médias mensais elevam-se acima dos 26°C. Porém, a partir de dezembro, a temperatura apresenta leve queda, tendo seu menor índice entre os meses de fevereiro e março. Enquanto os meses de setembro a novembro (tendo novembro seu ápice) são os meses mais quentes, janeiro a março constituem os meses com temperaturas mais amenas.

Esta característica anual da temperatura está relacionada com a alta umidade relativa que a região apresenta (em torno de 80% durante todo o ano) e da intensa nebulosidade que deixa o céu encoberto parcial e totalmente a partir de meados de dezembro, estendendo-se até o final de abril e início de maio (cobertura do céu em torno de 5/8). Nesses meses, não se registram máximas diárias excessivas (NIMER, 1977).

Esta alta nebulosidade reduz a radiação direta e conseqüentemente ameniza a temperatura. Além da alta nebulosidade, tem-se também, atuando na redução da temperatura nos meses janeiro a maio, os altos índices pluviométricos. Segundo Nimer (1977), Belém apresenta um domínio climático mais chuvoso do Brasil, ou seja, o maior total pluviométrico anual com excedente que pode atingir os 3.000mm anuais (Gráfico 18).

Gráfico 18 - Normais climáticas (1961-1990) da precipitação e temperatura da cidade de Belém-Pará.



Fonte: INMET, 2016.

Nimer (1977), Molion (1987), Fisch et al. (1998) Marengo e Nobrega (2009) concordam que as causas da precipitação entre os meses de janeiro a maio na parte oriental da Amazônia, onde localiza-se a região metropolitana de Belém, são provenientes da influência da massa de ar Equatorial (mEc), formada pela convecção termodinâmica dos ventos de NE, do anticiclone dos Açores e da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Esta massa de ar, pela sua forte umidade específica e ausência de subsidência superior, está, frequentemente, sujeita a instabilidades causadoras de chuvas abundantes.

As chuvas são provocadas por depressões dinâmicas denominadas de *linha de instabilidade tropical (IT)*, que são mais quentes e regulares no verão do Hemisfério Sul - HS (dezembro a março) quando há um decréscimo geral de pressão, motivado pelo forte aquecimento do interior do continente. Tais correntes, responsáveis por aguaceiros, têm sua posição média sobre o hemisfério norte, porém no inverno, outono e verão, especialmente no outono, (março a junho) elas descem frequentemente para o HS, atingindo a região metropolitana de Belém. A exemplo das chuvas de IT as chuvas das ZCIT são de notável concentração no tempo e no espaço, porém, estas são, geralmente, mais intensas e pesadas. (NIMER, 1977, p 40-41).

As precipitações não se repetem igualmente durante o ano. Os meses mais chuvosos são os períodos de verão-outono e o menos chuvosos são registrados no período de primavera e início do Verão para o Hemisfério Sul (HS), quando Belém apresenta os baixos índices de precipitação.

Nesse período de primavera-verão, a fraca nebulosidade permite o aquecimento solar da superfície, elevando a temperatura como já demonstrado no gráfico 19.

Além da nebulosidade e precipitação, outro elemento local que governa o curso diurno da temperatura é o vento, por meio da direção e velocidade; assim como o relevo; altitude; a natureza do solo. Quanto mais seco e calmo forem os ventos predominantes; quanto mais plana for a topografia; quanto mais baixa for a altitude do lugar; quanto mais construído, impermeável for o solo; quanto menor for a cobertura por vegetação arbórea, maior será a amplitude térmica diária (NIMER, 1977).

No caso da área central da cidade de Belém, o relevo plano e a altitude baixa, a natureza do solo densamente construído, áreas com pouca cobertura vegetal, favorecem o aumento da amplitude térmica diurna e a intensa radiação noturna. Entretanto, os sistemas de baías³⁴ e rios que margeiam a cidade, os ventos alísios, a forte nebulosidade durante grande parte do ano e algumas áreas vegetadas agem em sentido contrário, porém não é o suficiente para amenizar a temperatura do ar da cidade de Belém, uma vez que, nas últimas décadas, vem registrando gradual elevação.

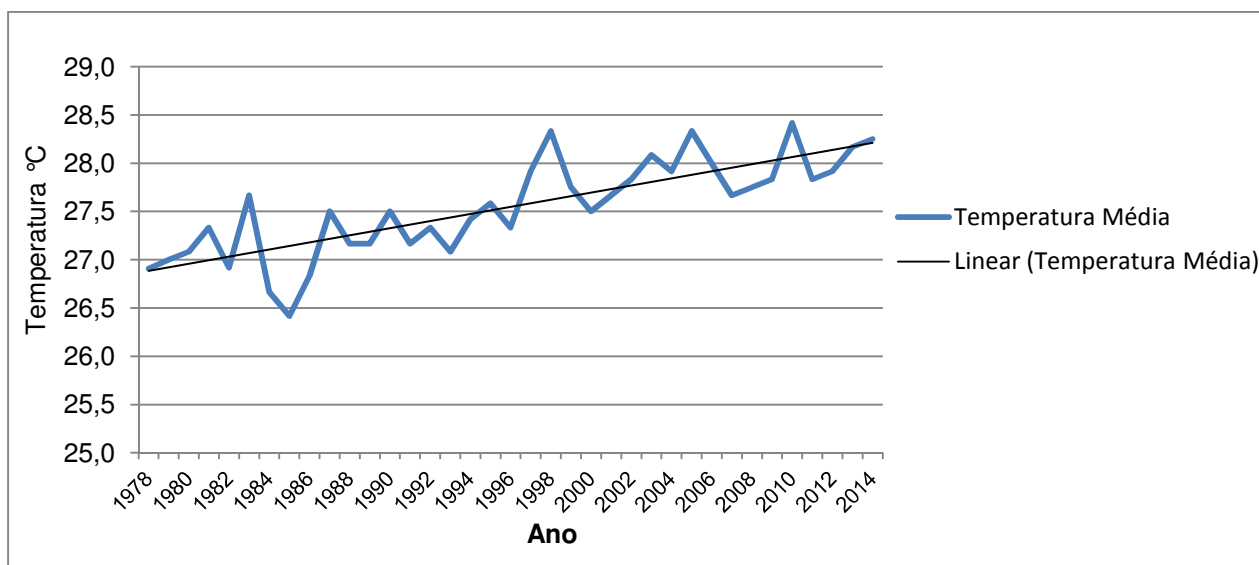
5.2. Análise temporal da temperatura do ar para a cidade de Belém-PA.

Belém apresenta uma temperatura média mensal mínima de 25,4°C, entre os meses de fevereiro e março, e máxima de 26,5°C, em novembro, segundo Costa e Mattos (2000).

Analizando a temperatura média da cidade de Belém, a partir do final das décadas de 1970 até 2015, constatou-se que a temperatura média vem apresentando uma tendência de crescimento ao longo das décadas, como demonstra o gráfico de evolução de temperatura média da cidade de Belém (Gráfico 20).

³⁴ Baía é uma reentrância da costa, porém menor que a de um golfo, pelo qual o mar penetra no interior das terras. As baías podem ter extensões consideráveis e servir de abrigo para às embarcações (Guerra e Guerra, 2005). A cidade de Belém-PA é banhada a oeste pela baía de Guajará.

Gráfico 19 - Evolução da temperatura média anual da cidade de Belém-Pa.



Fonte: INMET, 2016

Analisando a série histórica da temperatura média, a partir de 1978 até 2015, observou-se que, em 1978, registrava-se 26,9°C. A partir do ano de 1979, foi acima dos 27°C, e, em 1982, registrou queda para 26,9°C. Em 1983, subiu novamente acima dos 27°C. Entre os anos de 1984 a 1986, a temperatura média ficou em torno de 26°C, contudo, a partir de 1987, a cidade de Belém passou a registrar alta de 27°C.

Em 1998, observou-se que a temperatura média passou a ter registro acima dos 28°C, e até 2015, oscilou entre 27°C e 28°C. Do menor registro de 26,4°C, feito em 1985, para o maior registro médio de 28,4°C, feito em 2010, houve uma amplitude térmica média anual de 2°C na temperatura em um período de quase 40 anos, para a cidade de Belém-PA.

Observa-se, também, que as temperaturas médias ao longo dos meses vêm apresentando um ritmo nas variações, evidenciando uma sazonalidade dividida em dois períodos muito bem definidos, como já citados anteriormente, sendo um período muito chuvoso (janeiro a maio) e um período menos chuvoso (julho a novembro). Entre os meses mais chuvosos até 1986, registravam-se temperaturas mínimas de 25°C, principalmente nos meses de fevereiro e máximas de 28°C, em novembro, considerado o mês menos chuvoso do período de estiagem.

A partir de 1987, não houve mais registros de temperatura mínima de 25°C. Passou a ser registrada 26°C (janeiro, fevereiro e março). No entanto, em novembro

desse mesmo ano os primeiros registros de temperatura máxima foram de 29°C (novembro). Portanto, a cidade de Belém começou a apresentar modificações em suas temperaturas médias, tanto na mínima quanto na máxima.

Entre os anos de 1988 até 1994, as temperaturas médias oscilaram entre mínima de 26°C e máxima de 28°C, tendo essas médias alteradas a partir de 1995, quando apareceram os registros de temperatura máxima de 29°C, diminuindo os registros de temperatura mínima de 26°C.

A partir de 2013 até 2015, não se tem mais registros de temperatura mínima abaixo de 26°C. Atualmente, a temperatura mínima em média é de 27°C, registrada em fevereiro e máxima, com registro em novembro de 2014, marcando os 30°C. Valor este repetido em outubro de 2015 (Tabela 04).

Portanto, o que se observa é que gradativamente as temperaturas mínimas e máximas vêm sofrendo modificações ao longo dos anos. Na tabela 07, são indicados os anos em que as temperaturas mudaram. Assim a partir de 1995, Belém começou a apresentar registros de evolução crescente da temperatura, equivalente a 29°C, sendo que em 2010, foram sete meses com registro de temperatura de 29°C, registradas entre nos meses de maio e novembro.

As temperaturas médias, máximas e mínimas permitem observar que, dentro de um ciclo sazonal, os meses que apresentam as temperaturas mais baixas na cidade de Belém são os meses de fevereiro e março; e as mais altas ocorrem nos meses de outubro e novembro.

Tabela 04 - Temperatura média mensal da cidade de Belém (1978 – 2015)

Ano/ Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média anual
1978		27	26	26	27	27	27	27	27	27	28	27	26,9
1979	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	27	27,0
1980	26	25	26	27	28	27	27	27	28	28	28	28	27,1
1981	26	27	27	28	27	27	27	28	28	28	28	27	27,3
1982	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	26,9
1983	28	27	27	28	28	28	27	28	28	28	28	27	27,7
1984	26	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28	27	26,7
1985	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	27	26	26,4
1986	26	25	26	26	27	27	27	28	27	28	28	27	26,8
1987	26	26	26	27	28	28	28	28	28	28	29	28	27,5
1988	26	27	26	26	27	28	28	28	28	28	27	27	27,2
1989	27	26	26	26	27	27	28	28	28	28	28	27	27,2
1990	27	26	27	27	28	28	27	28	28	28	28	28	27,5
1991	26	26	26	26	27	28	28	28	28	27	28	28	27,2
1992	27	26	26	27	28	28	27	27	28	28	28	28	27,3
1993	26	26	26	26	28	28	27	27	28	27	28	28	27,1
1994	27	26	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	27,4
1995	27	26	27	27	27	28	28	29	29	28	28	27	27,6
1996	26	26	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	27,3
1997	27	27	27	27	28	28	28	28	29	29	29	28	27,9
1998	27	28	28	29	29	28	28	29	29	29	28	28	28,3
1999	27	27	27	27	27	28	28	29	28	28	29	28	27,8
2000	27	26	26	27	28	28	28	28	28	28	29	27	27,5
2001	26	26	26	27	28	28	28	28	28	29	29	29	27,7
2002	27	27	27	27	28	28	28	29	29	28	28	28	27,8
2003	27	26	27	27	28	29	29	29	29	29	29	28	28,1
2004	27	26	27	28	29	28	28	28	28	29	29	28	27,9
2005	28	27	27	28	28	29	29	29	29	29	29	28	28,3
2006	28	27	27	27	27	28	29	29	29	29	28	28	28,0
2007	28	26	27	27	28	28	28	28	29	28	28	27	27,7
2008	26	26	26	27	27	28	28	29	29	29	29	29	27,8
2009	27	26	27	27	27	28	29	28	29	29	29	28	27,8
2010	27	28	28	27	29	29	29	29	29	29	29	28	28,4
2011	26	26	27	27	28	28	28	29	29	29	29	28	27,8
2012	27	26	27	27	28	28	28	29	29	29	29	28	27,9
2013	28	27	28	28	28	29	28	29	29	28	28	28	28,2
2014	27	27	27	28	28	28	28	29	29	29	30	29	28,3
2015	28	28	27	27	28	28	28	29	29	30	29	28	28,3
	Período mais chuvoso							Período menos chuvoso					
Min.	25,0	25,0	26,0	26,0	26,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	26,0	
Med.	26,7	26,3	26,6	27,0	27,6	27,9	27,8	28,1	28,3	28,3	28,4	27,7	
Max.	28,0	28,0	28,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	30,0	29,0	

Fonte: INMET, 2016

5.2.1. Análise temporal da temperatura da cidade de Belém-PA utilizando bandas termiais.

Uma das formas de se investigar alterações na temperatura da cidade de Belém ao longo de vários anos é com o emprego de técnicas de sensoriamento remoto, por meio do uso de imagens do infravermelho termal. Uma das vantagens dessa técnica é a possibilidade de detectar e visualizar as características térmicas dos objetos que constituem o meio urbano.

Segundo Jardim (2010), Lima e Amorim (2011), as imagens de satélites produzidas na faixa termal são sensíveis à radiação, sendo possível monitorar as características das temperaturas dos alvos superficiais da paisagem, o que auxilia na compreensão da produção de seu clima urbano.

Para a obtenção e verificação das características da temperatura dos alvos da área central da cidade de Belém, foram analisadas imagens na faixa do infravermelho termal dos satélites Landsat 5 e 8, entre os anos de 1987, 1990, 1995, 2000, 2006 e 2013. A série temporal foi tomada no mesmo período de transição da estação mais chuvoso para o período menos chuvoso (maio, junho, julho e agosto), dos anos analisados, sobre o mesmo local e hora (Quadro 07), em dias sem nebulosidade, pois as nuvens interferem no reconhecimento e na interpretação da temperatura dos alvos.

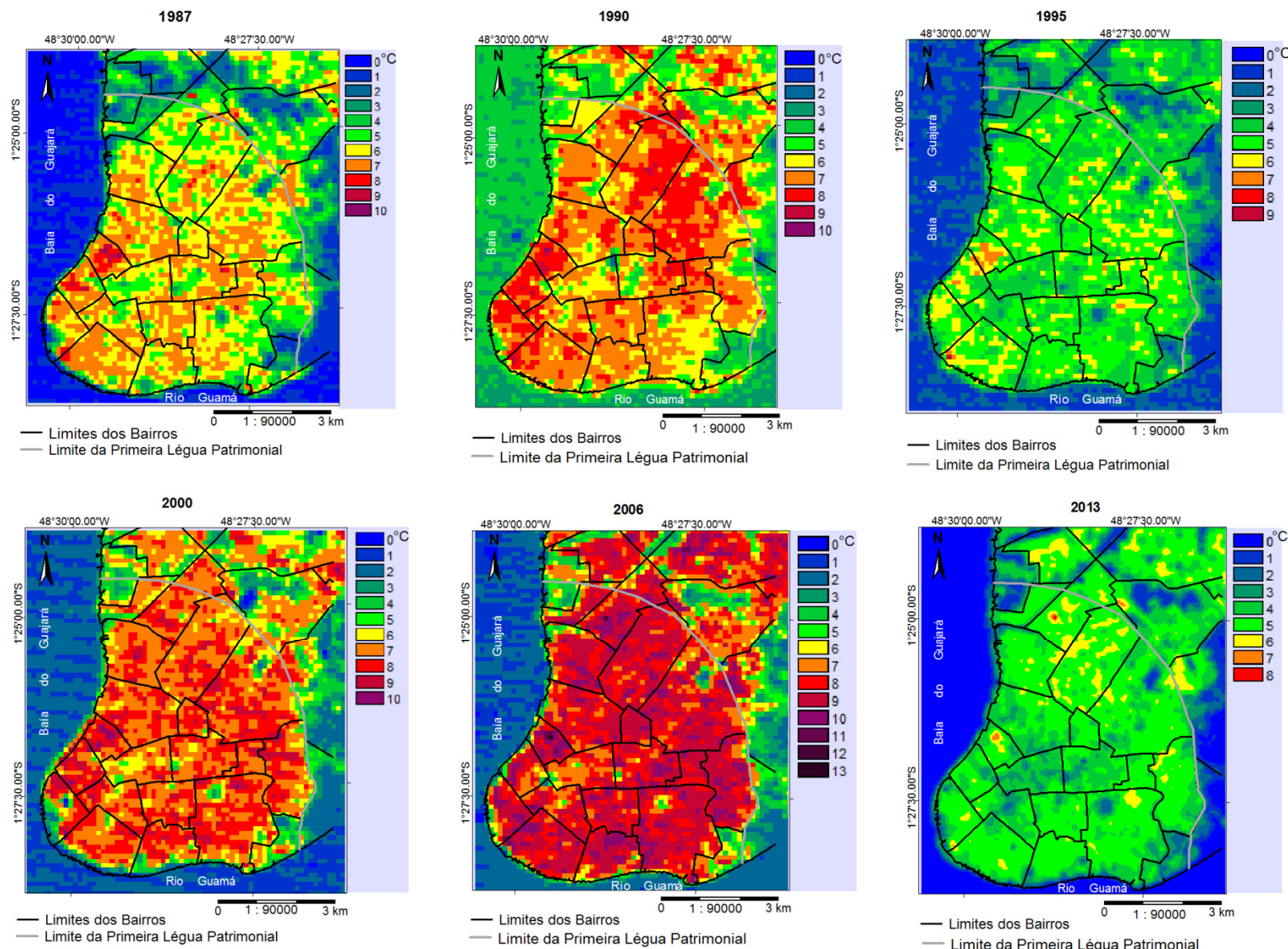
Quadro 07 - Dados temporais das imagens Landsat utilizadas na interpretação da temperatura dos alvos.

Ano	Satélite	Banda	Data da Imagem			Hora local de aquisição
			Dia	Mês	Ano	
1987	Landsat 5	Banda 6 Termal	17	05	1987	12hs 47min.
1990	Landsat 5	Banda 6 Termal	25	05	1990	12hs 43min.
1995	Landsat 5	Banda 6 Termal	10	07	1995	12hs 28min.
2000	Landsat 5	Banda 6 Termal	05	06	2000	12hs 59min.
2006	Landsat 5	Banda 6 Termal	09	08	2006	13hs 16min.
2013	Landsat 8	Banda 10 Termal	27	07	2013	13hs 24min.

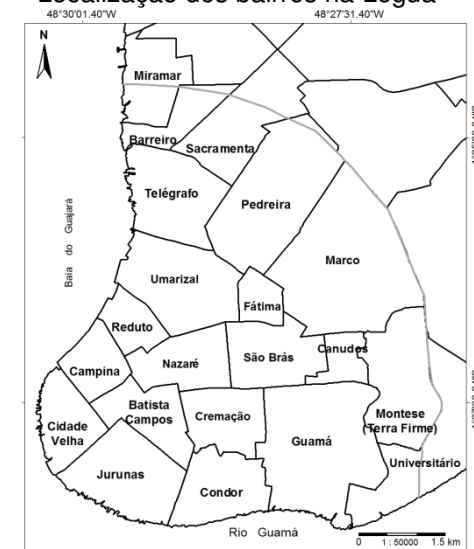
Fonte: produção do próprio autor.

Os mapas desenvolvidos a partir das imagens termais, primeiramente, possibilitaram averiguar e interpretar a diferença da temperatura dos alvos a partir dos pontos mais quentes e dos pontos mais frios, dentro dos limites da Primeira Léguas Patrimonial. Isso, posteriormente, contribuiu para uma análise temporal das características da temperatura dos alvos (Figura 44).

Figura 44 – Diferença das temperaturas dos alvos da Primeira Légua Patrimonial nos anos de 1987, 1990, 1995, 2000, 2006 e 2013.



Localização dos bairros na Légua



Fonte: Imagens Landsat 5 banda 6 (1987, 1990, 1995, 2000 e 2006) e Landsat 8 banda 10 (2013). Sistema de Projeção UTM Datum SAD 69. (Org, Rodrigues, 2016 – Lab. Geocartografia/UNESP)

Considera-se o ponto mais frio como sendo o “0” (zero), definido como ponto de referência, representado por áreas bastante florestadas, como o “cinturão verde”, estendendo-se de Norte a Sudeste, acompanhando os limites da Primeira Léguas, formados por Áreas Institucionais (Federais, Estaduais, Militares) e rios que margeiam a área central da cidade ao sul e oeste.

Em todas as datas estudadas, observa-se que, para a maior parte da área sob análise, tomando como ponto de referência as áreas vegetadas, que indicam os pontos mais frios, nota-se, nitidamente, que as temperaturas dos alvos sofreram oscilações.

No ano de 1987, áreas, como os bairros do Reduto e da Campina, apresentavam uma diferença de 8°C de temperatura em relação às áreas com pontos mais frios (áreas arborizadas); seguidos dos bairros do Jurunas, Cidade Velha, Cremação, Umarizal, Canudos e Marco com diferença de 7°C em relação aos pontos mais frios. Nos bairros mais arborizados como Nazaré, Batista Campos, São Brás, Barreiro, Montese, Universitário e Miramar, a diferença era de 5°C em relação aos pontos mais frios. Os demais bairros Condor, Guamá, Fátima, Telégrafo, Sacramento e Pedreira apresentaram diferença de 6°C em relação aos pontos considerados zero.

Assim, a diferença de temperatura dos alvos dos bairros com maior arborização (Nazaré, Batista Campos, São Brás, Barreiro, Montese, Universitário e Miramar) é de 3°C menor que os alvos dos bairros do Reduto e Campina; 2°C que a temperatura dos alvos dos bairros do Jurunas, Cidade Velha, Cremação, Umarizal, Canudos e Marco; e 1°C, em relação aos alvos dos bairros Condor, Guamá, Fátima, Telégrafo, Sacramento e Pedreira.

Em 1990, as temperaturas dos alvos apresentaram modificações em virtude de ter sido um ano de influência do El Niño de forte intensidade, que ocasionou a diminuição da precipitação, sendo, portanto, o responsável pelo aumento das temperaturas dos alvos. O bairro do Reduto apresentou alguns pontos com 9°C, porém grande parte dos alvos do bairro, assim como Cidade Velha, Campina, Pedreira, Marco e Canudos apresentaram 8°C de diferença em relação às áreas com pontos mais frios.

Os bairros do Jurunas, Condor, Cremação, Fátima, Umarizal, Telégrafo e Sacramento apresentaram 7°C de diferença. Guamá e Batista Campos, parte dos

alvos, apresentaram entre 7°C e 6°C de diferença. São Brás e Montese apresentaram, em parte de suas superfícies, diferenças de temperatura entre 7°C e 5°C em relação aos pontos mais frios.

Os bairros de Nazaré e Barreiro apresentaram uma diferença de 6°C em relação aos pontos mais frios, porém Nazaré, mais arborizado, apresentou 1°C a mais do que no ano de 1987.

Por fim os bairros de Miramar e Universitário mantiveram 5°C, sendo esta a menor diferença entre os pontos mais frios em relação aos demais bairros.

Em 1995, as temperaturas dos alvos oscilaram entre 2°C e 7°C de diferença em relação aos pontos mais frios da imagem. A diferença de 2°C foi registrada no bairro de Miramar, e o valor 7°C foi registrado no bairro do Reduto. Os bairros de Nazaré, Barreiro, Universitário, Parte de Batista Campos e São Brás, apresentaram uma diferença de 4°C. Condor, Cremação, Fátima, Umarizal, Telégrafo, Guamá, Canudos, Montese, Marco, Pedreira, Sacramento, registraram 5°C de diferença. Enquanto Campina, Cidade Velha e Jurunas apresentaram 6°C de diferença em relação aos pontos mais frios.

Para o ano de 2000, as diferenças de temperatura dos alvos ficaram entre 4°C, registrado nos bairros de Miramar e Universitário; e 10°C no Reduto e Campina. Apenas o bairro de Nazaré registrou 6°C de diferença, nos demais bairros, como Condor, Cremação, Fátima, Umarizal, Telégrafo, Guamá, Canudos, Montese, Marco, Pedreira, Sacramento, Cidade Velha, Jurunas, Barreiro, Batista Campos, São Brás, a diferença ficou entre 7°C e 8°C.

O ano de 2006 foi um dos anos analisados que apresentou maiores diferenças de temperatura dos alvos da área central, também sofreu influência de El Niño, porém, de intensidade fraca, mas que proporcionou diminuição da precipitação, contribuindo para o aumento da temperatura dos alvos. Nesse ano, quase todos os bairros, como Barreiro, Sacramento, Telégrafo, Pedreira, Marco, Umarizal Fátima, São Brás, Canudos, Montese, Guamá, Cremação, Condor, Jurunas, Cidade Velha e Campina apresentaram diferenças entre 10°C e 11°C em relação aos pontos mais frios. O bairro de Nazaré apresentou diferença de 7°. Apenas os bairros Universitário e Miramar apresentaram 5°C de diferença em relação aos pontos mais frios.

Ao contrário de 2006, em 2013 os alvos apresentaram diferenças de temperatura baixas. Quase todos os bairros apresentaram diferenças de 5°C. Nazaré, Batista Campos e São Brás apresentaram diferença de 3°C e 4°C. Universitário e Miramar registraram 2°C e 1°C, respectivamente. Apenas os bairros da Pedreira e Reduto apresentaram 6°C e 7°C, respectivamente de diferença em relação aos pontos mais frios.

Na análise temporal das imagens termais, verificou-se que, apenas os bairros de Nazaré, Miramar, Universitário, parte de Batista Campos e de São Brás sempre apresentam temperaturas dos alvos abaixo dos demais bairros, o que deve ser motivado pela presença de vias arborizadas (Nazaré, Batista Campos e São Brás), parques como o Museu Paraense Emilio Goeldi e Parque da Residência (São Brás), áreas de reservas (Miramar) e de preservação como APA de Belém (Universitário), que se encontram nos respectivos bairros. Por outro lado, os bairros do Reduto e da Campina foram os que apresentaram os maiores valores de temperatura dos alvos, por apresentarem pouca arborização e pela sua localização a sudoeste da cidade, estando a sotavento da verticalização que se impõe como barreira artificial em relação à circulação e direção dos ventos de nordeste.

Alguns bairros como Marco e Guamá, que sempre apresentaram alvos com temperaturas mais elevadas, também apresentaram pontos mais frios, estando este fator relacionado às áreas vegetadas, como o bosque Rodrigues Alves, localizado mais ao norte do bairro do Marco, e o cemitério Santa Isabel, localizado a noroeste do bairro do Guamá.

As temperaturas dos alvos dos bairros citados variaram entre 2°C e 8°C, em 1987; 4°C a 8°C, em 1990; 2°C a 7°C, em 1995; 4°C a 8°C, no ano de 2000; de 4°C a 10°C, em 2006 e de 1°C a 6°C, em 2013 (Quadro 08).

Quadro 08 - Diferenciação de temperatura dos alvos por bairro da área central, de acordo com os anos analisados.

(continua)

Bairros da área central	Diferença de Temperatura dos alvos em relação ao ponto "0" por ano analisado						Oscilação Média
	1987	1990	1995	2000	2006	2013	
Barreiro	4°C	5°C	4°C	7°C	9°C	5°C	5,7°C
Batista Campos	7°C	7°C	4°C	8°C	9°C	4°C	6,5°C
Campina	7°C	8°C	6°C	8°C	9°C	5°C	7,2°C
Canudos	7°C	8°C	5°C	8°C	9°C	5°C	7,0°C
Cidade Velha	7°C	8°C	6°C	7°C	9°C	5°C	7,0°C
Condor	6°C	7°C	5°C	8°C	9°C	5°C	6,7°C
Cremação	6°C	7°C	5°C	7°C	9°C	5°C	6,5°C

Fátima	6°C	7°C	5°C	8°C	9°C	5°C	6,7°C
Guamá	6°C	6°C	5°C	8°C	9°C	5°C	6,5°C
Jurunas	7°C	7°C	6°C	7°C	9°C	5°C	6,8°C
Marco	6°C	8°C	6°C	7°C	9°C	5°C	6,8°C
Miramar	3°C	5°C	2°C	4°C	4°C	1°C	3,2°C
Montese	6°C	7°C	5°C	8°C	9°C	5°C	6,7°C
Nazaré	5°C	6°C	4°C	6°C	7°C	4°C	5,3°C
Pedreira	6°C	8°C	5°C	7°C	9°C	6°C	6,8°C
Reduto	8°C	8°C	7°C	8°C	10°C	6°C	7,8°C
Sacramenta	6°C	7°C	5°C	8°C	9°C	6°C	6,8°C
São Brás	7°C	7°C	5°C	7°C	9°C	4°C	6,5°C
Telégrafo	6°C	7°C	5°C	7°C	9°C	5°C	6,5°C
Umarizal	7°C	7°C	5°C	7°C	9°C	5°C	6,7°C
Universitário	2°C	4°C	3°C	4°C	5°C	3°C	3,5°C

Fonte: produção do próprio autor.

O que se observa é que as características das temperaturas dos alvos também têm íntima relação com a distribuição espacial da cobertura vegetal. Conforme demonstraram Amorim e Dubreuil (2016), as maiores ou menores diferenças na temperatura dos alvos entre as áreas vegetadas e construídas dependem do total de precipitação nos dias que antecedem a tomada das imagens. Deste modo, embora este não tenha sido o foco da presente pesquisa, as análises das termais foram importantes porque se conseguiu perceber as características dos bairros. É nítido que no distrito de Belém (DABEL), considerado o mais arborizado da área central, os resultados foram mais heterogêneos com relação à temperatura dos alvos. Na parte central do distrito (Nazaré, Batista Campos e São Brás), os alvos tiveram temperaturas mais baixas que o setor noroeste, onde apresentaram as maiores diferenças de temperaturas (Reduto, Campina e Cidade Velha).

Os distritos do Guamá (DAGUA) e o distrito da Sacramenta (DASAC) apresentaram diferenças mais elevadas de temperaturas de seus alvos, com caráter mais homogêneo, por serem distritos com menores espaços arborizados. No entanto, alguns setores dos distritos apresentaram pontos com diferença baixa, por serem áreas vegetadas, como é o caso do Cemitério (Bairro do Guamá), Áreas de Conservação (Bairro de Miramar), como alguns exemplos.

Portanto, segundo Jardim (2010), considerando que o espaço urbano se constitui um verdadeiro mosaico de materiais, e que cada um desses espaços reage de forma diferenciada frente à entrada e saída de energia solar, tanto pode ocorrer dissipação de calor quanto o reforço das condições de aquecimento. É necessário, porém, que se verifique em campo, a partir do levantamento de dados de superfície por meio de miniestações e apoio nos dados de estações meteorológicas oficiais

locais, as características das temperaturas do ar nessas áreas com características diferentes.

5.3. Análise Espacial da Temperatura da Primeira Léguas Patrimonial da cidade de Belém.

A rede de estações meteorológicas que monitoram o clima regional está concentrada em um único eixo da cidade, ao longo do limite do arco do cinturão verde da Primeira Léguas Patrimonial. Há ausência de estações de monitoramento em outros pontos da cidade, principalmente na área central, onde se concentra grande parte da população, os equipamentos urbanos, a circulação de veículos e pessoas. Estações de monitoramento climático, localizadas na área central, poderiam auxiliar nos estudos com mais eficácia sobre o clima intraurbano da cidade de Belém.

Com efeito, a ausência dessas estações meteorológicas na área central da cidade dificulta uma melhor avaliação e espacialização das dinâmicas e ritmos climáticos intraurbanos, sem falar na falta de registros contínuos dos elementos do clima que sofrem alterações pela intensa urbanização da área central da cidade de Belém.

5.3.1. As estações meteorológicas oficiais de monitoramento do clima regional

As estações meteorológicas oficiais de monitoramento do clima regional são quatro:

- A Estação Meteorológica Automática e a Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia Belém (INMET) que estão instaladas em áreas diferentes; a Estação Meteorologia Automática (EMA), localizada na própria sede do Instituto de Meteorologia, na Avenida Almirante Barroso, bairro do Castanheira, quase na saída da cidade de Belém; e a estação convencional, situada dentro do Parque Estadual do Utinga, bairro do Curió-Utinga (Figura 45).

Figura 45 - Estação Convencional do INMET localizada na Área de Preservação Ambiental de Belém (APA).



Fonte: GoogleMaps, acesso em 28/05/2016.

- A Estação Automática do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA³⁵) localiza-se dentro da Base Aérea de Belém, bairro do Val-de-Cães;

- A Estação do Sistema de Vigilância da Amazônia (SIPAM/Belém) localiza-se nas dependências do Órgão, situado na Avenida Julio Cezar, bairro do Souza.

Existe também a Estação Meteorológica da UFPA, localizada nas dependências do Instituto de Geociências (IG), bairro Universitário, que disponibiliza dados em escala mais regional, entretanto seus dados não estão disponíveis para consulta pública.

A importância de se instalar algumas miniestações na área, que apresenta um grande vazio de monitoramento climático, é justamente com a intenção de proporcionar a geração de informações que venham ajudar a entender as características do clima, principalmente da temperatura, dentro de uma área mais adensada da cidade, tentando manter comparações com as informações já existentes disponibilizadas pelas outras estações de monitoramento regional. Assim, para se obter um ponto de referência, adotou-se, como parâmetro de comparação, os dados da estação convencional do INMET, justamente por estar localizada em uma área bastante arborizada, não sofrendo interferências diretas dos equipamentos urbanos.

³⁵ DECEA disponibiliza os dados climáticos através do Sistema de Geração e Disponibilização de Informações Climatológicas. Entretanto, todas as estações disponibilizam seus dados via internet, com exceção da estação localizada na UFPA que disponibiliza seus dados via solicitação de projetos de pesquisa.

As miniestações foram instaladas no lado oposto das estações de monitoramento regional, localizadas nos Bairros da Condor (Estação Condor); Campina (Estação Campina) e de Nazaré (Estação Nazaré) (Figura 46).

Figura 46 - Localização das estações meteorológicas de monitoramento regional INFRAERO, INMET, SIPAM, UFPA e miniestações instaladas na área central.



Legenda

- Rede de estações meteorológicas de monitoramento regional
- Miniestações fixas instaladas na área central
- Limite da Primeira Léngua Patrimonial

Fonte: Imagem Ikonos (2006), googleMap (2016); Trabalho de campo (2016).

5.3.2. Caracterização e escolha dos pontos de instalação das miniestações de coleta de dados climáticos na área da Primeira Légua Patrimonial.

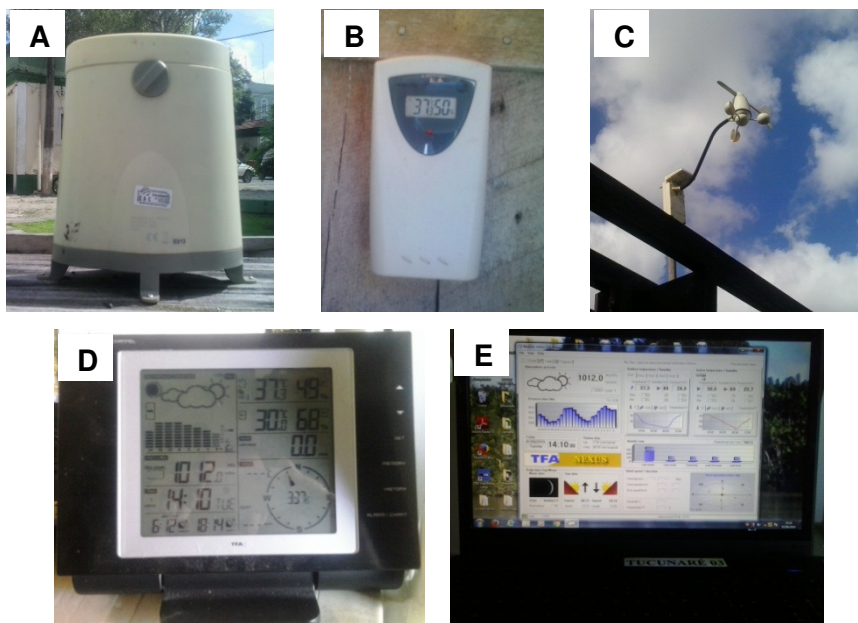
Para o levantamento de dados de temperatura do meio urbano da Primeira Légua Patrimonial, foram instaladas três miniestações meteorológicas em lugares com características bastante diferenciadas. A determinação dos locais de coleta dos dados foi baseada em aspectos geográficos, urbanos e do tipo de uso.

Primeiramente, foi necessário definir locais que apresentavam pouca e muita arborização, depois os locais deveriam apresentar um uso da terra bastante diversificado, como verticalização, adensamento urbano, e, por fim, definir locais seguros para a instalação dos instrumentos. Para isso foi necessário realizar trabalho de campo, para elencar os locais que abarcassem todas as condições necessárias para a realização do levantamento de dados.

Em geral, as áreas escolhidas para fixação das miniestações foram espaços militares, por apresentarem as condições necessárias à instalação como segurança e a posição geográfica dentro da Primeira Légua Patrimonial. Por serem áreas militares, denominou-se cada ponto da seguinte maneira: Ponto (1) - Estação Campina (Exército); Ponto (2) - Estação Condor (Corpo de Bombeiros); e Ponto (3) - Estação Nazaré (Exército). Cada ponto apresentou uma especificidade no que constitui localização, proporcionando, assim, uma análise mais heterogênea.

Nos pontos selecionados, foram instalados sensores que registraram temperatura e umidade, precipitação, direção e velocidade do vento, assim como o console de registro e armazenamento de dados que foram registrados por um programa de computador (Figura 47).

Figura 47 - Sensores instalados nas miniestações (A) Pluviômetro; (B) Termo higrômetro; (C) Anemômetro; (D) Console de recepção e armazenamento dos dados; (E) Programa computacional de tratamento e informação dos dados climáticos.

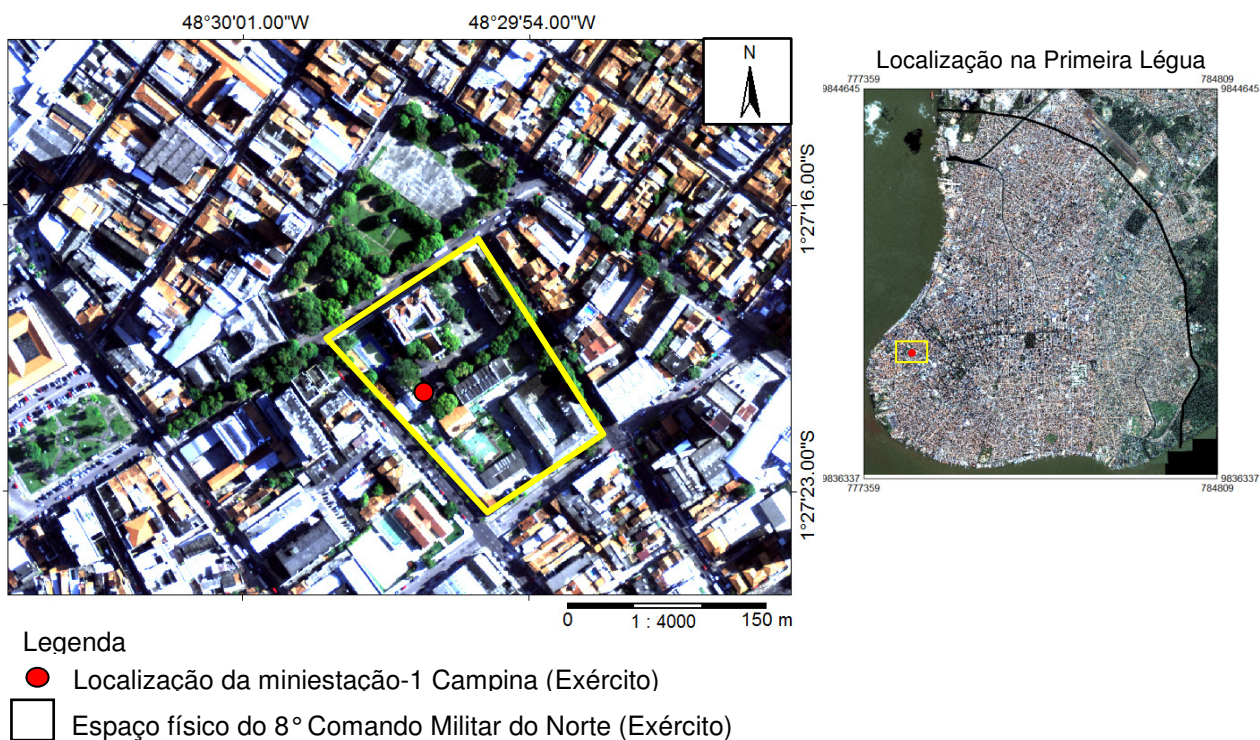


Fonte: RODRIGUES, J. E. C. (2016)

5.3.2.1. Ponto (1) – Estação Campina (Exército).

A estação foi instalada no dia 15 de junho de 2015 no espaço do 8º Comando Militar do Norte (CMN - Exército), localizado no bairro da Campina, a sudoeste da Primeira Léguas, considerado também um dos bairros mais antigos de Belém. O perímetro caracteriza-se como uma área com uma urbanização bastante consolidada, com predominância de edificações horizontais e verticais, concentra também prédios históricos e parte do centro comercial da cidade de Belém. O bairro foi edificado nas proximidades da baía do Guajará e sobre área de terraço de altitude entre 5 a 10m de planície, a qual foi totalmente transformada pela urbanização. A área apresenta razoável arborização, ruas pavimentadas e verticalização de prédios baixos de até 15 andares, além de ser considerada área de classe média alta (Figura 48).

Figura 48 - Localização da miniestação Campina nas dependências do 8º Comando Militar do Norte (Exército)



Fonte: Fotografia aérea de Belém CODEM, (2013).

Neste ponto, foram instalados os sensores de temperatura e umidade, precipitação e vento e a base de captação e registro de dados (Figura 49).

Figura 49 – Base com sensores instalados no bairro da Campina (Espaço do Exército).

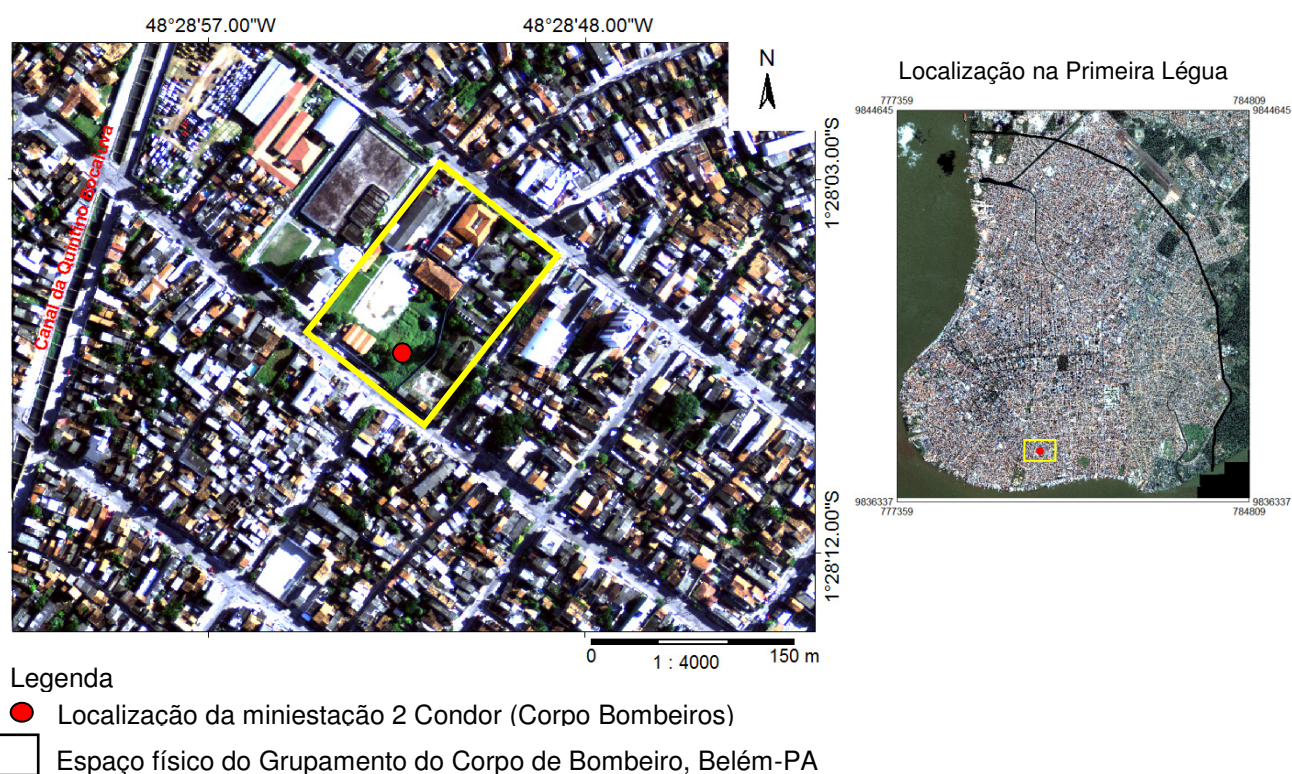


Fonte: RODRIGUES, J. E.C. Trabalho de Campo (2015).

5.3.2.2. Ponto (2) – Estação Condor (Corpo de Bombeiros)

A segunda miniestação foi instalada no dia 19 de junho de 2015, no espaço do 1º Grupamento de Bombeiro Militar de Belém-Pará, localizado no bairro da Condor, ao sul da Primeira Léguas, sendo o entorno constituído de população de baixa renda. O perímetro caracteriza-se como uma área bastante urbanizada, com predominância de edificações horizontais, presença de algumas áreas de residências precárias constituídas de um a três pavimentos. O ponto está também sobre um terreno de planície de influência do canal da Quintino Bocaiuva, que faz parte da bacia da Estrada Nova. Localizado em altitude de até 5 metros, a área apresenta pouca arborização, ruas pavimentadas, canais retificados e ausência de verticalização (Figura 50).

Figura 50 - Localização da miniestação Condor nas dependências do Corpo de Bombeiros do estado do Pará.



Fonte: Fotografia aérea de Belém CODEM, (2013).

Neste Ponto, foram instalados sensores de temperatura e umidade, precipitação e vento, a base de registro de capitação e registros de dados (Figura 51).

Figura 51 - Base da miniestação da Condor e os sensores instalados.

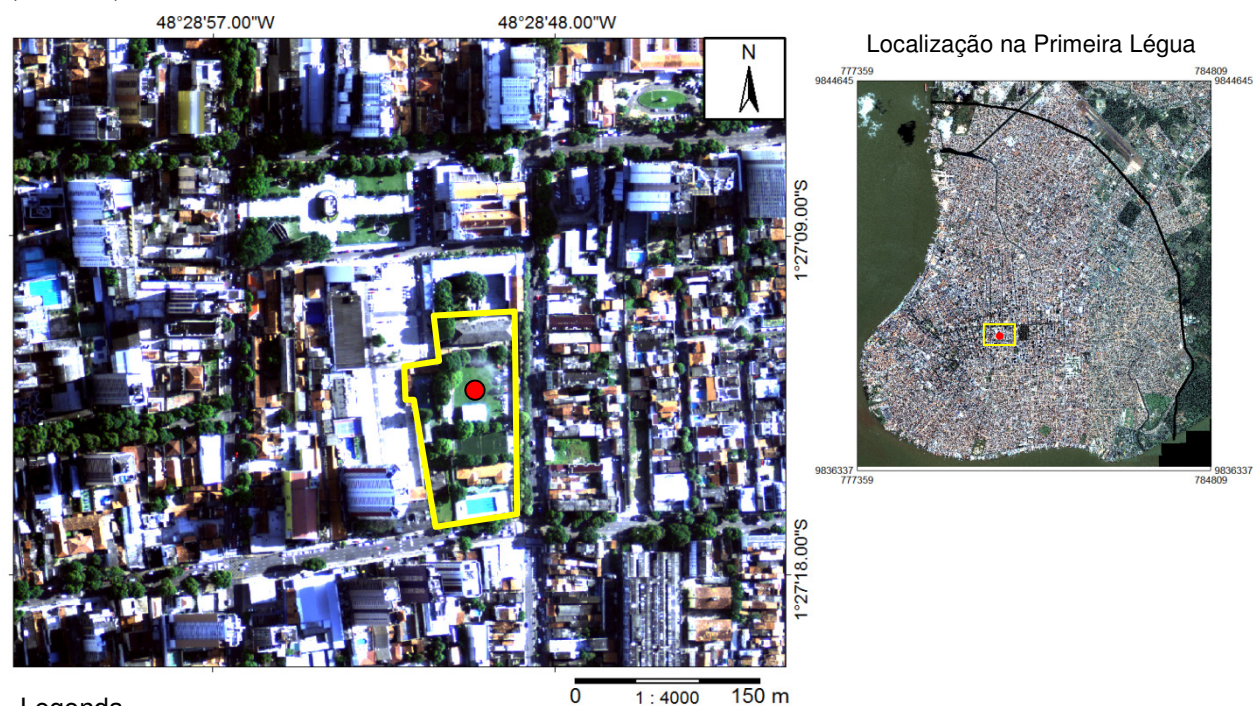


Fonte: RODRIGUES, J. E. C. Trabalho de campo (2015).

5.3.2.3 - Ponto (3) – Estação Nazaré (Exército)

A terceira estação foi instalada no dia 26 de agosto de 2015, no espaço do 28º Circunscrição de Serviço Militar (CSM - Exército), localizado no bairro de Nazaré, a porção central da Primeira Léguas. É considerado também como um bairro de classe com maior renda. O perímetro caracteriza-se como uma área bastante urbanizada com intensa verticalização de prédios de 25 a 30 andares. O bairro foi edificado em áreas de terraço de altitude entre 10 a 14m e de tabuleiro acima de 14m. A área é urbanizada com um dos maiores Índices de Cobertura Vegetal, há ruas pavimentadas e largas, ficando afastado do rio Guamá e baía do Guajará (Figura 52).

Figura 52 - Localização da estação Nazaré nas dependências do 28º Circunscrição de Serviço Militar (Exército).



Legenda

- Localização da miniestação 3 Nazaré (Exército)
- Espaço físico do 8º Comando Militar do Norte (Exército)

Fonte: Fotografia aérea de Belém - CODEM (2013).

Neste Ponto, foram instalados apenas os sensores de temperatura e umidade, precipitação e a base de captação e registro de dados. O anemômetro apresentou problemas técnicos e, por isso, não foi instalado (Figura 53).

Figura 53 – Base com sensores instalados no bairro de Nazaré (Espaço do Exército).



Fonte: RODRIGUES, J. E. C. Trabalho de campo (2015).

As aquisições das informações de temperatura da área central, a partir dos pontos fixos utilizados, expressam variações da temperatura entre os pontos fixos e em relação ao ponto de referência do INMET mostrando, assim, alteração na composição do microclima da área central.

5.3.3. Caracterização da temperatura do ar da área central a partir dos pontos fixos.

O levantamento das temperaturas foi realizado em meados de junho de 2015 a janeiro de 2016, entre os períodos de maior estiagem (junho a novembro) e início do período mais chuvoso (dezembro e janeiro), através de medidas de pontos fixos, colocados nos bairros da Campina, Condor e Nazaré, da área central da cidade de Belém e da utilização de dados da Estação convencional oficial do INMET, localizada no bairro do Curió-Utinga. Isso, para fins comparativos, totalizando quatro pontos de mensuração de temperatura durante sete meses de análise.

Tendo em vista o grande volume de dados gerados, é pertinente apresentar a análise dos resultados por meio das médias máximas e mínimas mensais de cada estação, dando ênfase às temperaturas máximas e fazendo um comparativo com as temperaturas registradas pelo INMET, assim como também apresentando dados sobre os dias mais quentes entre os meses estudados. Para a análise dos resultados, foram considerados os dados dos meses de julho de 2015 a janeiro de 2016, ficando descartada a análise do mês de junho, devido não apresentar dados completos.

Segundo dados oficiais do INMET, entre os meses analisados (julho 2015 a janeiro 2016), a temperatura média máxima ficou em torno de 31,6°C e a mínima de 26,8°C. Porém, para o mesmo período, a Estação 1 registrou, no bairro da Campina, média máxima de 36,5°C e média mínima de 25,2°C. A Estação 2 registrou, no bairro da Condor, média máxima de 35,6°C e média mínima de 24,8°C; e a Estação 3 registrou, no bairro de Nazaré, média máxima de 36,2°C e média mínima de 25°C.

A média mensal da temperatura máxima, segundo INMET, oscilou entre 32,8°C e 29,5°C, em outubro de 2015 e janeiro 2016, respectivamente, porém a temperatura mínima foi de 25,8°C, em julho e 27,7°C, em outubro de 2015.

No bairro da Campina, as temperaturas máximas oscilaram entre 37,6°C, em outubro, e 37,9°C, em novembro de 2015. As médias mínimas foram de 24,8°C, em

julho de 2015, e 25,7°C, em janeiro de 2016. No bairro da Condor, as temperaturas máximas mensais ficaram entre 36,6°C e 36,4°C, nos meses de outubro e novembro, respectivamente. As médias mínimas mensais foram de 24,2°C, em julho de 2015, e 25,4°C, em janeiro de 2016. No bairro de Nazaré, as temperaturas máximas oscilaram entre 37,2°C e 36,6°C, também nos meses de outubro e novembro, respectivamente; e as médias mínimas 24,4°C, em setembro de 2015 e 25,4°C, em janeiro de 2016 (Tabela 05).

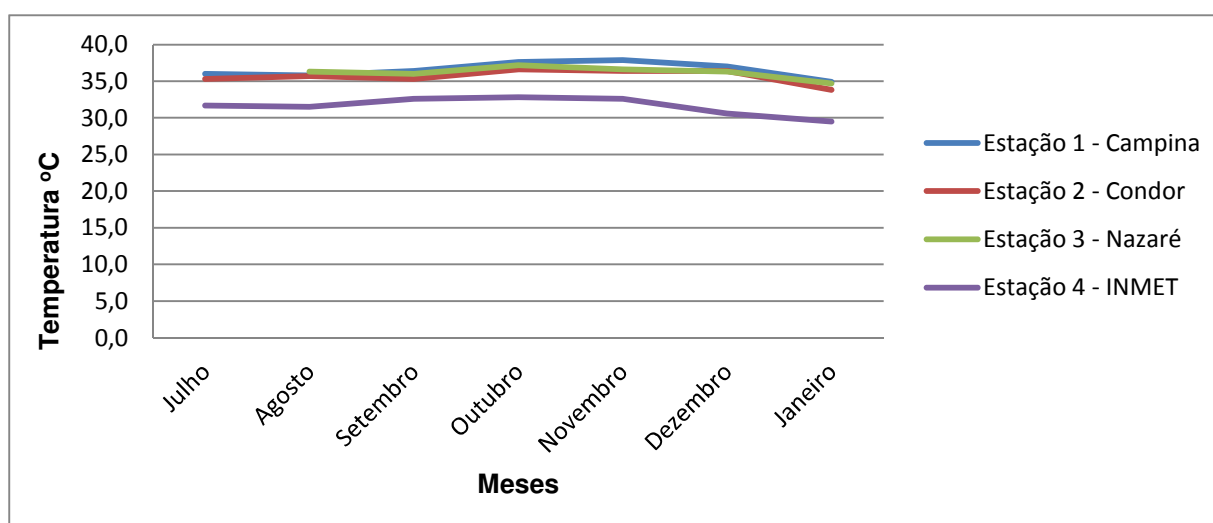
Tabela 05 - Média mensal das temperaturas mínimas e máximas de acordo com os pontos fixos (julho de 2015 a janeiro de 2016).

Meses	Temperatura Média							
	Estações Fixas							
	Estação 1 Campina		Estação 2 Condor		Estação 3 Nazaré		Estação 4 INMET	
	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Máxima (°C)
Julho	24,8	36,0	24,2	35,3			25,8	31,7
Agosto	25,0	35,8	24,6	35,7	24,7	36,3	26,1	31,5
Setembro	24,8	36,4	24,5	35,3	24,4	36,0	27,1	32,6
Outubro	25,4	37,6	25,0	36,6	24,9	37,2	27,7	32,8
Novembro	25,5	37,9	24,8	36,4	25,2	36,6	27,6	32,6
Dezembro	25,5	37,0	25,1	36,4	25,2	36,3	26,7	30,6
Janeiro	25,7	34,9	25,4	33,8	25,4	34,7	26,4	29,5

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Os dados demonstram que o bairro da Campina apresentou as temperaturas mais elevadas entre o período analisado, seguido dos bairros de Nazaré, da Condor e do Curió-Utinga, onde se localiza a estação convencional do INMET (Gráfico 20).

Gráfico 20 - Representação da temperatura média máxima por pontos fixos.

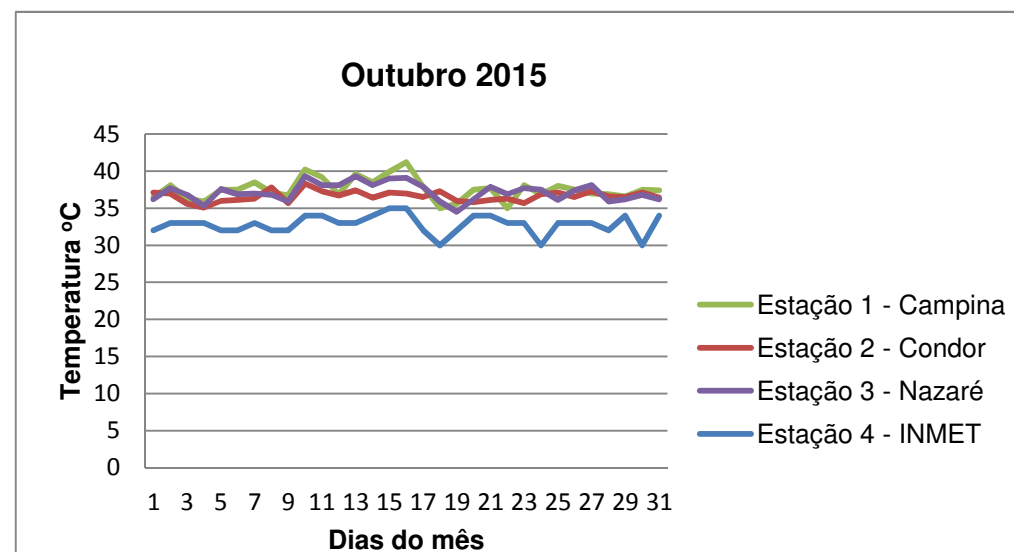
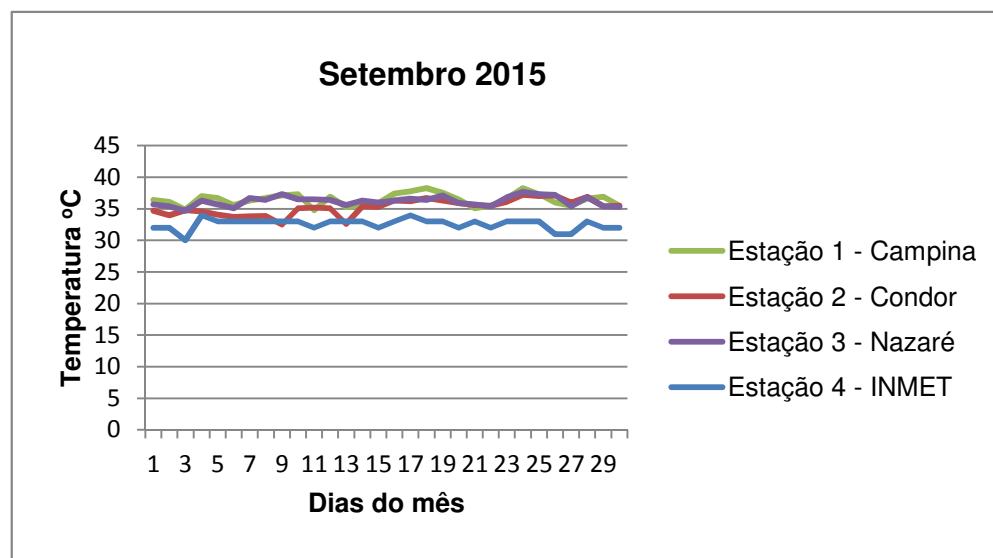
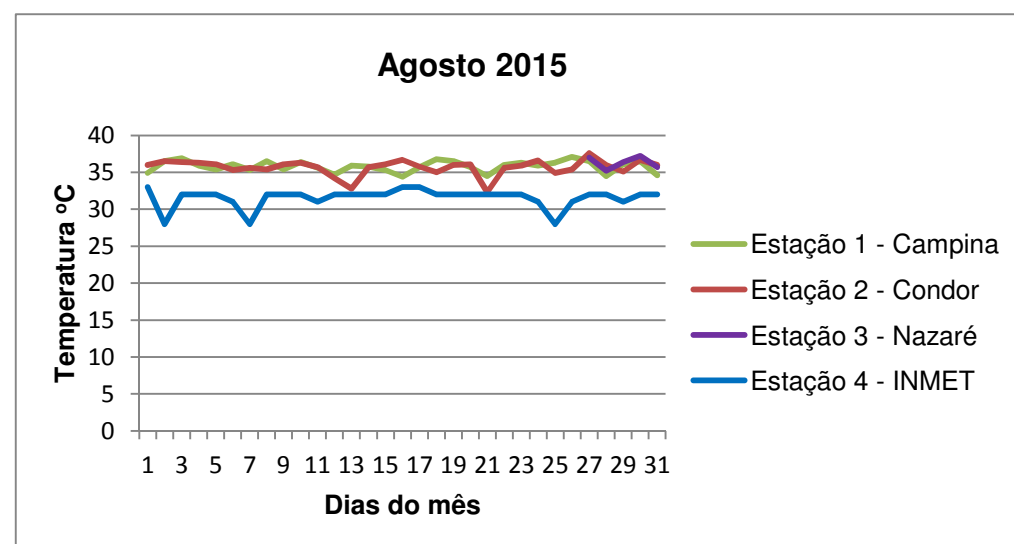
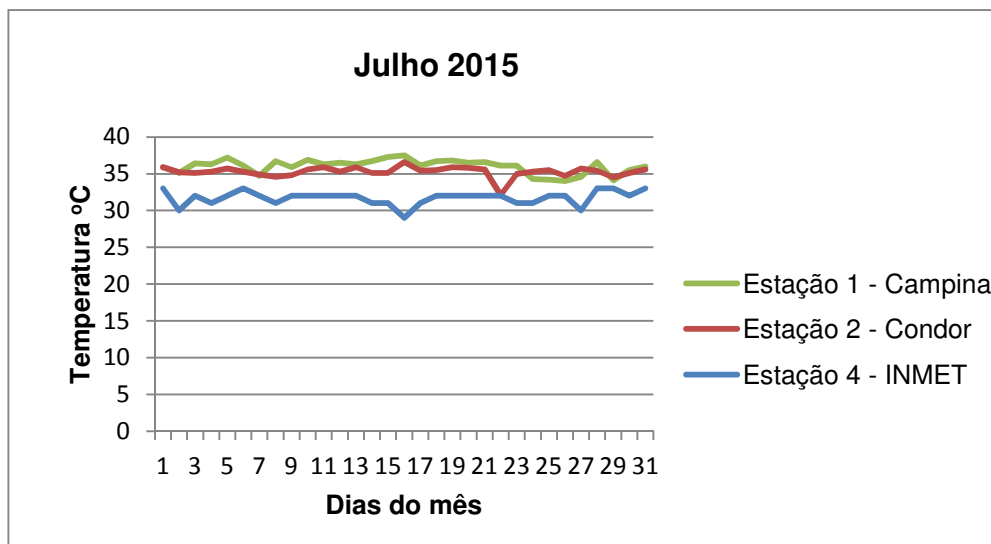


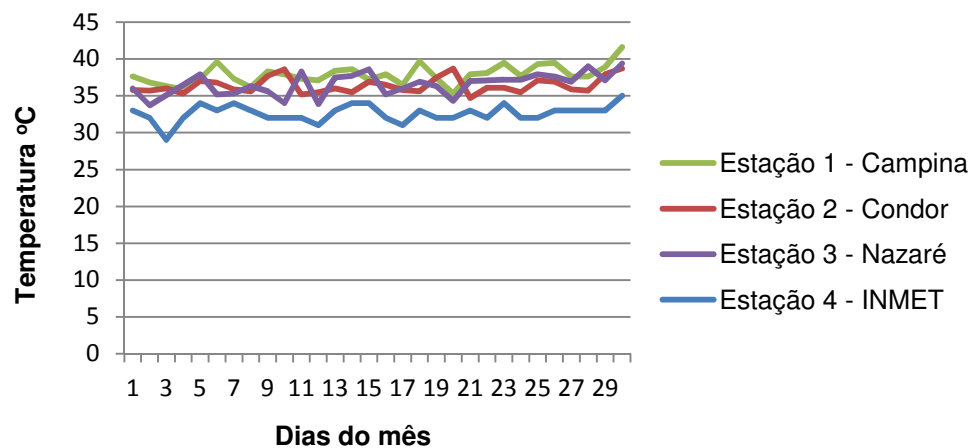
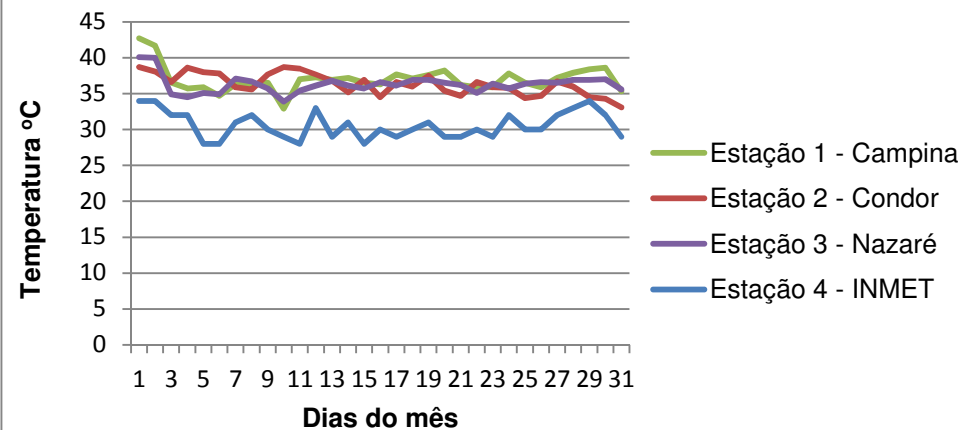
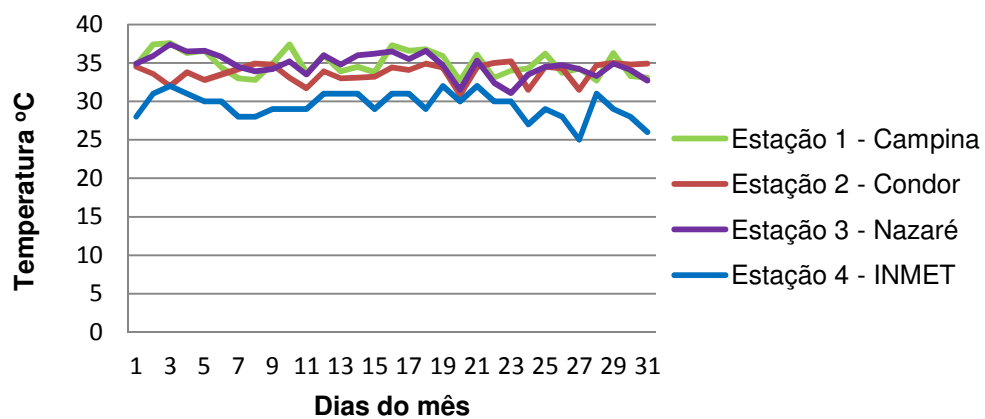
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

5.3.3.1. Caracterização mensal da temperatura máxima a partir dos pontos fixos.

Analisando mensalmente a temperatura, os resultados mostraram que, ao longo dos meses, as temperaturas máximas dos bairros da Campina, Condor e Nazaré variaram em média entre 35°C e 37°C. Em alguns casos chegaram a atingir acima dos 40°C, enquanto que as temperaturas máximas registradas pela estação convencional do INMET ficaram entre 30°C e 35°C (Gráficos 21).

Gráfico 21 - Temperatura média máxima mensal nas estações Campina, Condor, Nazaré e INMET entre os meses de julho 2015 a Janeiro 2016.



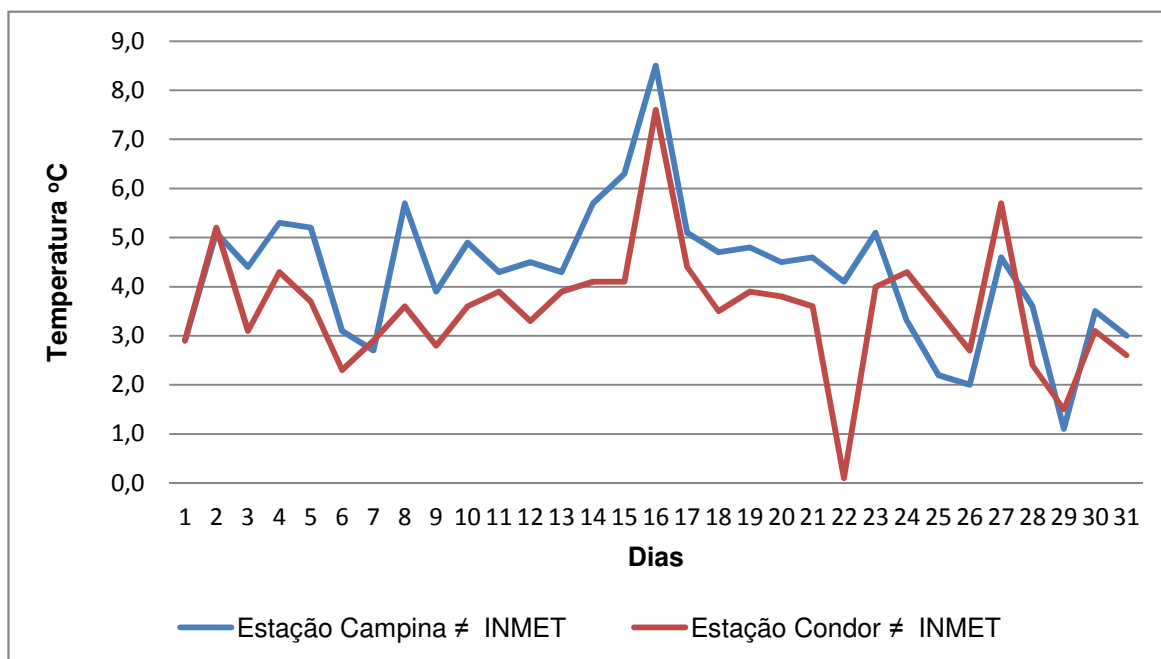
Novembro 2015**Dezembro 2015****Janeiro 2016**

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

No mês de julho, foram utilizados dados apenas de três pontos fixos (Estação da Campina, Condor e INMET). A estação Nazaré ainda não tinha sido instalada. Nesse mês, a temperatura máxima no bairro da Campina ficou entorno de 34,0°C e 37,5°C. No bairro da Condor, a temperatura máxima variou entre 32,1°C e 36,6°C. As temperaturas máximas registradas pelo INMET, para o mês, ficaram entre 29°C e 33°C.

O dia 16/07/2015 foi considerado o dia mais quente do mês, tanto para o bairro da Campina, que registrou 37,5°C, como para o bairro da Condor, que registrou 36,6°C. Porém, no mesmo dia, o INMET registrou temperatura máxima de 29,0°C. O bairro da Campina apresentou uma diferença de 8,5°C, e o bairro da Condor apresentou diferença de 7,6°C, em relação aos registros feitos pela estação convencional do INMET do dia mais quente. Dos 31 dias do mês de julho, o bairro da Campina apresentou, ao todo, 23 dias com temperatura mais elevada do que o bairro da Condor, que, por sua vez, apresentou apenas sete dias de temperatura mais elevada que o bairro da Campina, tendo como parâmetro de comparação os dados do INMET (Gráfico 22).

Gráfico 22 - Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e o INMET no mês de julho 2015.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

De modo geral, a análise dos dados da média mensal mostraram que o bairro da Campina apresentou 4,3°C e o bairro da Condor 3,6°C de diferença em relação às temperaturas registradas pelo INMET, no mês de julho.

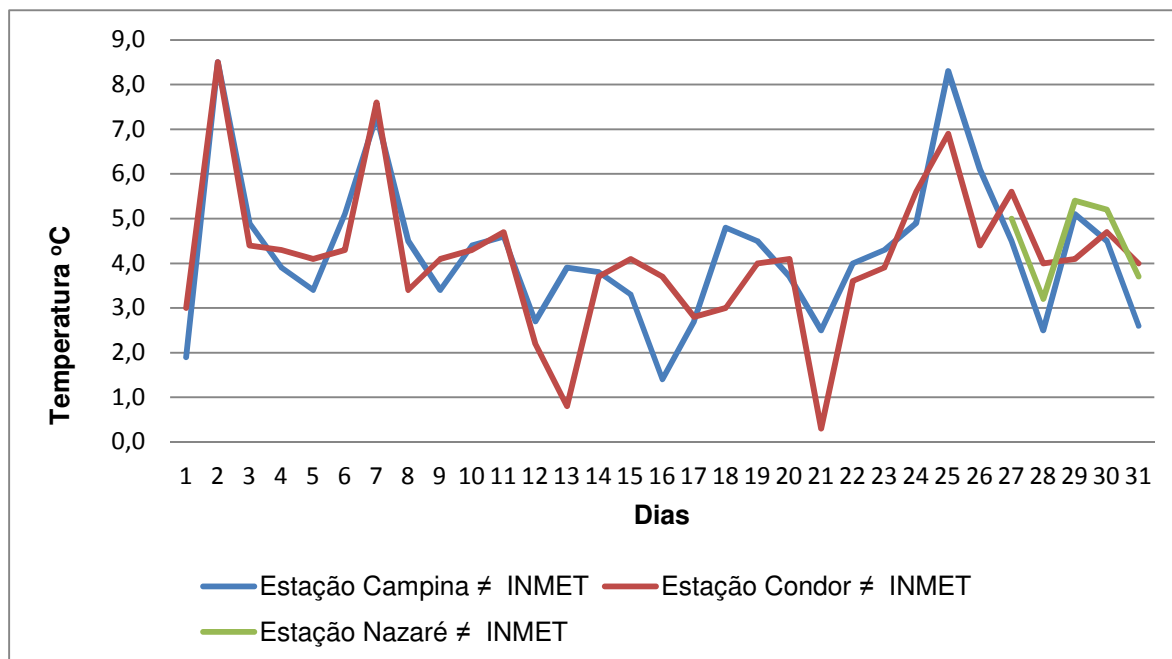
No mês de agosto, utilizou-se dados dos quatro pontos fixos, porém a Estação Nazaré fora instalada no dia 26/08/15, disponibilizando assim dados a partir do dia 27/08. Nesse mês, a temperatura máxima no bairro da Campina ficou entorno de 34,4°C e 37,1°C, sendo o menor e o maior registro nos mesmos dias do mês de julho. No bairro da Condor, a temperatura máxima variou entre 32,3°C e 37,6°C. No bairro de Nazaré, o maior registro da temperatura foi de 37,2°C, entre os dias com dados registrados. As temperaturas máximas registradas pelo INMET, para o mês de agosto ficaram entre 28,0°C e 33,0°C.

Os dias mais quentes se alternaram entre 26/08/15, na Campina, com registro de 37,1°C; 27/08/2015, na Condor, com registro de 37,6°C; e em 30/08/15, em Nazaré, com registro de 37,2°C. Nesses dias, o INMET registrou 31,0°C, 32,0°C e 32,0°C, respectivamente.

Fazendo a comparação entre os registros das temperaturas dos dias mais quentes com os registros das temperaturas do INMET, o bairro da Campina apresentou diferença de temperatura de 6,1°C; o bairro da Condor apresentou 5,6°C; e o bairro de Nazaré de 5,2°C.

Dos 31 dias do mês de agosto, o bairro da Campina apresentou 14 dias de temperatura acima dos outros bairros, como a Condor e Nazaré; por sua vez o bairro da Condor também apresentou 14 dias de temperatura mais elevada que os bairros da Campina e Nazaré. E o bairro de Nazaré apresentou apenas 2 dias mais quentes que os bairros da Campina e Condor, quando comparados com os registros de temperatura do INMET para o mês de agosto. Porém, observou-se, também que as maiores diferenças de temperatura foram registradas nos dias 02, 07 e 25/08, com 7°C de diferença (Gráfico 23).

Gráfico 23 - Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de agosto 2015.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

No dia 02 o INMET registrou temperatura máxima de 28°C, enquanto que os bairros da Campina e da Condor registraram 36,5°C, dando uma diferença de 8,5°C. No dia 07/08 o INMET registrou temperatura máxima de 28°C, novamente, enquanto que o bairro da Campina registrou 35,3°C, uma diferença de 7,3°C; e o bairro da Condor registrou 35,6°C, diferença de 7,6°C, comparado à temperatura do INMET. No dia 25/08 o Instituto também registrou temperatura máxima de 28°C, enquanto que o bairro da Campina registrou 36,3°C, com diferença de 8,3°C. Por sua vez, o bairro da Condor registrou temperatura máxima de 34,9°C, marcando uma diferença de 6,9°C.

De modo geral, os dados mostraram que o bairro da Campina apresentou média de 4,3°C; o bairro da Condor de 4,1°C; e o bairro de Nazaré média de 4,5 °C, diferenças maiores que as temperaturas registradas pelo INMET no mês de agosto. Destaque para o bairro da Condor que registrou um aumento na diferença da temperatura de 0,5°C em relação ao mês julho.

No mês de setembro, houve dados completos nos quatro pontos fixos. Nesse mês, a temperatura máxima no bairro da Campina ficou entre 34,8°C e 38,3°C, apresentando aumento em relação ao mês anterior. No bairro da Condor a temperatura máxima variou entre 32,5°C e 37,2°C. No bairro de Nazaré, o registro

da temperatura ficou entre 34,7°C e 37,7°C. As temperaturas máximas registradas pelo INMET, para o mês de setembro, ficaram entre 30°C e 34°C.

O dia 24/09/2015 foi considerado o dia mais quente do mês para os bairros da Campina, Condor e Nazaré, com 38,3°C; 37,2°C e 37,7°C, respectivamente. Porém, no mesmo dia o INMET registrou temperatura máxima de 33°C. Neste dia, o bairro da Campina apresentou uma diferença de 5,3°C, o bairro da Condor 4,2°C, e o bairro de Nazaré 4,7°C de diferença em relação aos registros do INMET.

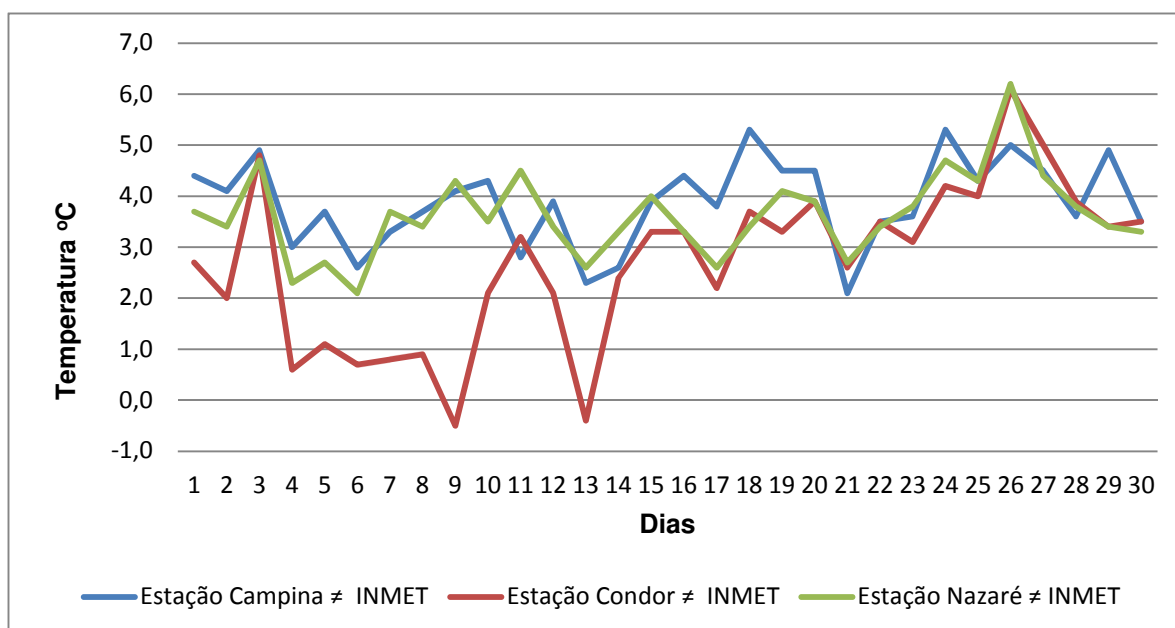
Dos 30 dias do mês de setembro, o bairro da Campina foi quem apresentou dias mais quentes, sendo 19 dias em relação aos bairros da Condor e Nazaré. Já o bairro de Nazaré apresentou 10 dias de temperatura mais altas do que os bairros da Campina e da Condor. Este último, por sua vez, apresentou apenas 4 dias de temperaturas elevadas em relação aos bairros da Campina e Nazaré, quando comparados com os registros de temperatura do INMET, para o mês de setembro.

Nos dias 09/09 e 13/09, o bairro da Condor apresentou temperatura de 32,5°C e 32,6°C, no INMET foi registrado 33,0°C nos dois dias, fazendo com que o bairro da Condor apresentasse uma diferença de -0,5°C e -0,4°C, o que não ocorreu nos bairros da Campina e de Nazaré. Dos meses pesquisados, essa diferença negativa ocorreu apenas nesses dias, mas especificamente, no Bairro da Condor.

No dia 09, a diferença da temperatura do bairro da Campina e de Nazaré, em relação às temperaturas do INMET, foi de 4,1°C e 4,3°C, respectivamente. Para o dia 13, as diferenças foram de 2,3°C, para o bairro da Campina, e 2,6°C, para o bairro de Nazaré.

O dia 26/09 foi considerado o dia com as maiores diferenças. Neste dia, o bairro da Campina registrou 36,0°C; a Condor 37,1°C; Nazaré 37,2°C, enquanto que o INMET registrou 31,0°C. A diferença foi de 5,0°C, na Campina, de 6,1°C, no bairro da Condor, e 6,2°C, no bairro de Nazaré (Gráfico 24).

Gráfico 24 - Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de setembro 2015.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Em geral, no mês de setembro, o bairro Campina apresentou diferença de temperatura média de 3,9°C; o bairro da Condor diferença média de 2,7°C; e o bairro de Nazaré diferença média de 3,6°C, em relação às temperaturas registradas pelo INMET.

No mês de outubro a temperatura máxima no bairro da Campina ficou entre 35,0°C e 41,2°. Para o bairro da Condor a temperatura máxima variou entre 35,1°C e 38,3°C. No bairro de Nazaré, as temperaturas máximas ficaram entre 34,5°C e 39,3°C. As temperaturas máximas registradas pelo INMET ficaram entre 30°C e 35°C.

Os dias mais quentes se alternaram entre os dias 10/10/15, no bairro Condor, onde foi registrado temperatura de 38,3°C; o dia 13/10/15, quando foram registrados 39,3°C, no bairro de Nazaré; e no dia 16/10/15, no bairro da Campina que registrou 41,2°C, sendo esta a maior temperatura registrada no mês, entre os pontos fixos, e com relação aos meses anteriores. Para os mesmos dias, o INMET registrou 34,0°C, 33,0°C e 35,0°C, para os respectivos dias mais quentes.

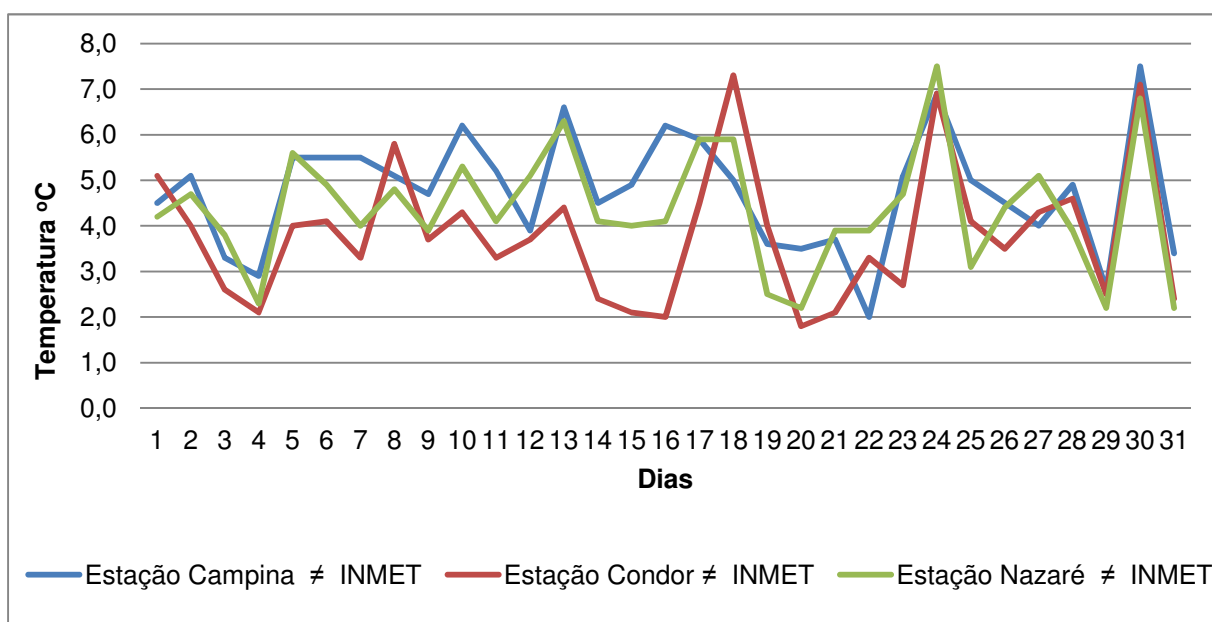
Nessas datas, o bairro da Campina apresentou diferença de temperatura de 6,2°C, o bairro da Condor 4,3°C e o bairro de Nazaré 6,3°C de diferença em relação as temperaturas registradas nos mesmos respectivos dias pelo INMET.

Dos 31 dias que marcam o mês de outubro, mais uma vez o bairro da Campina foi quem apresentou dias mais quentes. No total foram 20 dias em relação aos bairros da Condor e Nazaré. Já o bairro de Nazaré apresentou 8 dias de temperatura mais altas do que os bairros da Campina e da Condor. Estes por sua vez, apresentou apenas 4 dias de temperaturas elevadas em relação aos bairros da Campina e Nazaré, quando comparados com os registros de temperatura do INMET para o mês.

Neste mesmo mês, houve três dias que apresentaram diferença de temperatura acima dos 7°C, sendo eles: 18, 24 e 30/10. No dia 18/10, o bairro da Campina registrou 35,0°C. O bairro da Condor registrou temperatura de 37,3°C; o bairro de Nazaré 35,9°C, e o INMET registrou 30°C, uma diferença de 5,0°C, na Campina, de 7,3°C, na Condor e 5,9°C, no bairro de Nazaré.

No dia 24/10, Campina e Condor registraram 36,9°C; Nazaré 37,5°C, e o INMET 30,0°C, uma diferença na temperatura de 6,9°C em relação aos bairros de Campina e Condor; e de 7,5°C, no bairro de Nazaré. No dia 30/10 o bairro da Campina registrou temperatura de 37,5°C; o bairro da Condor 37,1°C; o bairro de Nazaré 36,8°C, enquanto que o INMET registrou 30,0°C. Com isso, a diferença foi de 7,5°C, no bairro da Campina; 7,1°C, no bairro da Condor e 6,8°C, no bairro de Nazaré (Gráfico 25).

Gráfico 25 - Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de outubro 2015.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

As médias nas diferenças de temperaturas, no mês de outubro, mostraram que o bairro da Campina apresentou média de 4,7°C; o bairro da Condor média de diferença de 3,8°C e o bairro de Nazaré de 4,5°C de diferença em relação às temperaturas registradas pelo INMET.

No mês de novembro, a temperatura máxima no bairro da Campina, ficou entre 35,3°C e 41,6°C. Para o bairro da Condor, a temperatura máxima foi de 34,7°C e 38,7°C. Em Nazaré, as temperaturas máximas ficaram entre 34,0°C e 39,4°C. As temperaturas máximas registradas pelo INMET ficaram entre 29,0°C e 35,0°C.

O dia mais quente do mês foi registrado no dia 30/11/2015, em todos os quatro pontos fixos. Nesse dia, o bairro da Campina registrou 41,6°C, pelo segundo mês consecutivo acima dos 40°; o bairro da Condor marcou 38,7°C; o bairro de Nazaré registrou 39,4°C; e o INMET registrou 35,0°C.

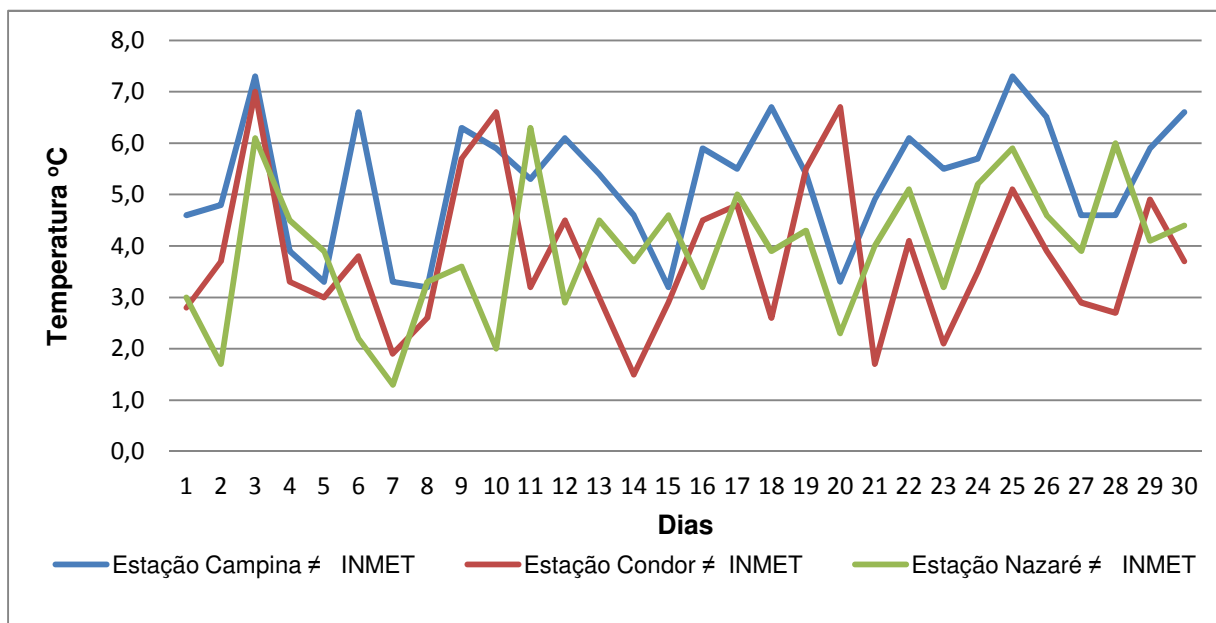
No respectivo dia, o bairro da Campina apresentou diferença de temperatura em relação ao INMET de 6,6°C; o bairro da Condor 3,7°C; e o bairro de Nazaré 4,4°C de diferença em relação as temperaturas registradas pelo órgão do INMET.

Dos 30 dias do mês de novembro, mais uma vez o bairro da Campina apresentou 21 dias com temperaturas mais elevadas que o bairro da Condor e de Nazaré. O bairro de Nazaré apresentou 6 dias de temperatura mais altas que os bairros da Campina e da Condor. Este por sua vez, apresentou apenas 3 dias de temperaturas elevadas em relação aos bairros da Campina e Nazaré, quando comparados com os registros de temperatura do INMET, para o mês.

No dia 03/11, a diferença da temperatura dos bairros da Campina, Condor e Nazaré, em relação às temperaturas registradas do INMET, foram acima dos 6°C. Nesse dia o bairro da Campina registrou 36,3°C, a Condor 36,0°C, o bairro de Nazaré 35,1°C, e o INMET 29,0°C. Assim, a diferença de temperatura registrada no bairro da Campina com a do INMET foi de 7,3°C; do bairro da Condor foi de 7,0°C e do bairro de Nazaré foi de 6,1°C.

No dia 25/11, apenas o bairro da Campina apresentou diferença de temperatura acima dos 7°C. Nesse dia, o INMET registrou 32,0°C, enquanto que o bairro da Campina registrou 39,3°C, marcando assim 7,3°C de diferença. Os bairros da Condor, 37,1°C e o Nazaré com registro de 37,9°C, diferença de 5,1°C e 5,9°C, respectivamente, em relação às temperaturas registradas pelo INMET (Gráfico 26).

Gráfico 26 - Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de novembro 2015.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

As diferenças médias das temperaturas no mês de novembro mostraram, de modo geral, que o bairro da Campina apresentou mais uma vez as maiores diferenças, com uma média de 5,3°C em relação aos registros do INMET; o bairro de Nazaré apresentou a segunda maior diferença de 4,0°C; e o bairro da Condor, a terceira maior com 3,8°C de diferença em relação às temperaturas registradas pelo INMET, no mês de novembro.

No mês de dezembro, a temperatura máxima no bairro da Campina ficou entre 32,9°C e 42,7°C. Para o bairro da Condor as temperaturas máximas foram de 33,1°C e 38,7°C. Em Nazaré as temperaturas máximas ficaram entre 33,9°C e 40,1°C. As temperaturas máximas registradas pelo INMET foram de 28,0°C e 34,0°C.

O dia mais quente do mês foi o dia 01/12/2015, registrado por todos os quatro pontos fixos. Nesse dia o bairro Campina registrou 42,7°C e, pelo terceiro mês consecutivo, a temperatura no bairro se manteve a cima dos 41°C. O bairro da Condor marcou 38,7°C; o bairro de Nazaré registrou 40,1°C e o INMET registrou 34,0°C.

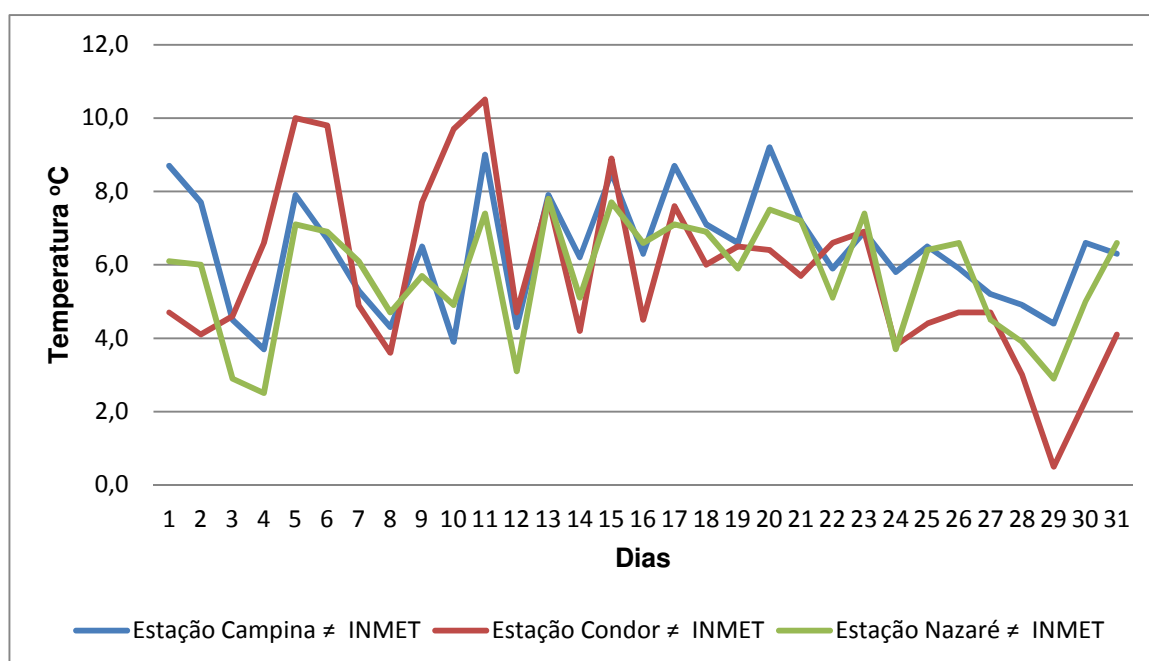
No respectivo dia, o bairro da Campina apresentou diferença de temperatura em relação ao INMET de 8,7°C; o bairro da Condor 4,7°C; e o bairro de Nazaré 6,1°C de diferença em relação as temperaturas registradas pelo órgão do INMET.

Dos 31 dias do mês de dezembro, o bairro da Campina apresentou 15 dias de temperaturas mais elevadas que o bairro da Condor e de Nazaré. Já o bairro da Condor apresentou 10 dias de temperatura mais altas que os bairros da Campina e de Nazaré. Este último, por sua vez, apresentou 7 dias de temperaturas elevadas em relação aos bairros da Campina e Condor, quando comparados com os registros de temperatura do INMET no mês.

O mês de dezembro foi que apresentou mais dias com diferenças de temperaturas acima do 8°C; em alguns casos atingindo a diferença superior a 10°C. Os dias que atingiram a marca dos 10° de diferença foram os dias 05 e 11/12/2015. No dia 05, o bairro da Campina registrou 35,9°C; o bairro da Condor 38,0°C; o bairro de Nazaré 35,1°C e o INMET registrou 28,0°C. Nesse dia, o bairro da Condor apresentou diferença de temperatura em relação às temperaturas registra pelo INMET de 10,0°C; o bairro da Campina apresentou diferença de 7,9°C; e o bairro de Nazaré diferença de 7,1°C, em relação aos dados do INMET.

Outro dia que foi marcado por diferença de temperatura acentuada foi 11/12/2015. Nesse dia, o bairro da Campina registrou 37,0°C; o bairro da Condor 38,5°C; Nazaré 35,4°C; e o INMET registrou 28,0°C. Mais uma vez o bairro da Condor registrou uma diferença na temperatura máxima de 10,5°C em relação às temperaturas registrada pelo INMET; o bairro da Campina registrou 9,0°C e o bairro de Nazaré 7,4°C diferença na temperatura máxima em relação às temperaturas marcadas pelo INMET (Gráfico 27).

Gráfico 27 - Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de dezembro 2015.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Apesar de alguns dias do mês de dezembro apresentar diferenças de 10°C, os resultados mostraram que mais uma vez o bairro da Campina apresentou uma diferença média de 6,4°C; o bairro da Condor 5,8°C; e o bairro de Nazaré diferença média de 5,7°C, em relação às temperaturas registradas pelo INMET, no mês de dezembro. Por outro lado, foi o mês que mais apresentou diferenças mais acentuadas de todos dos meses analisadas.

Por fim, no mês de janeiro de 2016, os episódios de temperatura máxima no bairro da Campina ficaram entre 32,7°C e 37,6°C. Para o bairro da Condor a temperatura máxima ficou entre 30,9°C e 35,2°C. Nazaré registrou temperaturas máximas entre 31,1°C e 37,4°C; e as temperaturas máximas registradas pelo INMET ficaram entre 26,0°C e 32,0°C.

Os dias mais quentes do mês de janeiro foram registrados nos dias 03/01/16, nas estações da Campina, Nazaré, nos registros do INMET, e, no dia 23/01/16, na estação Condor.

No dia 03/01/16, o bairro da Campina apresentou temperatura de 37,6°C; Nazaré registrou 37,4°C; Condor 32,0°C; e o INMET também registrou 32,0°C. A diferença de temperatura em relação ao INMET na Campina foi de 5,6°C; no bairro

de Nazaré foi de 5,4°C de diferença; a Condor não apresentou diferença. No dia 23/01/16, as temperaturas registradas, no bairro da Campina, foi 34,0°C; no bairro da Condor 35,2°C; Nazaré 31,1°C; e o INMET registrou 30,0°C. Nesse dia, Campina apresentou diferença de 4,0°C; Condor 5,2°C; Nazaré 1,1°C de diferença em relação às temperaturas registradas pelo órgão do INMET.

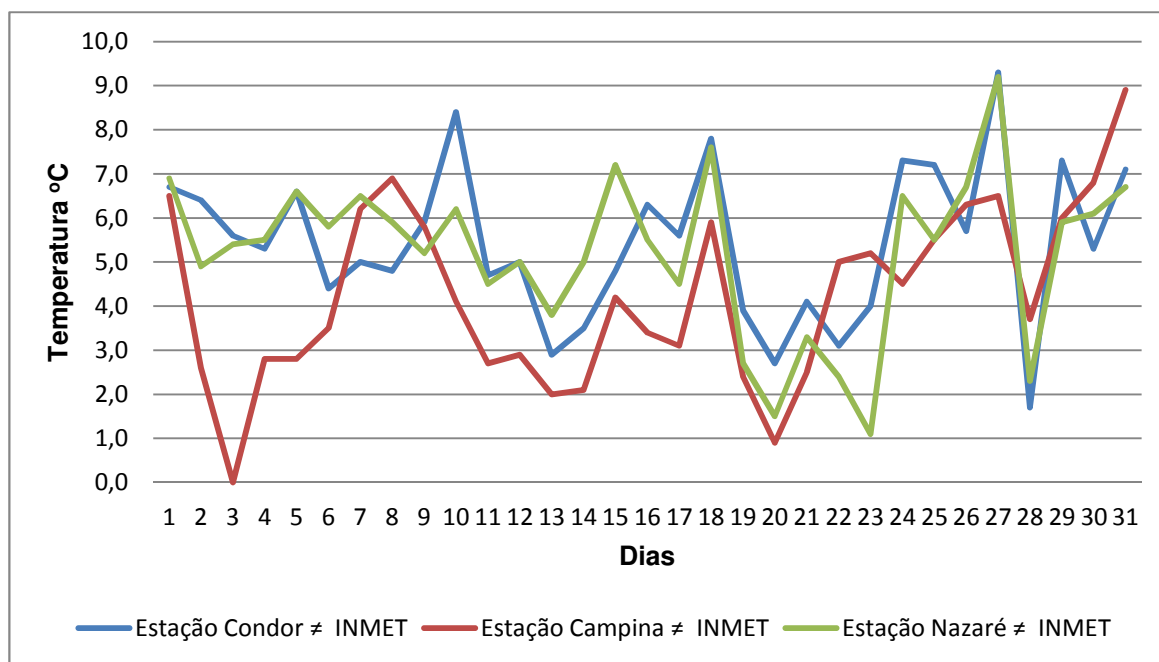
Dos 31 dias do mês de janeiro, o bairro da Campina, portanto, apresentou 17 dias de temperaturas mais elevadas que o bairro da Condor e de Nazaré. Já o bairro de Nazaré apresentou 10 dias de temperatura mais alta que os bairros da Campina e de da Condor. Este, por sua vez, apresentou 6 dias de temperaturas elevadas em relação aos bairros da Campina e Nazaré, quando comparados com os registros de temperatura do INMET.

Ao longo do mês, três dias apresentaram diferenças acima dos 8°C, quando comparados com os dados do INMET dos dias 10, 27 e 31 / 01/ 2016, sendo que dois dias foram registrados no bairro da Campina e um dia nos bairros da Condor e Nazaré. No dia 10/01, o bairro da Campina registrou temperatura de 37,4°C; Condor 33,1°C; Nazaré 35,2°C; e o INMET registrou 29,0°C. Assim, a diferença de temperatura foi de 8,4°C, no bairro da Campina; de 4,1°C, no bairro da Condor; e 6,2°C, no bairro de Nazaré, quando comparados com as temperaturas registradas pelo INMET.

No dia 27/01, o bairro da Campina registrou 34,3°C; a Condor 31,5°C; Nazaré 34,2°C; e o INMET registrou 25,0°C. A diferença foi de 9,3°C, na Campina, de 9,2°C em Nazaré, e 6,5°C, na Condor, quando comparados com as temperaturas do INMET registrada nesse dia.

No dia 31/01, o bairro da Campina registrou 33,1°C; o bairro da Condor 34,9°C; Nazaré 32,7°C; e o INMET 26°C. A maior diferença de temperatura foi registrada no bairro da Condor, com 8,9°C; 7,1°C, no bairro da Campina; e 6,7°C, no bairro de Nazaré (Gráfico 28).

Gráfico 28 - Diferença da temperatura máxima registrada entre as miniestações e INMET no mês de janeiro 2016.

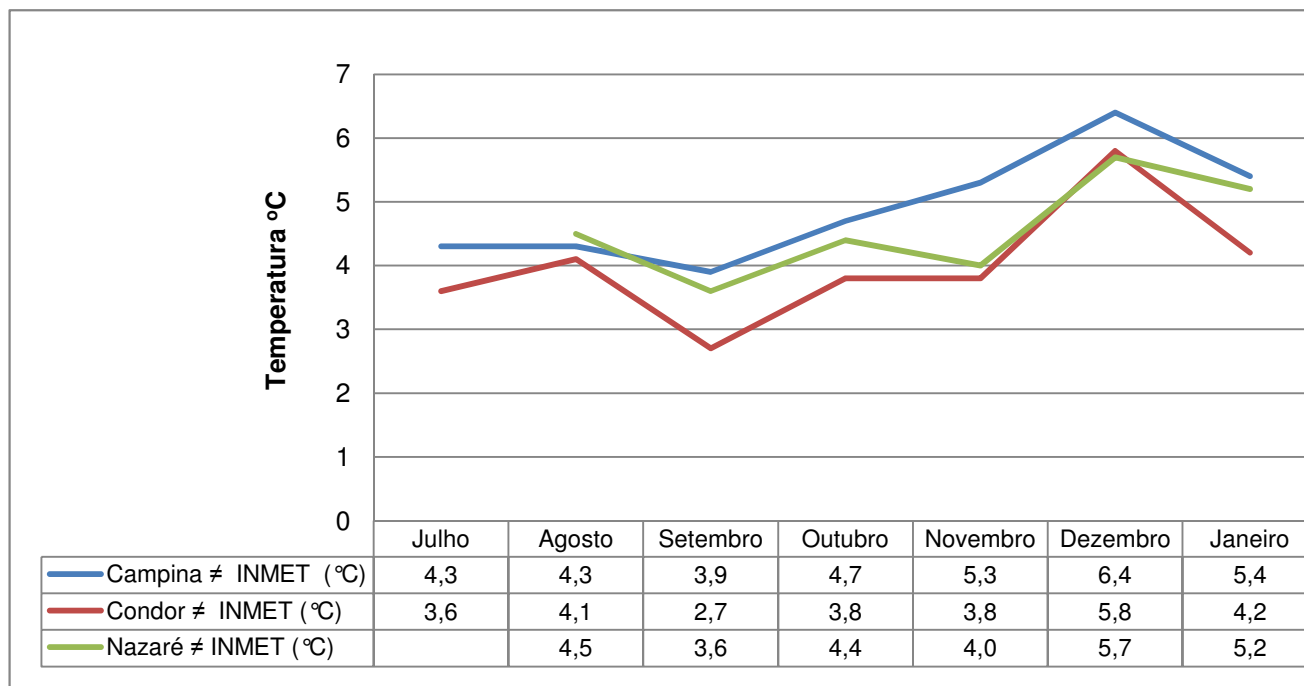


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Assim, as médias das diferenças de temperaturas para o mês de janeiro mostraram que o bairro da Campina novamente apresentou, no geral, 5,4°C de temperatura maior que o bairro da Condor, que registrou média de 4,2°C; Nazaré com média 5,2°C de diferença em relação às temperaturas registradas pelo INMET, no mês de janeiro de 2016.

Traçando um perfil da diferença da temperatura máxima registrada nas miniestações, com as temperaturas máximas registradas pelo INMET, observou-se que o bairro da Campina foi o qual apresentou maiores diferenças em relação às temperaturas registradas pelo INMET, seguida pelo bairro de Nazaré e do Bairro da Condor (Gráfico 29).

Gráfico 29 - Diferença da média máxima de temperatura das miniestações com relação à temperatura máxima registrada pelo INMET de julho 2015 a janeiro de 2016.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Essa diferença corrobora, em parte, com as diferenças de temperatura dos alvos feitas a partir das imagens termais do Landsat, como observado no início deste capítulo.

Nas imagens termais, o bairro da Campina apresentava as maiores diferenças de temperatura dos alvos em relação aos pontos mais frios. Aconteceu o mesmo, quando comparado à temperatura máxima do bairro com os dados oficiais de temperatura máxima registrada pelo INMET.

O mesmo pode ser comparado para o bairro da Condor, porém, quando se analisa os dados da Estação Nazaré, observou-se que o bairro apresentou o segundo maior índice de diferença das temperaturas. Nas imagens termais, era um dos bairros que apresentava as menores diferenças de temperatura de seus objetos, em relação aos demais bairros, por ter áreas mais arborizadas. Contudo, nesse caso, a explicação das diferenças, a serem bastante significativas a partir da comparação com os dados do INMET, é que o bairro de Nazaré apresenta grande verticalização, circulação de veículos, ocasionando uma concentração de poluentes.

No gráfico 29, podemos observar também que entre julho e agosto houve uma pequena elevação da diferença da temperatura dos três pontos fixos em

relação aos registros do INMET, assim como se percebeu também queda entre os meses de agosto e setembro. Entretanto, a partir de setembro até dezembro, o registro foi de crescimento e a diferença mais acentuada foi no bairro da Campina, com uma crescente diferença da temperatura. O bairro de Nazaré mostrou aumento na diferença da temperatura, mas de forma oscilante, assim como o bairro da Condor, porém, com diferenças abaixo dos bairros da Campina e Nazaré. Entre dezembro e janeiro, já se observa uma queda na diferença dos três pontos fixos, em relação ao INMET. Este movimento descendente está diretamente relacionado com o período mais chuvoso, pois a partir do mês de janeiro, intensificam-se as chuvas e a nebulosidade, contribuindo assim para a amenização da temperatura.

5.3.3.2. Caracterização da temperatura diária do ar na área central.

Analisando os resultados dos dados horários gerais de todos os dias entre os meses julho 2015 a janeiro 2016, observou-se que as temperaturas mínimas diárias variaram entre as 05:00h, 06:00h, e 07:00h, nos bairros da Campina, Condor e Nazaré. As temperaturas máximas variaram entre as 13:00h e 14:00h, nos bairros da Campina e Condor e das 12:00h e 13:00h no bairro de Nazaré.

Desta forma, são apresentados os dados das Tabelas (06, 07 e 08), que representam as médias da temperatura horária de cada bairro analisado. Nos dados são destacadas as médias das temperaturas mínimas e máximas e os respectivos horários de ocorrências.

Os horários com maior intensidade da temperatura máxima diária, no bairro da Campina, ocorreram com maior frequência as 14:00h, enquanto que nos bairros da Condor e Nazaré coincidiram, na maioria das vezes as 13:00h ao longo dos meses analisados.

Tabela 06 - Média da Temperatura horária entre os meses de julho a janeiro no bairro da Campina.

Estação	Hora	Meses						
		Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Campina	00:00	25,8	26,2	26,1	26,7	27,0	26,8	26,7
	01:00	25,6	25,9	25,8	26,4	26,6	26,5	26,5
	02:00	25,4	25,6	25,5	26,1	26,3	26,3	26,3
	03:00	25,2	25,4	25,3	25,8	26,0	26,0	26,2
	04:00	25,2	25,2	25,1	25,6	25,8	25,8	26,0
	05:00	25,0	25,0	24,9	25,4	25,7	25,7	25,9
	06:00	24,9	24,9	24,9	25,5	25,5	25,6	25,8
	07:00	25,6	25,6	26,7	26,7	25,8	25,7	25,8
	08:00	28,1	28,2	29,5	29,1	27,2	26,9	26,7
	09:00	30,5	30,4	31,8	31,8	30,7	29,6	28,7
	10:00	32,2	32,6	33,6	34,2	32,7	31,2	30,6
	11:00	33,4	33,9	34,9	36,0	35,1	33,8	32,6
	12:00	34,5	35,0	35,8	36,6	36,5	35,1	33,9
	13:00	35,2	35,4	36,1	36,6	36,7	35,8	34,0
	14:00	35,3	35,3	35,6	36,7	37,0	36,0	33,0
	15:00	34,6	34,9	34,5	35,8	36,7	34,3	32,2
	16:00	33,6	33,5	32,5	34,0	35,3	33,0	31,5
	17:00	31,2	31,5	30,6	31,9	32,9	31,6	30,1
	18:00	29,3	29,9	29,5	30,4	30,8	29,7	28,8
	19:00	28,2	28,8	28,7	29,5	29,9	28,7	27,9
	20:00	27,3	27,9	28,0	28,7	29,2	28,2	27,5
	21:00	26,8	27,2	27,4	28,1	28,6	27,8	27,2
	22:00	26,3	26,8	26,9	27,6	28,0	27,4	27,0
	23:00	26,1	26,5	26,5	27,1	27,5	27,1	26,9

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Tabela 07 - Média da Temperatura horária entre os meses de julho a janeiro no bairro da Condor

Estação	Hora	Meses						
		Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Condor	00:00	25,3	26,2	25,9	26,6	26,9	27,2	26,7
	01:00	25,0	25,8	25,5	26,2	26,5	26,7	26,5
	02:00	24,8	25,5	25,2	25,9	26,1	26,4	26,2
	03:00	24,6	25,2	25,0	25,7	25,7	26,1	26,1
	04:00	24,5	24,9	24,8	25,4	25,4	25,8	26,0
	05:00	24,3	24,7	24,5	25,2	25,1	25,6	25,8
	06:00	24,2	24,5	24,3	25,1	24,9	25,3	25,5
	07:00	24,8	25,3	25,1	26,0	24,8	25,2	25,4
	08:00	28,5	29,2	28,4	28,1	26,5	26,5	25,9
	09:00	31,1	31,5	31,1	30,9	29,3	28,7	27,9
	10:00	32,5	32,9	32,5	33,0	31,1	30,8	29,8
	11:00	33,4	34	33,6	34,3	32,8	32,5	31,6
	12:00	34,3	34,9	34,4	35,4	34,4	34,1	32,3
	13:00	34,6	35,1	34,7	35,4	35,2	35,4	32,8
	14:00	34,4	34,7	35,3	34,8	35,2	35,5	32,2
	15:00	33,5	34,5	34,7	33,9	34,2	34,2	31,6
	16:00	32,4	33,7	33,2	32,3	33,8	33,2	30,9
	17:00	30,6	32,4	31,9	31,4	32,5	31,7	30,1
	18:00	29,0	30,7	29,8	30,3	31,2	30,7	29,0
	19:00	27,8	29,3	28,8	29,7	30,4	29,7	28,7
	20:00	26,8	28,4	28,3	28,9	29,7	28,8	28,0
	21:00	26,2	27,8	27,6	28,2	29	28,2	27,6
	22:00	25,7	27,2	26,9	27,6	28,2	28,0	27,3
	23:00	25,5	26,7	26,4	27,0	27,5	27,5	26,9

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Tabela 08 - Média da Temperatura horária entre os meses de julho a janeiro no bairro de Nazaré

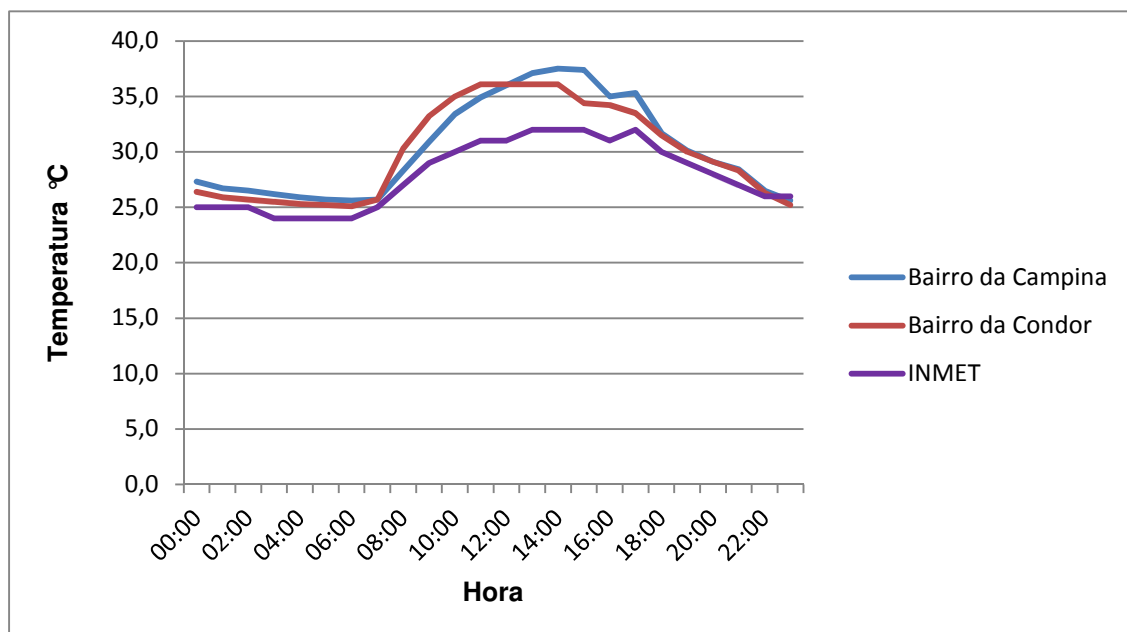
Estação	Hora	Meses					
		Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Nazaré	00:00	25,8	25,8	26,4	26,9	26,8	26,6
	01:00	25,4	25,5	26,0	26,5	26,5	26,3
	02:00	25,1	25,2	25,7	26,2	26,2	26,1
	03:00	24,9	24,9	25,4	25,8	25,9	26,0
	04:00	24,8	24,7	25,2	25,5	25,7	25,8
	05:00	24,7	24,5	25,0	25,4	25,5	25,7
	06:00	25,0	24,5	25,0	25,2	25,3	25,6
	07:00	26,7	26,0	26,0	25,1	25,3	25,5
	08:00	29,8	29,8	29,1	26,7	26,6	26,4
	09:00	32,3	32,3	32,3	31,2	30,4	28,5
	10:00	33,6	33,7	34,4	33,8	33,6	31,4
	11:00	34,7	34,8	35,8	35,5	34,2	32,8
	12:00	35,6	35,4	36,5	35,9	35,1	33,8
	13:00	35,4	35,7	36,3	36,1	35,4	33,9
	14:00	35,0	34,9	35,8	35,6	34,7	32,7
	15:00	33,7	33,8	34,5	34,8	33,2	31,5
	16:00	32,1	32,8	32,2	33,9	31,8	30,6
	17:00	30,2	30,5	31,4	31,9	30,7	29,6
	18:00	29,3	29,1	30,2	30,5	29,7	28,5
	19:00	28,0	28,4	29,4	29,7	28,5	27,8
	20:00	27,4	27,8	28,7	29,2	28	27,3
	21:00	26,9	27,2	28,0	28,6	27,7	27,0
	22:00	26,5	26,7	27,3	27,9	27,4	26,8
	23:00	26,1	26,2	26,8	27,4	27,1	26,7

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao longo dos meses, alguns dias apresentaram temperaturas acima do habitual, então, analisando a temperatura diária desses dias e comparando com os registros de temperatura diária do INMET, pode ser observado que o bairro da Campina apresenta as maiores diferenciações de temperatura.

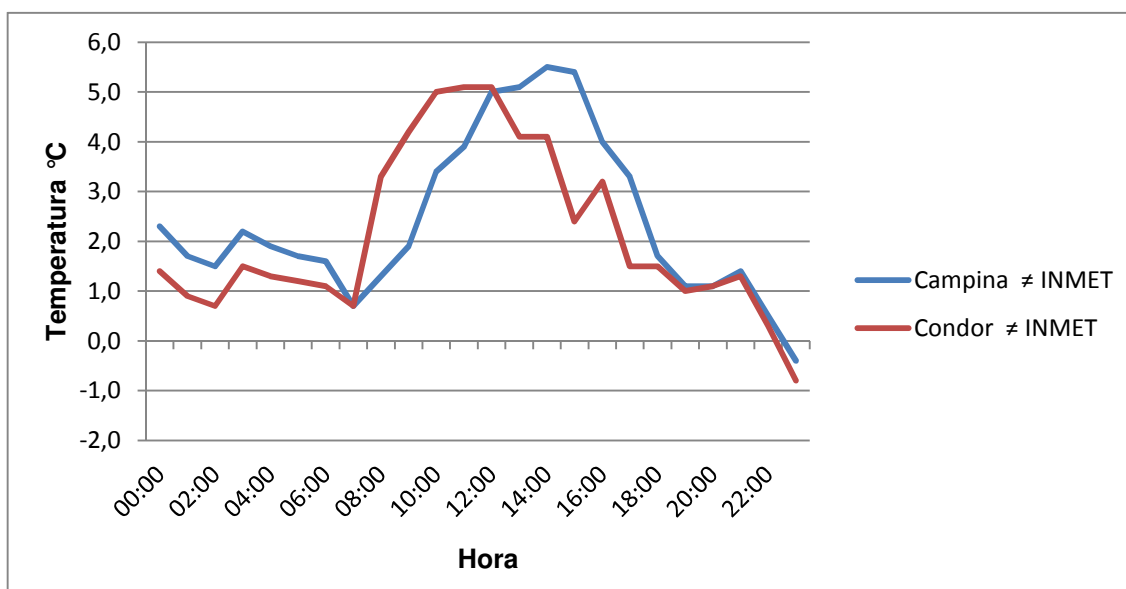
No mês de julho, o dia 16 foi o mais quente registrado no bairro da Campina e na Condor. Nesse dia, as temperaturas mínimas foram de 25,6°C, na Campina, e 25,1°C, na Condor, registro feito às 06:00h. A máxima registrada na Campina foi de 37,5°C, e na Condor, de 36,1°C, no horário das 14:00h, apresentando uma diferença de 1,4°C entre os dois bairros (Gráfico 30). Nesse mesmo horário, o INMET também registrou mínima, às 06:00h e sua máxima temperatura foi de 32,0°C fazendo com que tivéssemos uma diferença de 5,5°C da Campina, e de 4,1°C, no bairro da Condor, em relação às temperaturas do INMET; registrando assim, queda na diferença da temperatura, gradativamente após as 14:00h (Gráfico 31).

Gráfico 30 - Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Campina e Condor (16/07/2015)



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 31 - Diferença da temperatura diária entre os bairros da Campina, Condor em relação à estação do INMET (16/07/2015).



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

No mês de agosto, as maiores temperaturas foram registradas em três momentos diferentes. Na Campina, a maior temperatura foi registrada no dia 26; na Condor dia 27; e em Nazaré, no dia 30 de agosto.

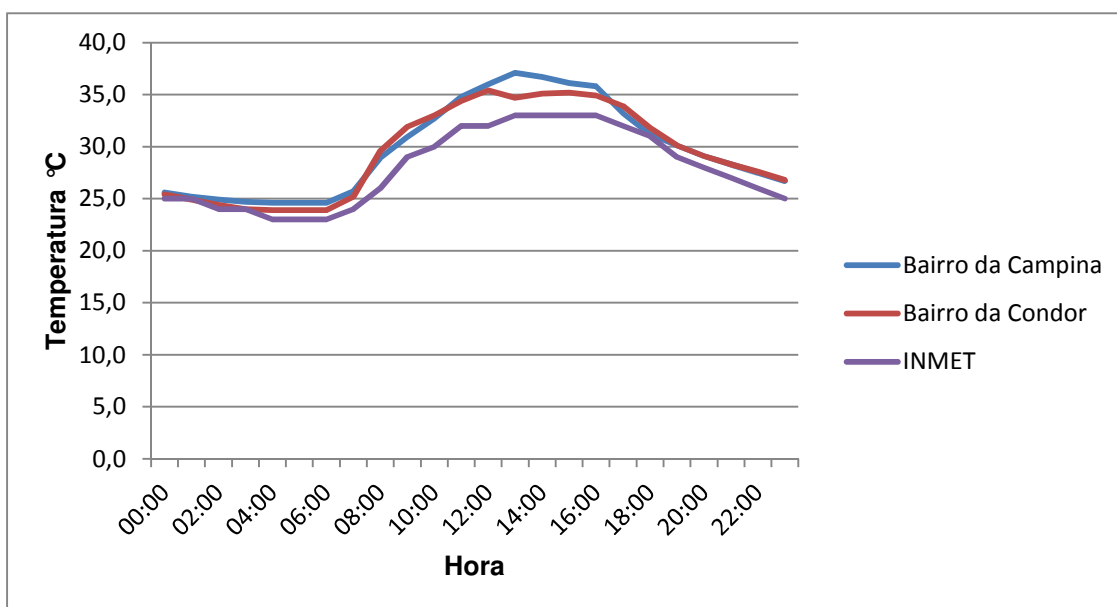
No dia 26 de agosto, as temperaturas mínimas registradas nos bairros da Campina e Condor foram de 24,6°C e 23,9°C, respectivamente, no horário das 06:00h; e o INMET registrou temperatura mínima de 23,0°C, nesse mesmo horário às 06:00hs. A Temperatura máxima na Campina foi de 37,1°C registrada às 13:00h. No mesmo horário, o bairro da Condor registrou temperatura de 34,7°C (Gráfico 32), marcando uma diferença de 2,4°C, entre os bairros. O INMET registrou 33,0°C, marcando uma diferença de 4,1°C da Campina em relação ao Instituto.

No dia 27 de agosto, o bairro da Condor registrou temperatura mínima de 24,3°C; Campina 24,9°C; ambos às 06:00h; o bairro de Nazaré registrou 24,5°C, às 05:00h, e o INMET registrou mínima de 24,0°C, às 07:00h da manhã. A máxima registrada na Condor foi de 36,9°C, às 12:00h (Gráfico 33), e, no mesmo horário, o bairro da Campina registrava 36,5°C, havendo uma diferença de 0,4°C entre os dois bairros. O bairro de Nazaré registrou 36,0°C, e a Condor apresentou uma diferença 0,9°C maior que Nazaré. O INMET, no mesmo horário, registrou 33,0°C, marcando assim uma diferença de 3,9°C. Vale lembrar que a maior temperatura registrada pelo INMET, nesse dia, foi de 34,0°C às 14:00h.

No dia 30 de agosto, o bairro de Nazaré registrou temperatura mínima de 24,3°C, às 05:00h; os bairros da Campina e Condor apresentaram mínimas de 24,9°C e 24,0°C, respectivamente, às 06:00h; e o INMET registrou mínima de 23,0°C, às 06:00h da manhã também. A máxima registrada no bairro de Nazaré foi de 37,2°C, às 14:00h (Gráfico 34). No mesmo horário, o bairro da Campina registrou temperatura de 36,5°C, uma diferença 0,7°C; e o bairro da Condor registrou 36,2°C, diferença de 1,0°C. Já o INMET registrou, nessa hora, temperatura de 33,0°C, marcando uma diferença de 4,2°C. A maior temperatura registrada pelo INMET nesse dia foi de 34,0°C, às 15:00h.

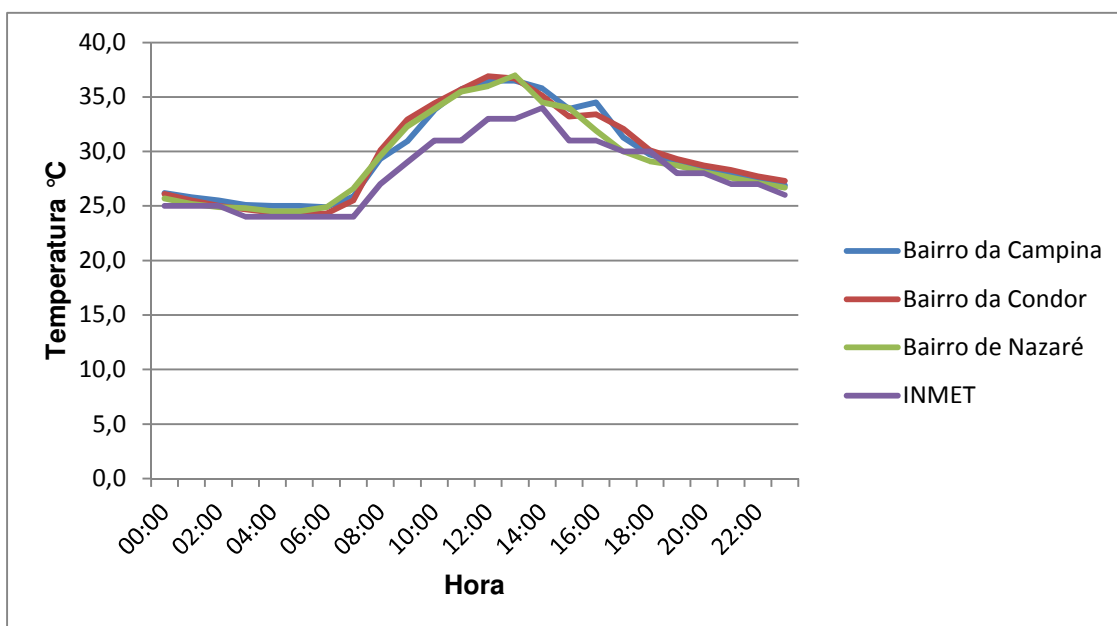
Assim, analisando as diferenças das temperaturas máximas em cada dia, observou-se que as maiores diferenças ocorrem entre os horários de 10:00h e 14:00h; no cair da tarde, entre 17:00h e 18:00h, quando as diferenças de temperatura começam a ser negativas nos três bairros, em relação aos dados de temperatura diária do INMET (Gráfico 35).

Gráfico 32 - Registro da temperatura do dia mais quente no bairro da Campina (26/08/2015).



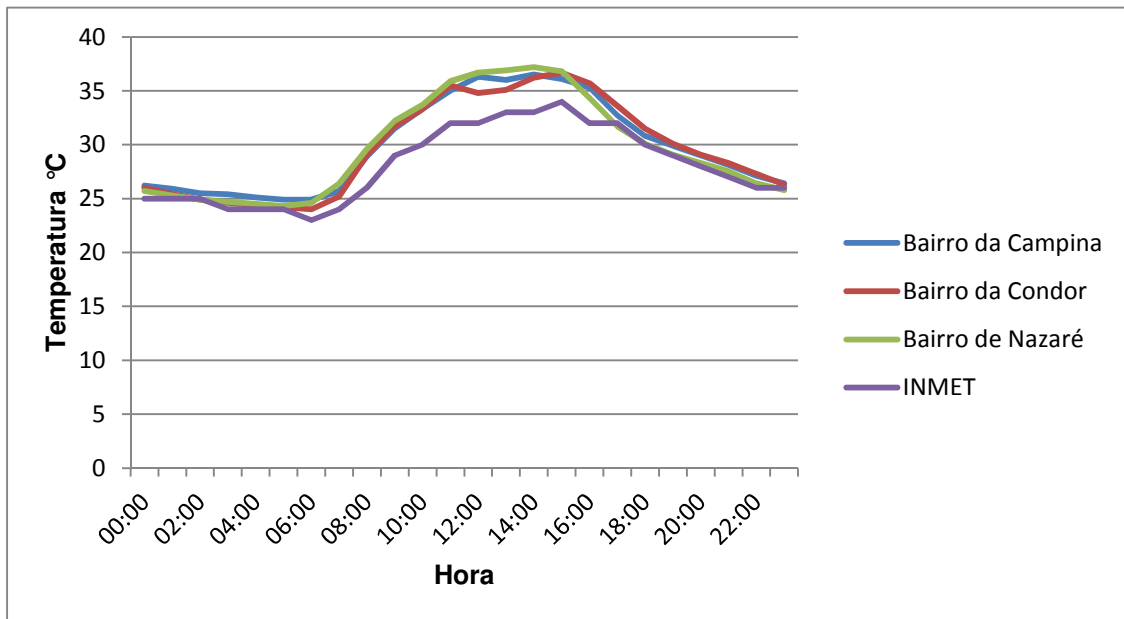
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 33 - Registro da temperatura do dia mais quente no bairro da Condor (27/08/15).



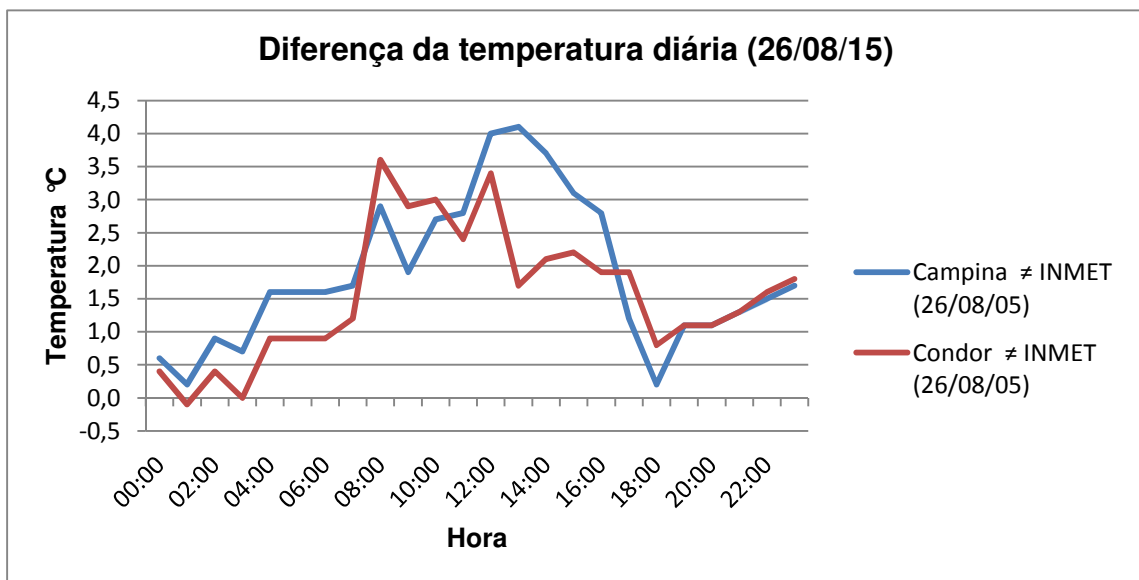
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 34 - Registro da temperatura do dia mais quente no bairro de Nazaré (30/08/15).

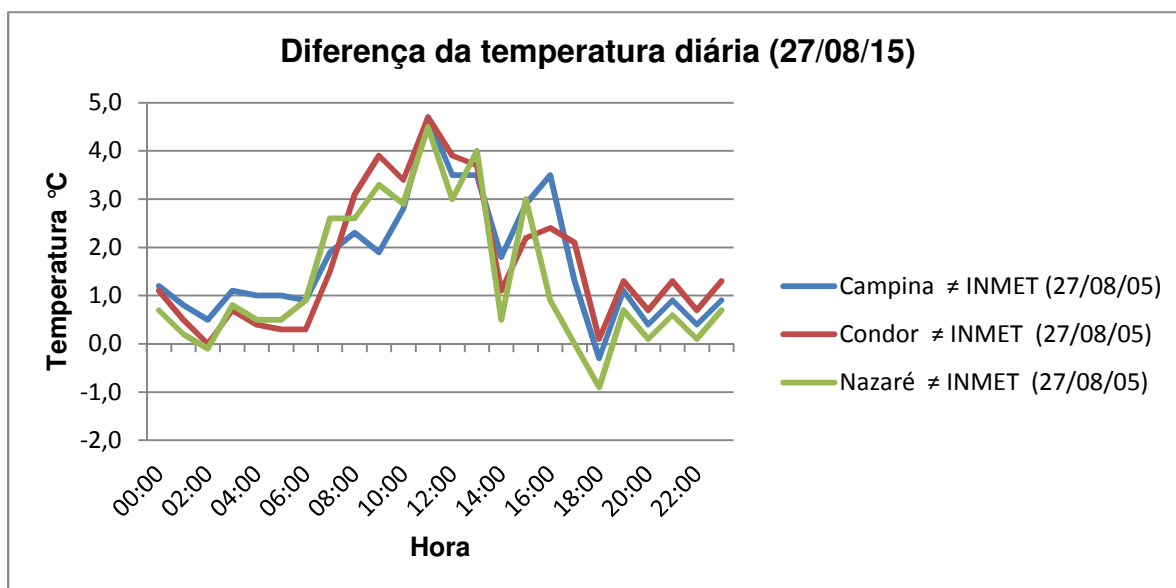


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

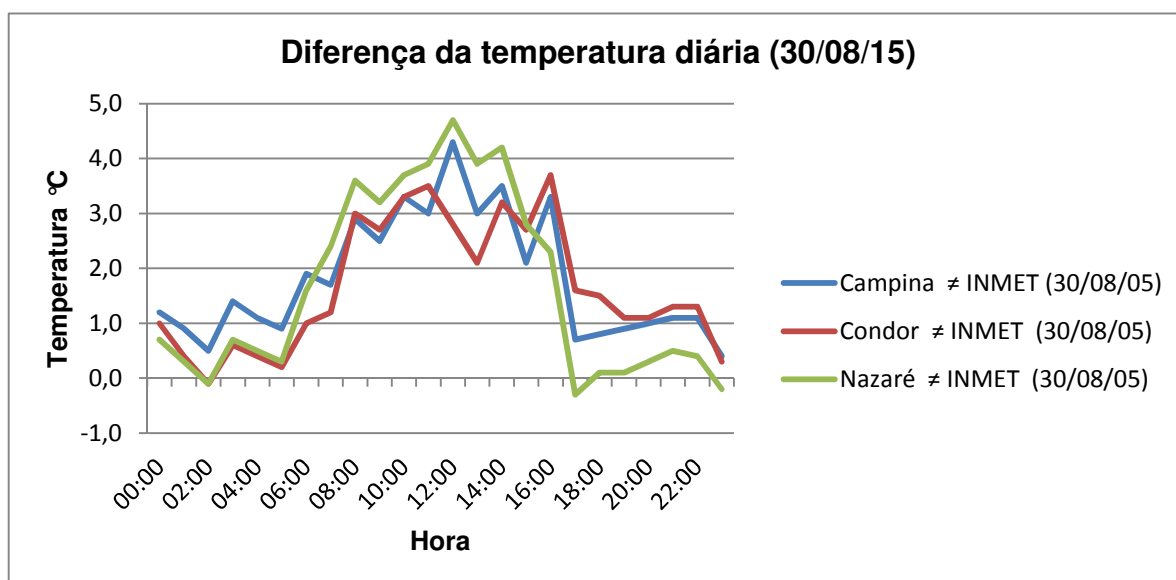
Gráfico 35 - Diferença da temperatura dos dias mais quentes entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET em datas diferentes (26, 27 e 30/08/2015).



Fonte: Produção do próprio autor (2016).



Fonte: Produção do próprio autor (2016)



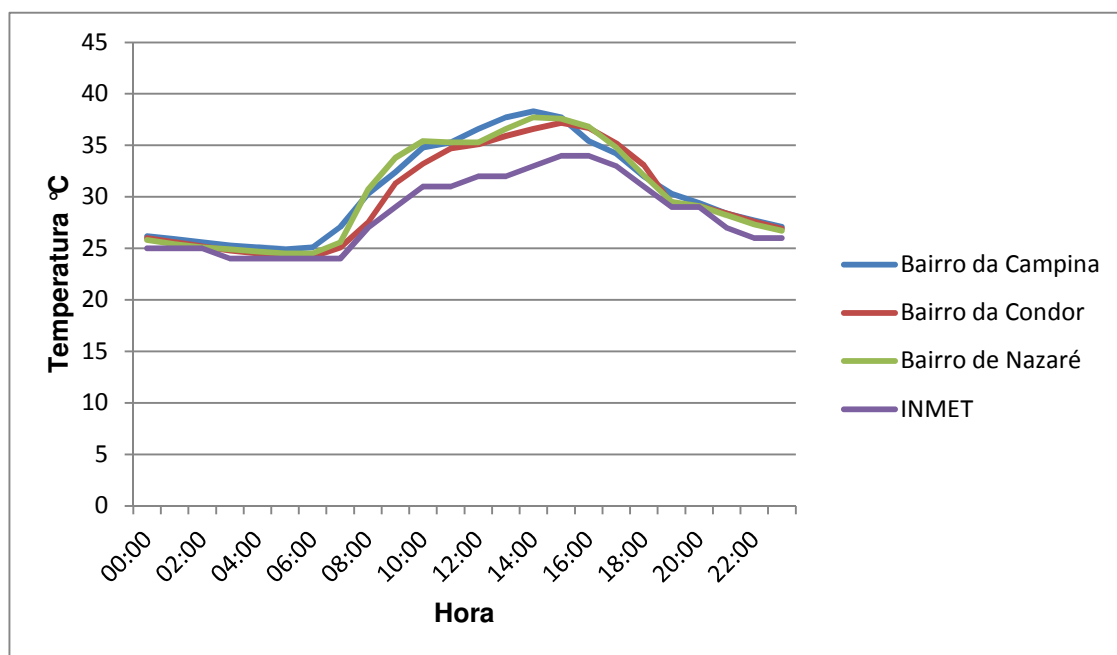
Fonte: Produção do próprio autor (2016)

As maiores temperaturas registradas no mês de setembro foram no dia 24, no bairro da Campina, com mínima de 24,9°C, às 05:00h e máxima de 38,3°C, às 14:00h. No bairro da Condor, foi registrado mínima de 24,2°C, às 06:00h e a máxima de 37,2°C, às 15:00h. No bairro de Nazaré, foi registrada temperatura mínima de 24,5°C, às 06:00h, e a máxima foi de 37,7°C, às 14:00h. O INMET registrou mínima de 24,0°C, às 07:00h, e máxima de 34,0°C, às 16:00h (Gráfico 36).

No horário das 14:00h, o bairro da Campina apresentou 1,7°C de temperatura maior que o bairro da Condor, de 0,6°C; maior, consecutivamente, que o bairro de Nazaré; e também de 5,3°C maior que o INMET. No mesmo horário, o bairro de

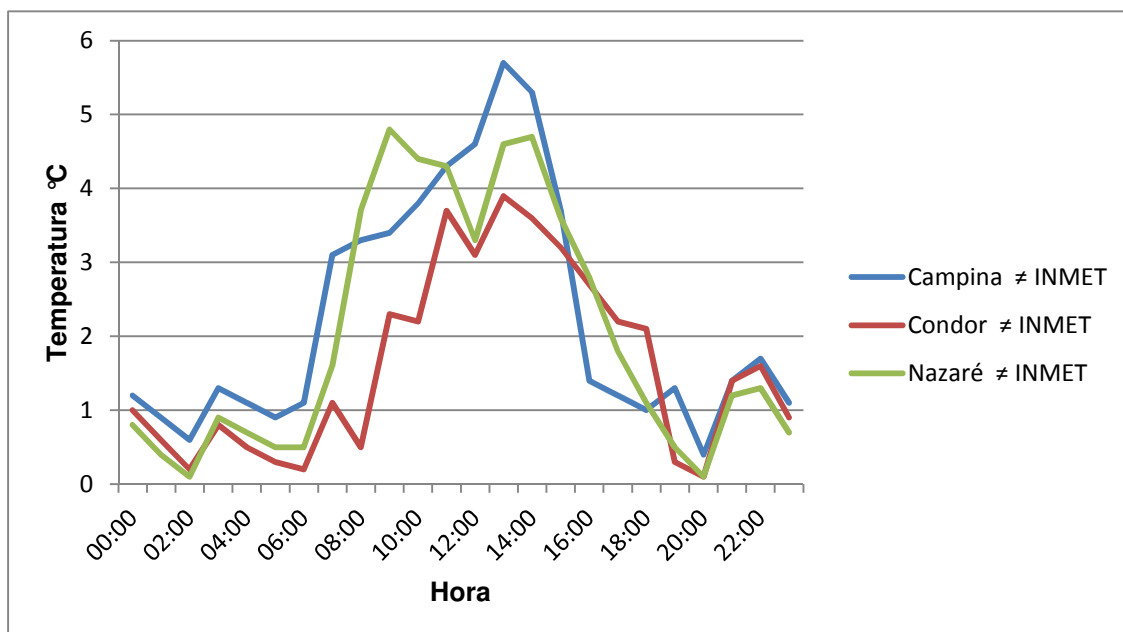
Nazaré registrou 1,1°C de diferença na temperatura em relação ao bairro da Condor e 4,7°C de diferença em relação ao registro do INMET. No horário das 15:00h, o bairro da Condor registrou diferença de temperatura em relação ao bairro da Campina de -0,5°C, e de -0,4°C, em relação ao bairro de Nazaré. Nesse mesmo horário, o bairro da Condor apresentou uma diferença 3,2°C de temperatura maior que o registrado pelo INMET (Gráfico 37).

Gráfico 36 - Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Campina, Condor, Nazaré (24/09/15).



Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 37 - Diferença da temperatura do dia mais quente entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET em 24/09/2015.



Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).

No mês de outubro, os bairros da Condor e Nazaré registraram as temperaturas mais altas no dia 10, enquanto que o bairro da Campina registrou sua maior temperatura no dia 16.

No dia 10, as temperaturas mínimas foram de 24,0°C, na Condor, e 24,2°C, em Nazaré, às 06:00h. A máxima foi de 37,8°C, na Condor, e de 39,3°C, em Nazaré no horário das 14:00h. Nesse dia, o bairro da Campina registrou mínima de 24,8°C, às 05:00h e máxima 40,2°C, às 13:00h; enquanto que o INMET registrou temperatura mínima de 23,0°C, às 06:00h e máxima de 35,0°C, às 14:00h (Gráfico 38).

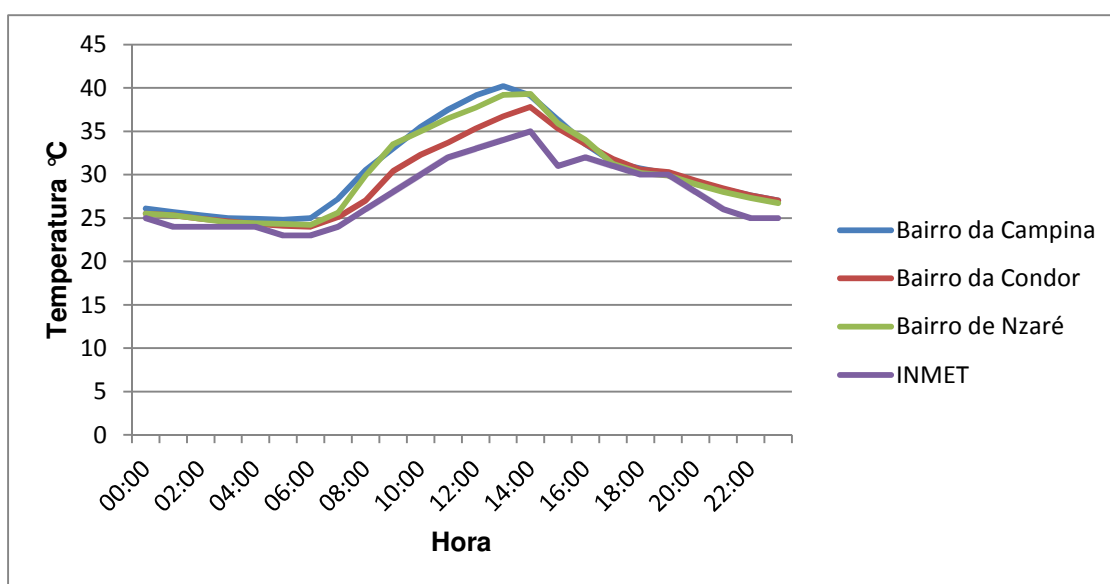
No dia 16, o bairro da Campina registrou temperatura mínima de 25,6°C, às 06:00h e a máxima foi de 41,2°C, às 14:00h. Nesse dia, os bairros da Condor e Nazaré tiveram temperatura mínima de 24,9°C, às 06:00h, e a máxima de 37,3°C; na Condor às 13:00h, e de 39,1°C, em Nazaré, às 14:00h. Também nesse dia o INMET registrou mínima de 24,0°C, às 06:00h e máxima de 35,0°C, às 15:00h (Gráfico 39).

O bairro da Condor, no dia 10, apresentou uma diferença de temperatura de -1,5°C, em relação ao bairro de Nazaré; de -1,3°C, em relação ao bairro da Campina; e 2,8°C maior que a temperatura registra pelo INMET, no mesmo dia e hora. O

bairro de Nazaré apresentou diferença de temperatura na ordem de 0,2°C maior que o bairro da Campina; de 1,5°C maior que o bairro da Condor; e diferença de 4,3°C maior que a temperatura registrada pelo INMET. Por outro lado, no dia 16, o bairro da Campina registrou, na mesma hora (às 14:00h), diferença de 6,2°C em relação às temperaturas da Condor, diferença de 2,1°C maior que a temperatura de Nazaré; e diferença de 6,2°C maior que a temperatura registrada pelo INMET.

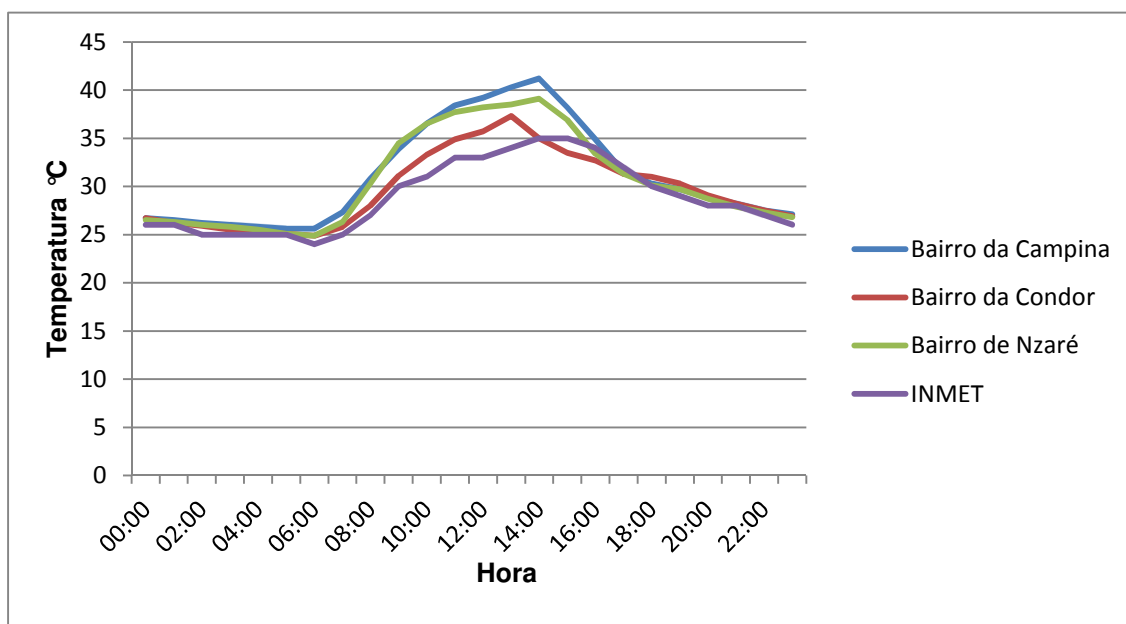
Assim, analisando as diferenças de acordo com os dias de maiores temperaturas, destacou-se que os bairros da Campina e Nazaré foram os que apresentaram as maiores diferenças em relação ao INMET; enquanto que o bairro da Condor apresentou as menores diferenças em relação ao INMET (Gráfico 40).

Gráfico 38 - Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Condor, Nazaré e estação do INMET (10/10/15).



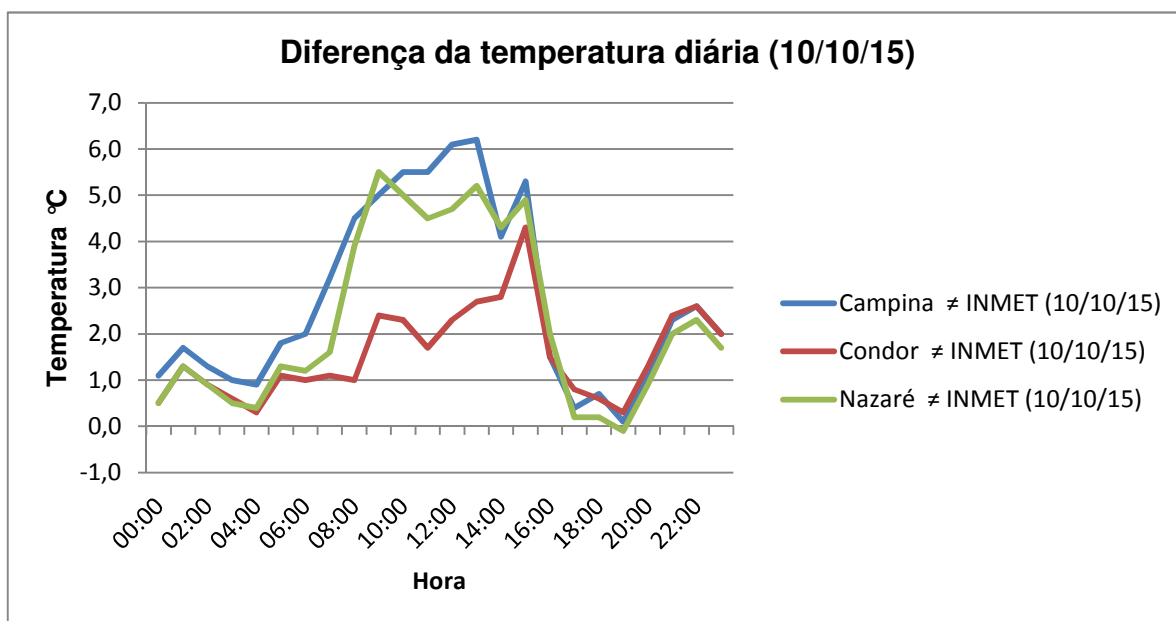
Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 39 - Registro da temperatura do dia mais quente do bairro da Campina (16/10/15).

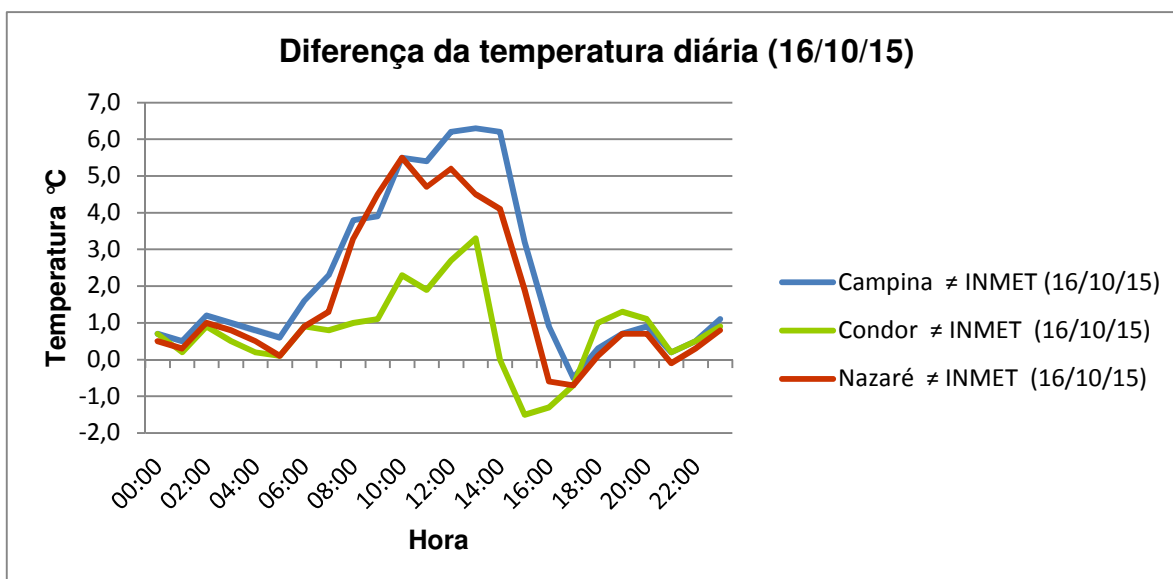


Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 40 - Diferença da temperatura dos dias mais quente entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET entre os dias de 10 e 16/10/2015.



Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).



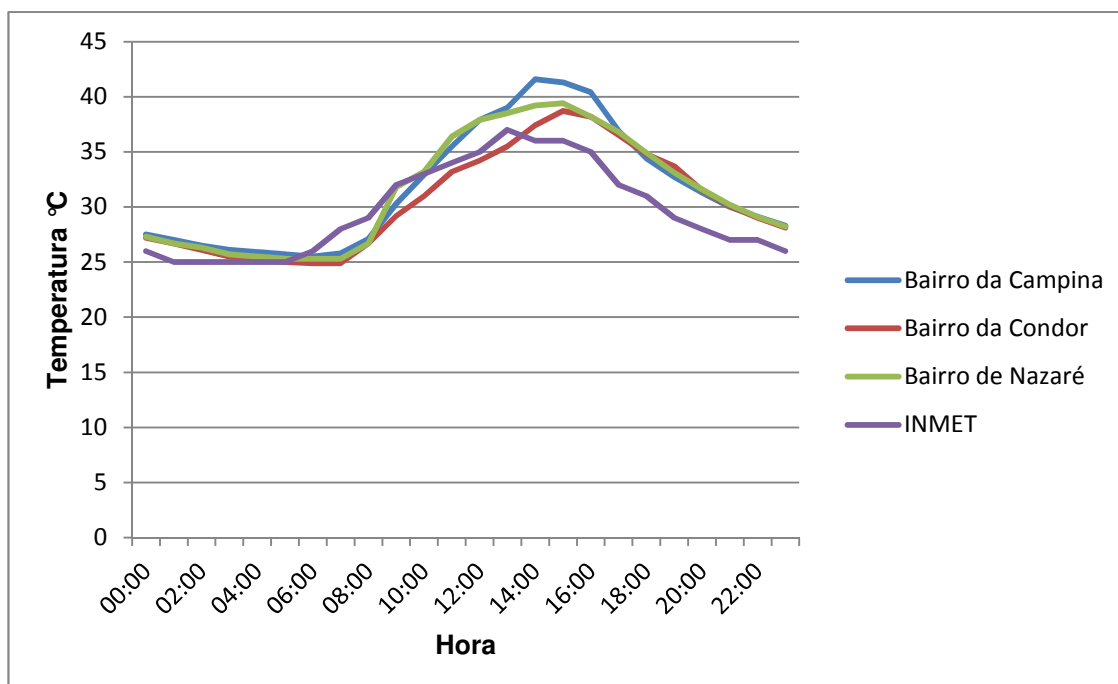
Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).

No mês de novembro, o dia 30 foi o mais quente nos bairros da Campina, Condor e Nazaré. Nesse dia, a temperatura mínima registrada no bairro da Campina foi de 25,5°C, às 06:00h, e máxima de 41,6°C, ocorrida às 14:00h. No bairro da Condor foi registrado mínima de 24,9°C, às 07:00h e a máxima de 38,7°C, às 15:00h. Em Nazaré, foi registrada temperatura mínima de 25,3°C, também às 07:00h, e a máxima foi de 39,4°C, também ocorrida às 15:00hs. O INMET registrou mínima de 25,0°C, às 05:00h, e máxima de 37,0°C, às 13:00h (Gráfico 41).

Às 14:00h, o bairro da Campina apresentou diferença de temperatura de 4,2°C, em relação ao bairro da Condor; diferença de 2,4°C, em relação ao bairro de Nazaré, e diferença de 5,6°C, em relação ao INMET, que registrou às 14:00h, temperatura de 36,0°C.

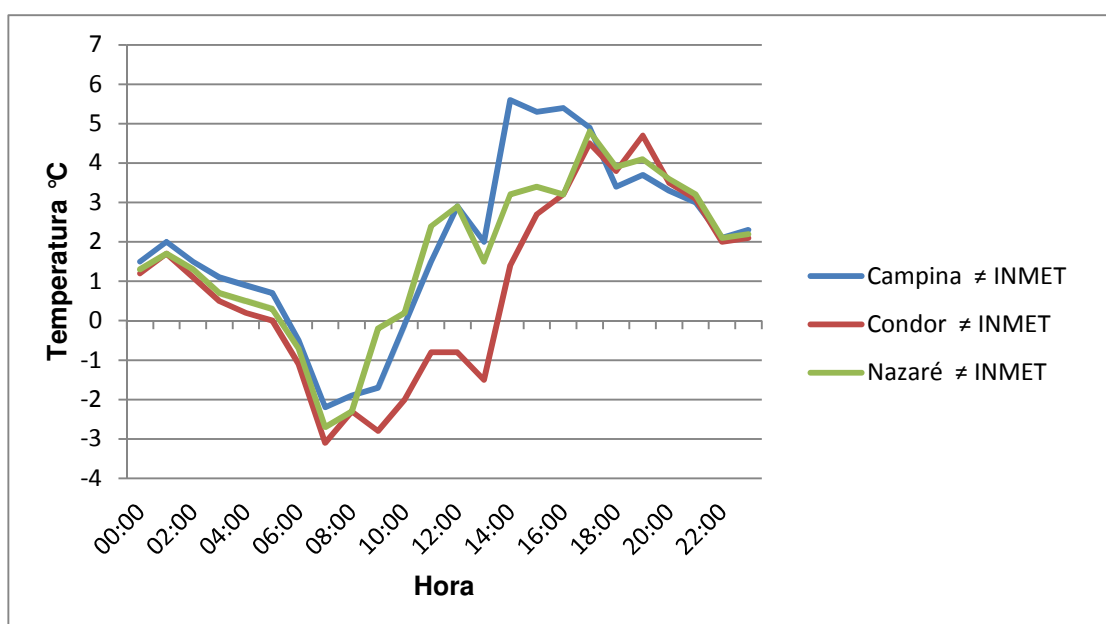
Às 15:00h, o bairro da Condor registrou maior temperatura durante os sete meses de análise, e o bairro de Nazaré registrou diferença de 0,7°C maior que a Condor, nessa mesma hora. Nesse horário, o bairro da Condor apresentou diferença de -2,6°C e o bairro de Nazaré -1,9°C em relação ao bairro da Campina que, nessa hora, registrou 41,3°C. Com relação ao INMET que, às 15:00h, registrou temperatura de 35,0°C, a diferença foi de 2,7°C maior no bairro da Condor e de 3,4°C maior no bairro de Nazaré (Gráfico 42).

Gráfico 41 - Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Campina, Condor, Nazaré e estação do INMET (30/11/2015).



Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 42 - Diferença da temperatura do dia mais quente entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET (30/11/2015).



Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).

As maiores diferenças de temperatura observadas no dia mais quente do mês de novembro, em relação às temperaturas registradas pelo INMET, ocorreram nos

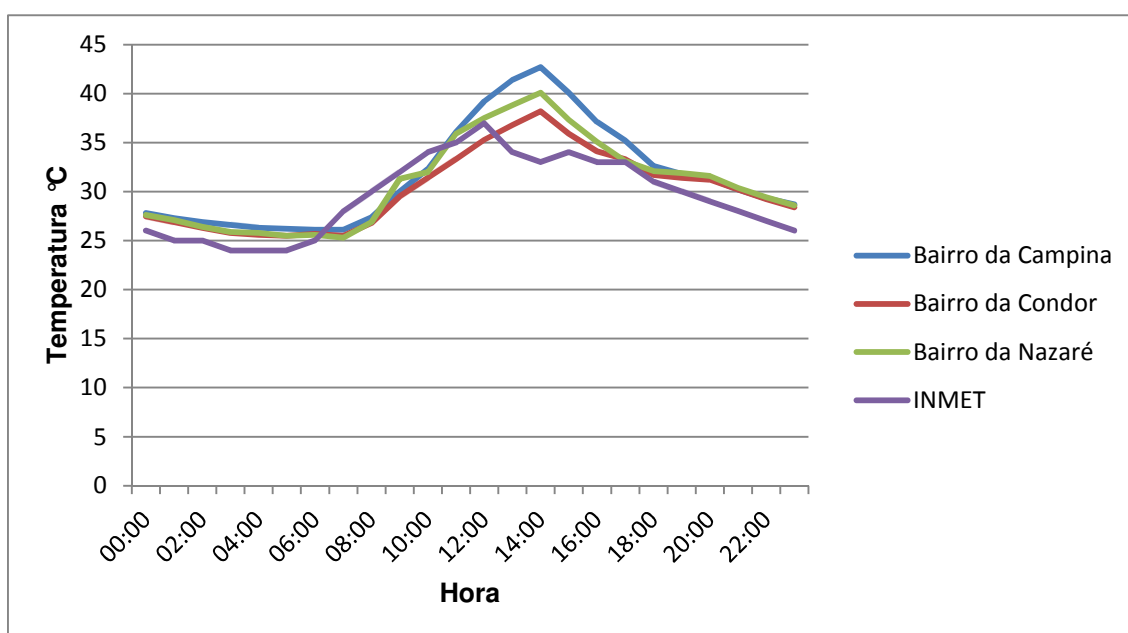
bairros da Campina e Nazaré, a partir das 10:00h; e as menores diferenças foram registradas no bairro da Condor, sendo registradas a partir das 14:00h.

No mês de dezembro, o dia 01 foi o mais quente nos bairros da Campina, Condor e Nazaré; considerado também o dia mais quente, durante os sete meses, para os bairros da Campina e Nazaré.

Nesse dia, a temperatura mínima registrada no bairro da Campina foi de 26,1°C, às 06:00h, e máxima de 42,7°C, ocorrida às 14:00h. No bairro da Condor, foi registrada mínima de 25,5°C, às 06:00h, e a máxima de 38,2°C, às 14:00h. No bairro de Nazaré, temperatura mínima de 25,3°C, também às 06:00h, e a máxima foi de 40,1°C, às 14:00h. O INMET registrou mínima de 24,0°C, às 05:00h e máxima de 37,0°C, às 12:00h (Gráfico 43).

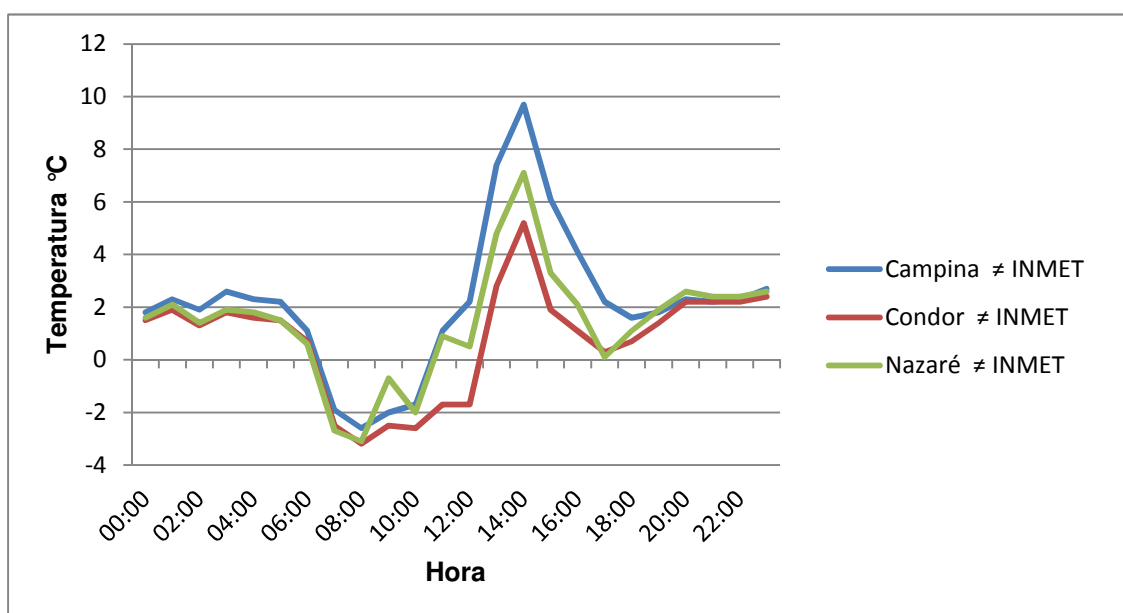
O bairro da Campina apresentou 4,5°C de temperatura maior que o bairro da Condor, de 2,6°C maior que o bairro de Nazaré; 9,7°C maior que a temperatura do INMET, com registro de 33,0°C de temperatura no horário das 14:00h. O bairro de Nazaré apresentou temperatura de 1,9°C maior que o bairro da Condor e de 7,1°C maior que a temperatura registra pelo INMET. Por fim, o bairro da Condor apresentou 5,2°C maior que a do INMET (Gráfico 44).

Gráfico 43 - Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Campina, Condor, Nazaré e estação do INMET (01/12/2015).



Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 44 - Diferença da temperatura do dia mais quente entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET (01/12/2015).



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

No mês de janeiro de 2016, os bairros da Campina e Nazaré registraram as temperaturas mais altas no dia 03, enquanto que o bairro da Condor registrou sua maior temperatura no dia 18.

No dia 03, as temperaturas mínimas foram de 25,4°C, na Campina, e de 24,9°C, em Nazaré, registradas às 07:00h. A máxima foi de 37,4°C, em Nazaré, no horário das 13:00h, e de 37,8°C, na Campina, às 14:00h. Nesse dia, o bairro da Condor registrou mínima de 25,5°C, às 07:00h da manhã, e máxima de 31,7°C, às 15:00h enquanto que no mesmo dia o INMET registrou temperatura mínima de 24,0°C, às 05:00h e máxima de 32,0°C, às 12:00h (Gráfico 45).

No dia 18, o bairro da Condor registrou temperatura mínima de 25,0°C, as 07:00h, e a máxima de 34,9°C, às 13:00h. Nesse dia, os bairros da Campina e Nazaré tiveram temperaturas mínimas de 25,7°C e 25,6°C, às 07:00h, e as máximas de 36,8°C e de 36,6°C, respectivamente, ambas registradas às 13:00h. Também, nesse mesmo dia, o INMET registrou mínima de 25,0°C, às 05:00h, e máxima de 34,0°C, às 11:00h (Gráfico 46).

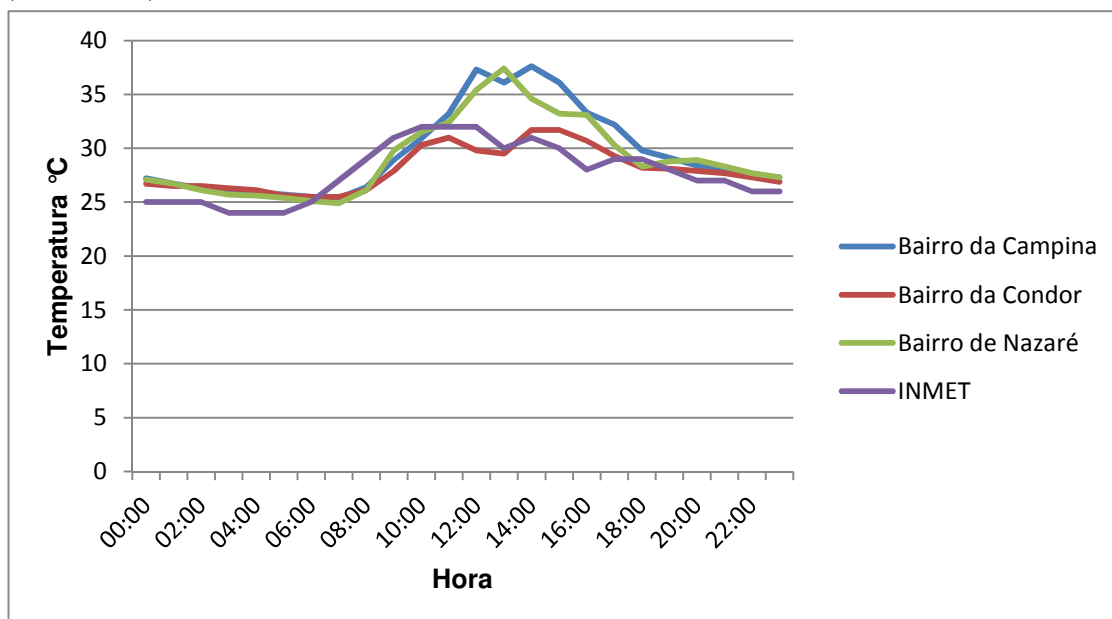
No dia 03/01/16, às 13:00h, o bairro de Nazaré apresentou 1,3°C; de temperatura maior que o bairro da Campina, que registrou, nessa hora, temperatura de 36,1°C; diferença de 7,9°C de temperatura maior que em relação ao bairro da

Condor, o qual registrou 29,5°C, e diferença de 7,4°C maior que a temperatura do INMET, de 30°C.

No mesmo dia, as 14:00h, o bairro da Campina registrou temperatura de 37,6°C, com diferença de 5,9°C maior que o bairro da Condor, que registrou, nessa hora, 31,7°C; diferença de 3,0°C maior que a temperatura registrada pelo bairro de Nazaré, com 34,6°C e diferença de 6,6°C maior que a temperatura registrada pelo INMET, que nessa mesma hora foi de 31,0°C.

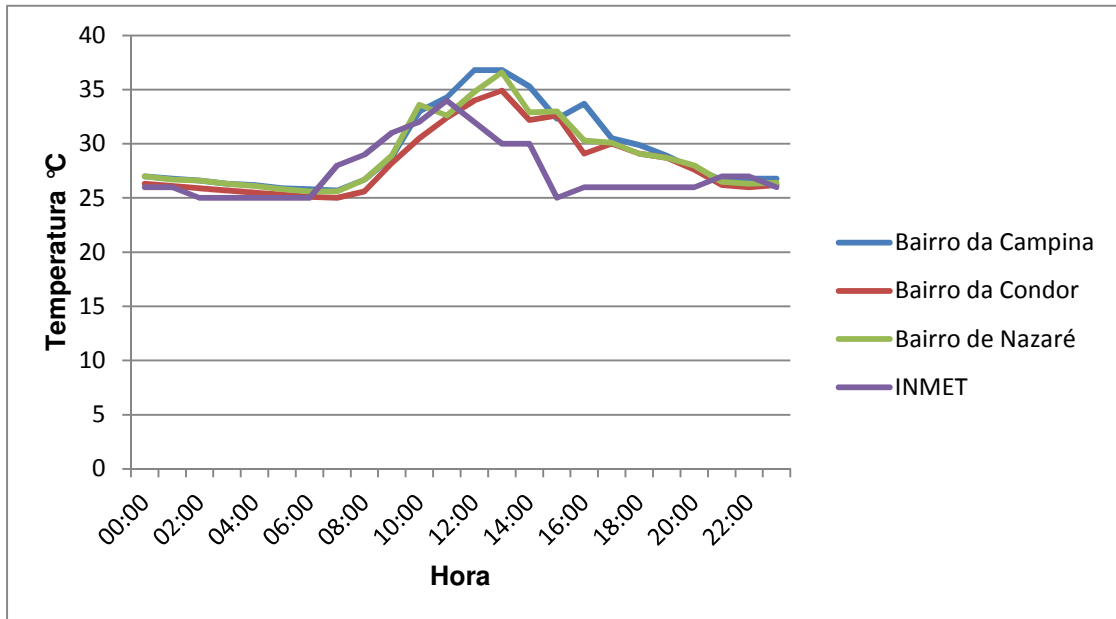
No dia 18/01/16, às 13:00h, o bairro da Condor registrou maior temperatura, 34,9°C, porém -1,9°C de temperatura menor que o bairro da Campina, o qual registrou, nesse horário, temperatura de 36,8°C; também houve diferença de -1,7°C menor que o bairro de Nazaré, com registro de 36,6°C. Com relação ao INMET, o bairro da Condor apresentou diferença da temperatura de 4,9°C, maior que a registrada pelo INMET, que, por sua vez, registrou 30,0°C (Gráfico 47).

Gráfico 45 - Registro da temperatura do dia mais quente nos bairros da Campina e Nazaré (03/01/2016).



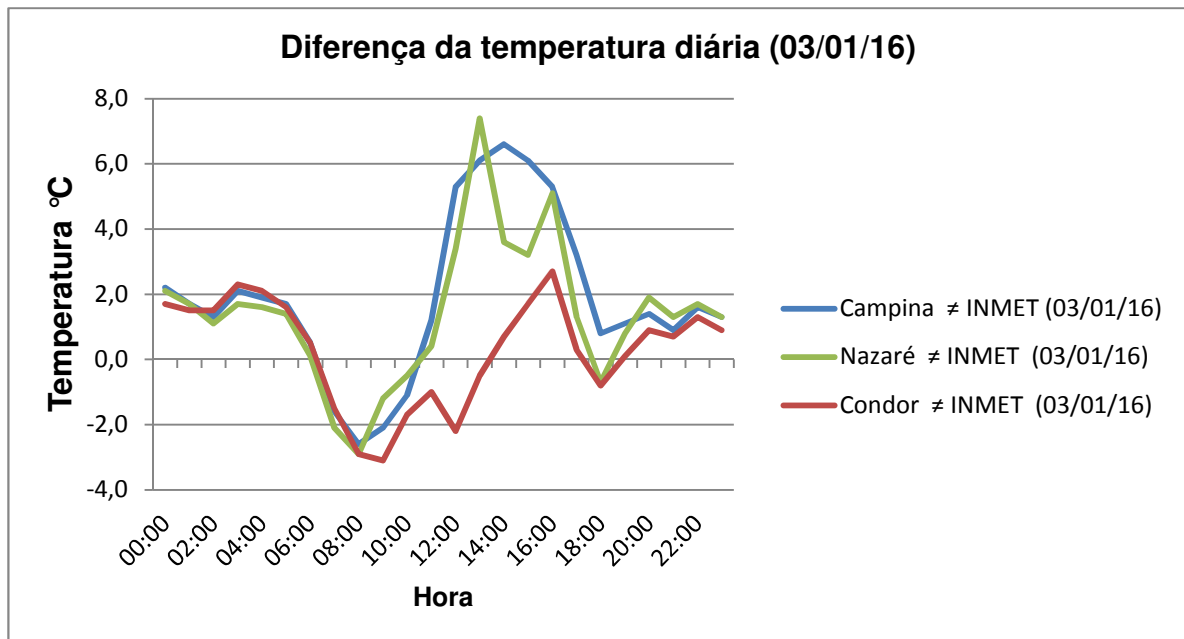
Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 46 - Registro da temperatura do dia mais quente no bairro da Condor (18/01/2016).

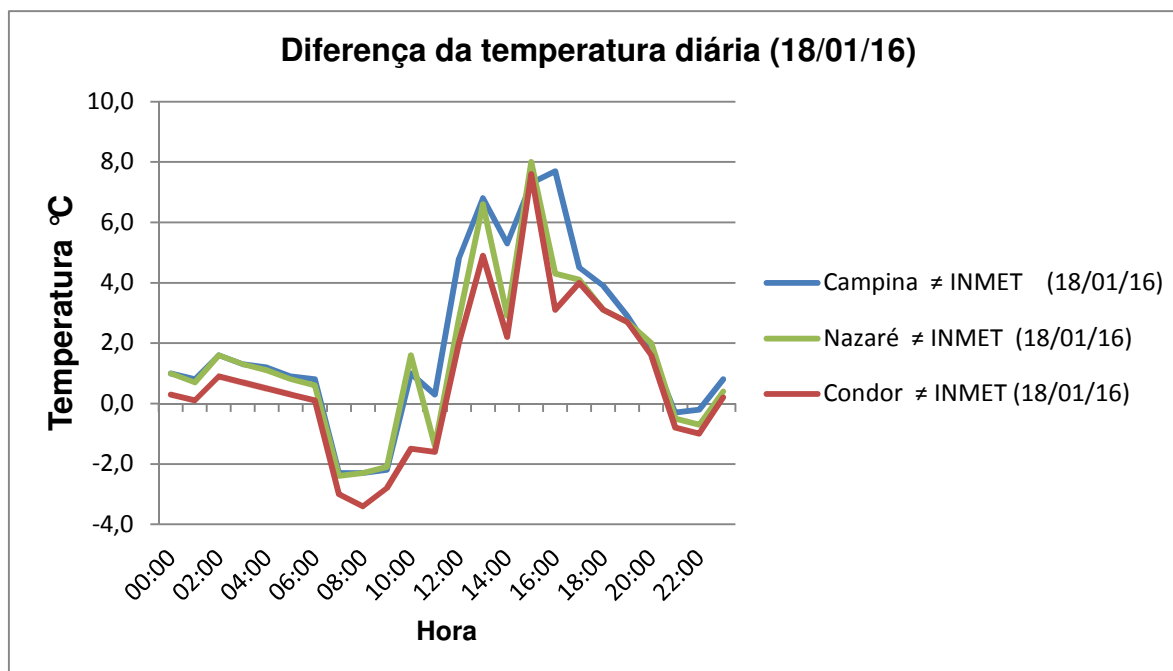


Fonte: INMET (2016), Produção do próprio autor (2016).

Gráfico 47 - Diferença da temperatura do dia mais quente entre os bairros da Campina, Condor e Nazaré em relação à estação do INMET (03 e 18 /01/2016).



Fonte: Produção do próprio autor (2016).



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Considerando os sete meses de registros, observou-se que as temperaturas mínimas diárias ocorreram entre 05:00 e 07:00 horas. A partir desse horário, as temperaturas passavam a subir gradativamente, atingindo as máximas entre as 13:00h e 14:00h, nos pontos fixos; após esses horários, a temperatura passava diminuir gradativamente. Por outro lado, o INMET registrou mínimas entre 05:00 e 06:00 horas da manhã. Depois, a temperatura passa a subir, atingindo máxima entre as 12:00 e 14:00 horas, quando, novamente, a temperatura caía gradativamente.

A temperatura do ar, no decorrer dos sete meses, foi praticamente igual nos horários de ocorrência das mínimas e máximas, nos bairros da Campina, Condor, Nazaré e estação do INMET. No caso do Bairro da Campina, no mês de setembro, a temperatura mínima ocorreu com maior predominância às 05:00h e máxima com predominância às 13:00hs. No mês de janeiro, a temperatura mínima ocorreu com maior frequência às 07:00h e a máxima, às 13:00h, os demais meses (julho, agosto, outubro, novembro e dezembro), a temperatura mínima ocorreu com mais frequência às 06:00h e a máxima, às 14:00h.

No bairro da Condor, a temperatura mínima ocorreu com mais frequência as 06:00h, nos meses de julho, agosto, setembro e outubro; e as 07:00h nos meses novembro, dezembro e janeiro. Por outro lado, as temperaturas máximas ocorreram

com maior predominância às 13:00h (julho, outubro e janeiro); às 14:00h (setembro, novembro e dezembro); e às 15:00h (agosto).

No bairro de Nazaré, as temperaturas mínimas ocorreram com mais frequência às 05:00h em agosto; às 06:00h em setembro e outubro, e às 07:00h, em novembro, dezembro e janeiro. Enquanto que a máxima ocorreu, com maior predominância, em agosto, às 12:00h e às 13:00h, de setembro até janeiro. O INMET apresentou predominância da temperatura mínima às 05:00h (novembro, dezembro e janeiro), às 06:00h (julho, agosto) e às 07:00hs (setembro). Quanto às temperaturas máximas, houve a predominância as 15:00h, em julho; as 14:00h, em agosto setembro e outubro; às 13:00h, em novembro; às 12:00h, em dezembro e em janeiro as maiores ocorrências foram às 11:00h da manhã.

Por isso as características das linhas de temperatura seguiram o mesmo padrão, apresentando temperatura mais elevada no bairro da Campina, com média máxima de 38,7°C, seguida pela segunda maior temperatura, a do bairro de Nazaré, com média máxima de 38,0°C; pela terceira maior da Condor, com média máxima de 36,5°C; e as menores temperaturas do ar registradas pelo INMET, com média máxima de 34,2°C.

5.3.4 Caracterização da temperatura do ar da área central a partir dos transectos móveis.

A análise da temperatura do ar da Primeira Léguas Patrimonial ocorreu também pelo uso do método de transectos, a fim de observamos as principais variações da temperatura em diversos pontos da cidade principalmente em áreas que apresentavam densidades de cobertura vegetal arbórea diferente.

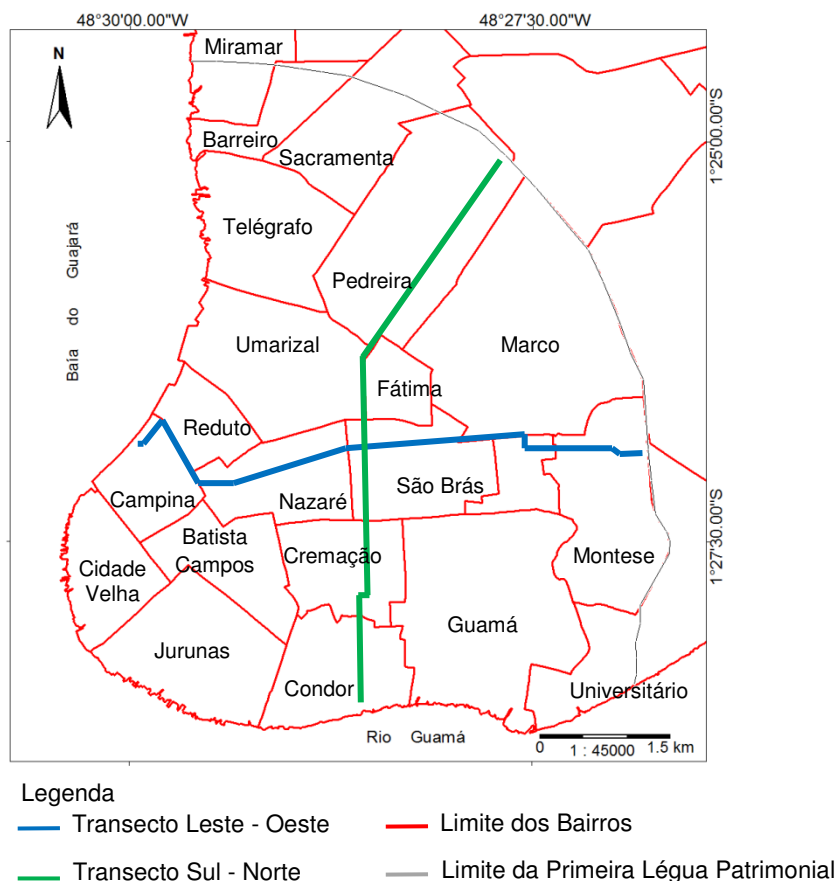
A coleta de temperatura do ar na área da Primeira Léguas foi realizada por meio de duas campanhas de campo, uma realizada em 20 de agosto de 2015, que consistiu na realização de dois transectos, um no sentido Leste-Oeste, e outro no sentido Sul-Norte. As medições foram efetuadas no período noturno, entre as 20:00h e 21:00h, horário que as temperaturas não experimentam mudanças rápidas, justamente pela diferença de tempo entre a primeira e a última medida (Amorim 2005). No transecto 1 (Leste-Oeste), realizou-se 26 registros de temperatura, e no

transecto 2 (Sul-Norte), foram 34 registros de temperatura. Esta diferença ocorreu justamente porque a cidade apresenta maior extensão no sentido norte-sul.

O outro transecto foi realizado no dia 02 de setembro de 2016, e consistiu também de trajeto realizado no sentido Leste-Oeste e Sul-Norte. As medições foram efetuadas no período diurno, das 15:00h até às 16:00h, horário no qual as temperaturas apresentam seu pico máximo e começam a cair gradativamente. No transecto 1 (Leste-Oeste), foram realizados 36 registros de temperatura e, no transecto 2 (Sul-Norte), 39 registros de temperatura.

Nas duas datas foram adotados os mesmos percursos, utilizando-se de GPS e termômetro digital preso em haste de madeira com 1,5m de comprimento, acoplados na lateral de um veículo que percorreu, no sentido Leste-Oeste, com velocidade média entre 30 e 40km/h, os bairros do Montese, Canudos, São Brás, Nazaré e Campina. E no sentido Sul-Norte passou pelos bairros da Condor, Cremação, São Brás, Fátima e Pedreira. Os dois percursos foram realizados em episódios de estiagem, considerada o período mais quente e seco do ano, com poucas chuvas (Figura 54).

Figura 54 - Mapa da trajetória dos transectos realizados na Primeira Léguas Patrimonial.

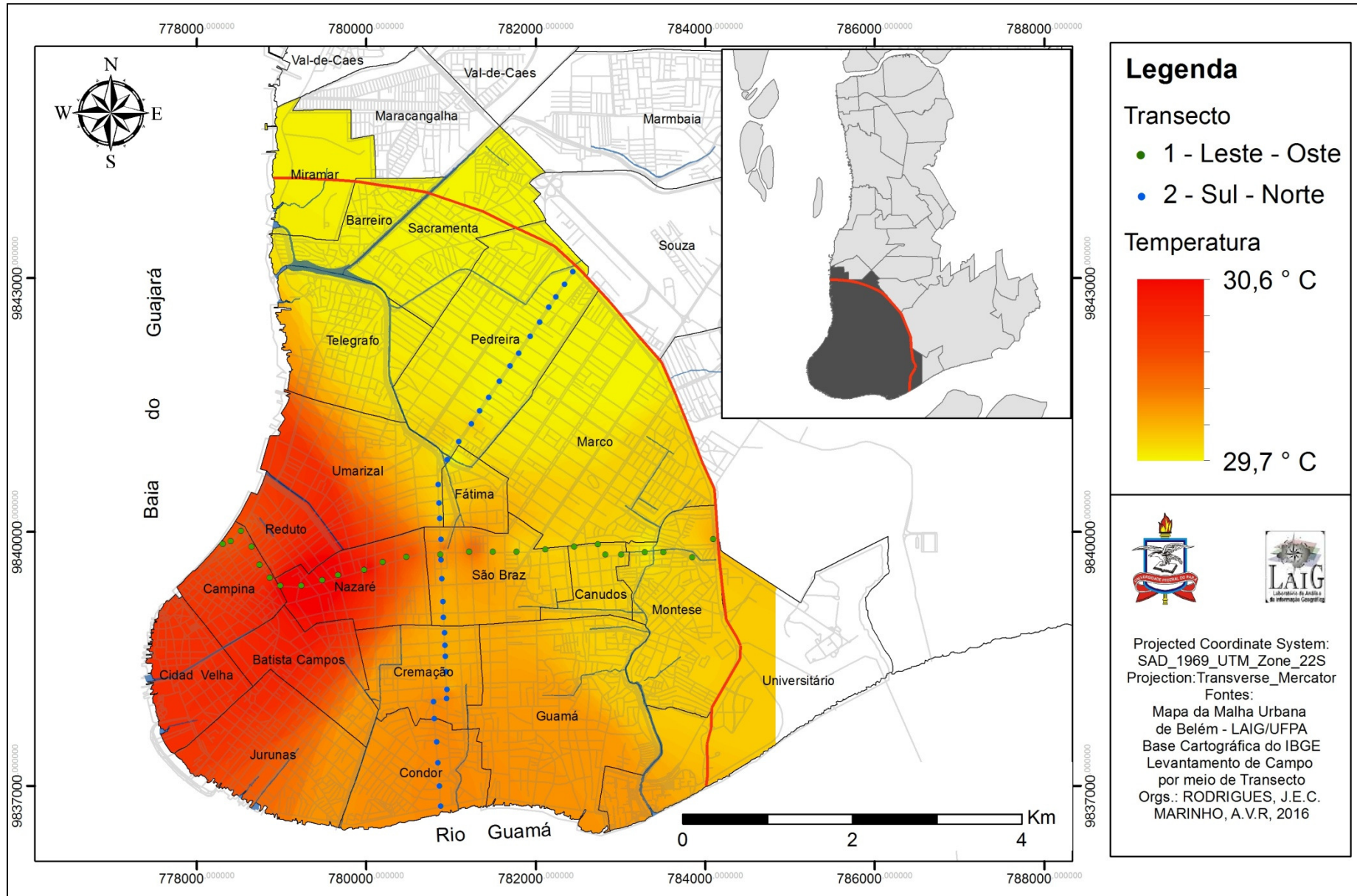


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

5.3.4.1 Perfil térmico dos transectos Noturno (20/08/2015).

Analisando o perfil térmico dos transectos Leste-Oeste e Sul-Norte, realizado às 20 horas no dia 20 de agosto de 2015, notou-se que a parte Centro-Oeste da Primeira Légua, que vai do bairro de Nazaré até o bairro da Campina, apresentou maiores temperaturas do que a parte Norte, Sul e Leste da Légua (Figura 55).

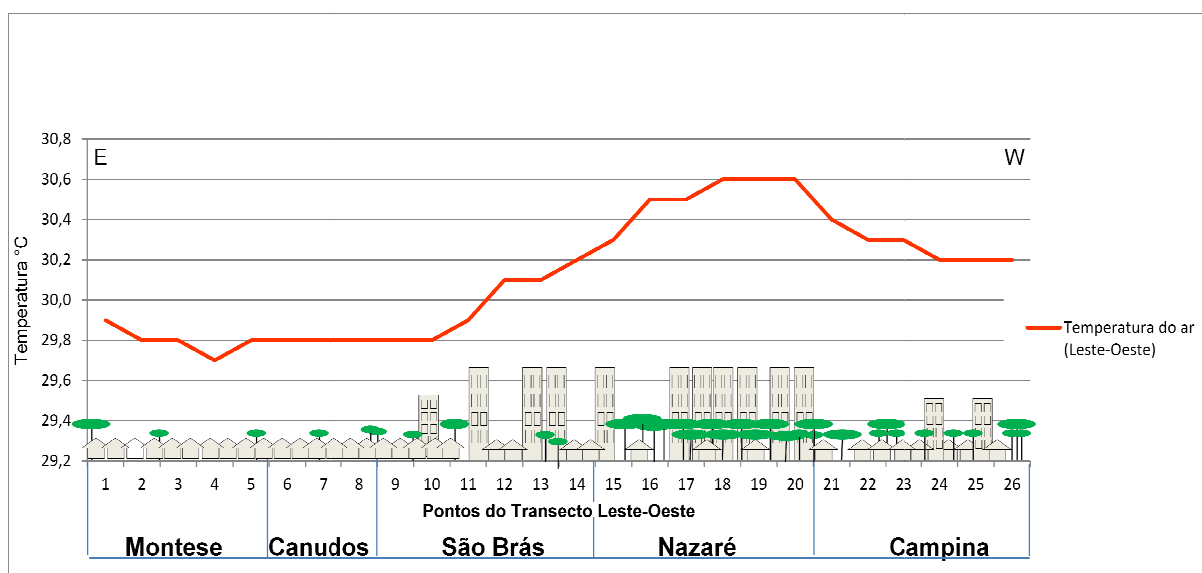
Figura 55 – Mapa de temperatura da Primeira Légua Patrimonial para o dia 20 de agosto às 20:00hs de 2015 (noturno), utilizando o método de transecto.



A maior temperatura registrada na área central, ao longo do percurso Leste-Oeste do transecto, ocorreu no bairro de Nazaré (30,6°C), com grande concentração de verticalização, arborização e circulação de veículos. E a menor temperatura (29,7°C) foi registrada no bairro do Montese (Terra Firme), situado no extremo leste da cidade, numa área aberta de padrão de ocupação totalmente horizontal, com pouca cobertura vegetal e baixa circulação de veículos.

No perfil térmico do transecto Leste-Oeste, observou-se que as temperaturas foram aumentando de Leste para Oeste, configurando entre os bairros de Nazaré e Campina, uma ilha de calor noturna (Figura 56).

Figura 56 - Perfil da temperatura do ar noturno ao longo do transecto Leste-Oeste às 20:00hs do dia 20/08/2015.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Para Barros e Lombardo (2012), a Ilha de calor é o melhor exemplo documentado de uma modificação climática induzida pelo modo de vida moderno. As principais causas são a geometria urbana, poluição do ar, emissão de calor a partir dos edifícios, tráfego e metabolismo dos organismos vivos, cobertura do solo e materiais de construção.

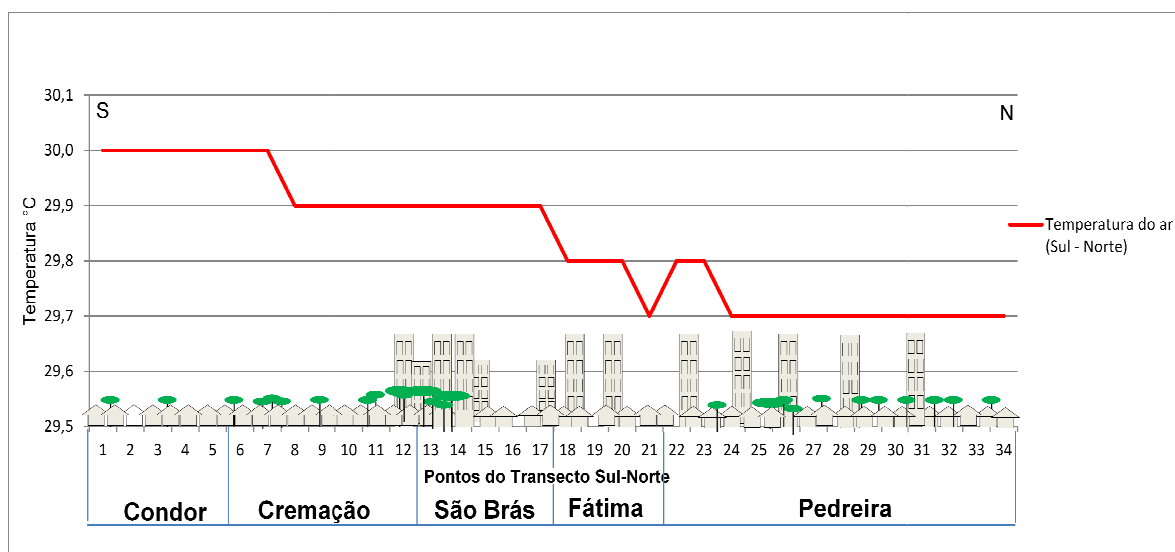
Assim, analisando o perfil Leste-Oeste, a partir do bairro de São Brás até Campina, a cidade apresenta grande concentração de verticalização, poluição do ar em virtude da grande circulação de veículos. Às 20h, as pessoas estão saindo do

trabalho, indo para escolas e faculdade, o que exige uma maior circulação de ônibus e carros particulares.

No lado oposto, os bairros do Montese e Canudos apresentaram temperatura mais baixa, pois a superfície perde calor mais rapidamente, pelo fato de esses bairros não apresentam os mesmos condicionantes de armazenamento como verticalização, concentração de poluentes.

Em relação ao trecho do perfil térmico do transecto Sul-Norte, a maior temperatura (30,0°C) foi registrada no bairro da Condor, que tem características semelhantes ao bairro do Montese, padrão de ocupação, também totalmente horizontal, com baixa arborização e circulação de veículos. A menor temperatura foi registrada no bairro da Pedreira (29,7°C), um bairro horizontal com crescente verticalização, cobertura vegetal baixa, concentrada em algumas áreas, e moderada circulação de veículos (Figura 57).

Figura 57 - Perfil da temperatura do ar noturno ao longo do transecto Sul-Norte às 20:00hs do dia 20/08/2015.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

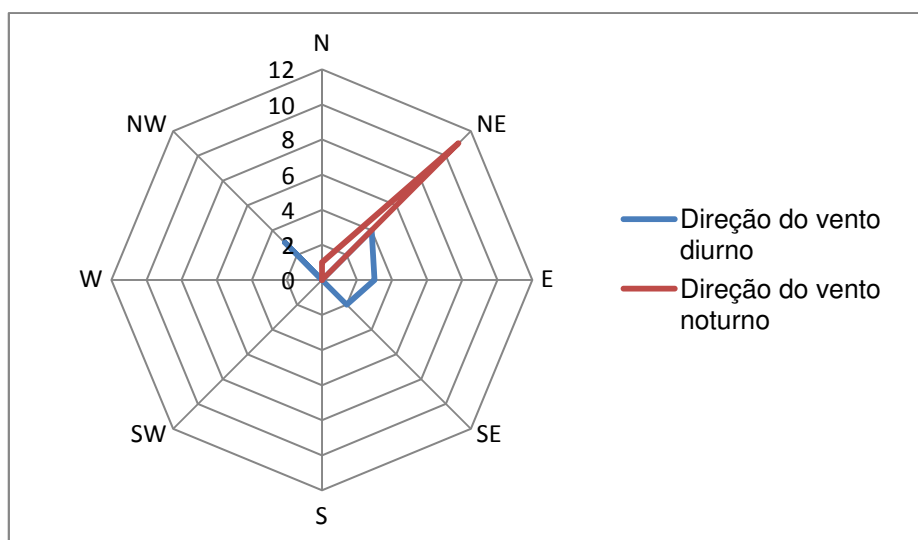
Em relação ao perfil térmico do transecto Sul-Norte, temos um comportamento diferente do observado no transecto Leste-Oeste, ou seja, os pontos mais ao sul, situados ao longo dos bairros da Condor e Cremação, classificados como bairros horizontais e com pouca arborização, apresentaram-se mais aquecidos do que os bairros de Fátima e Pedreira, situados mais ao Norte. Esses bairros

apresentam maior verticalização, circulação de veículos e arborização, porém as temperaturas noturnas foram mais amenas.

Apesar de terem quase que a mesma morfologia urbana, os bairros da Condor e Cremação apresentaram temperatura noturna mais elevada que os bairros do Montese e Canudos. O bairro da Pedreira, mais verticalizado e com maior arborização, apresentou temperaturas mais amenas em relação aos demais bairros por onde passou o transecto.

Uma das explicações para essa diferença de temperatura está relacionada, primeiramente, à circulação de vento, pois ele circula, predominantemente, de nordeste-sudeste, principalmente no período noturno (Gráfico 48); e os bairros que se encontram mais a norte e leste são beneficiados com essa circulação durante a noite. Outro fator é que à leste também se encontra a maior área florestada da cidade, o Parque Estadual do Utinga – PEUt, com 1.353 ha, o qual, tanto de dia quanto a noite libera grande quantidade de ar úmido. A presença de vegetação no entorno desses bairros contribui para a geração de condições microclimáticas mais úmidas e mais frescas, durante a noite, a Leste-Norte dos transectos.

Gráfico 48 - Direção do vento na cidade de Belém do Pará no dia 20/08/2015.



Fonte: INMET, 2016

Já os bairros que se localizam na parte sul e oeste da Léguas, ficam comprometidos com a circulação de vento, pois, a verticalização apresenta-se como uma grande barreira artificial, desviando a ventilação, diminuindo sua circulação na

porção oeste da cidade, fazendo com que bairros como Campina, Cidade Velha estejam a sotavento da verticalização (Figura 58).

Figura 58 - Perfil Leste-Oeste da cidade de Belém com destaque a leste o uso horizontal e a oeste o uso vertical que se coloca como uma barreira artificial para a circulação do vento. Na área oeste, destacando a localização dos bairros da Condor, Nazaré e Campina a sotavento da verticalização.

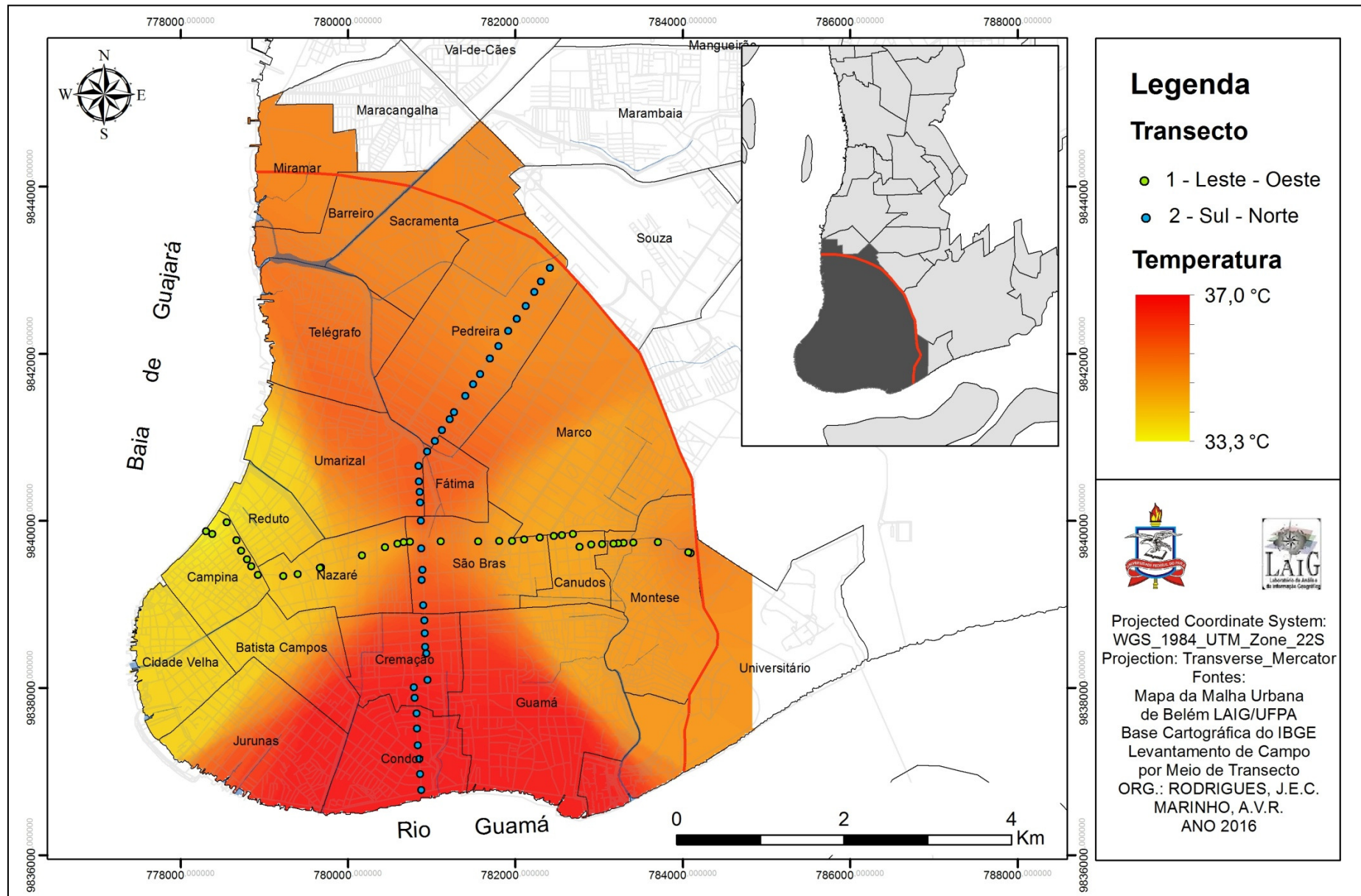


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

5.3.4.2. Perfil térmico dos transectos diurno (02/09/2016).

Analisando o perfil térmico dos transectos Leste-Oeste e Sul-Norte, realizado às 15 horas, no dia 02 de setembro de 2016, notou-se que a parte sul da Légua, que vai do bairro da Condor e Cremação, apresentou os maiores valores de temperatura do que a parte Oeste da Légua, porém a parte norte e leste apresentam o segundo e o terceiro maior índice de temperatura, respectivamente (Figura 59).

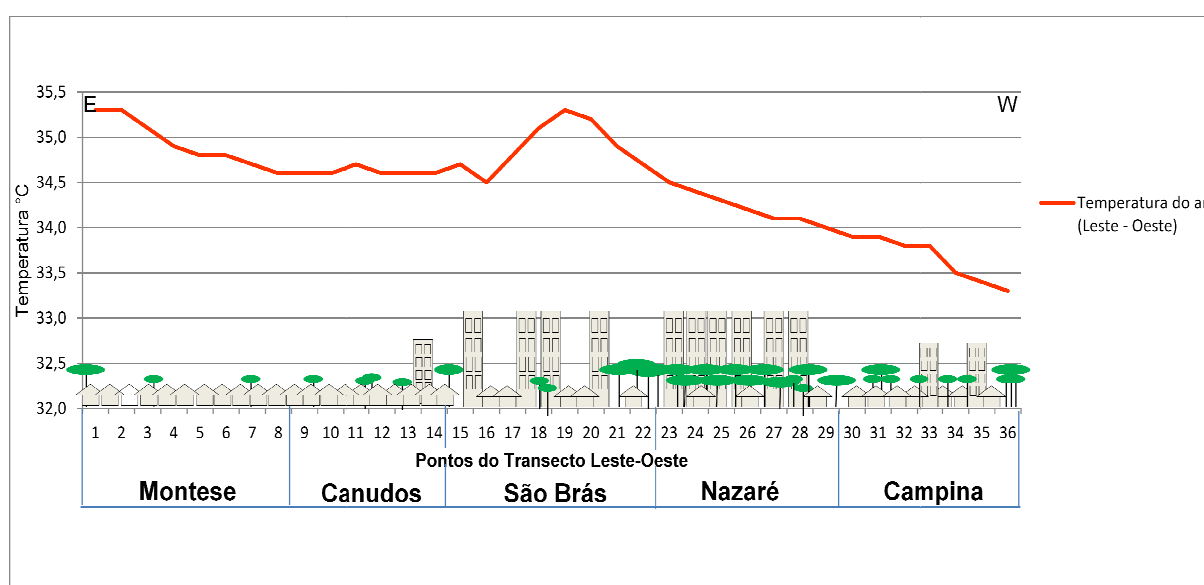
Figura 59 – Mapa de temperatura da Primeira Légua Patrimonial para o dia 02 de setembro às 15:00hs de 2016 (diurno), utilizando o método de transecto.



As maiores temperaturas registradas na área central, ao longo do percurso Leste-Oeste do transecto, ocorreram no bairro do Montese e no bairro de São Brás (35,3°C); e a menor temperatura (33,3°C) foi registrada no bairro da Campina.

No perfil térmico do transecto Leste-Oeste, observamos que as temperaturas se apresentavam elevada no bairro do Montese e, gradativamente, em direção a Oeste, foi baixando. No bairro de São Brás, a temperatura sofreu uma elevação e, novamente, gradativamente, foi baixando em direção aos bairros de Nazaré e Campina (Figura 60).

Figura 60 - Perfil da temperatura do ar diurno ao longo do transecto Leste-Oeste às 15:00hs do dia 02/09/2016.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao contrário da temperatura noturna, as maiores temperaturas diurnas são registradas nos bairros com características mais horizontais e com pouca arborização, como é o caso do Montese e Canudos. Há registro de uma ilha de calor no centro do bairro de São Brás, por ser um entroncamento de confluências de diversos elementos, como a presença da verticalização, baixa cobertura vegetal, alta concentração de pessoas e veículos, favorecendo um grande fluxo de calor antropogênico para a atmosfera, fazendo intensificar a ilha de calor urbana no bairro.

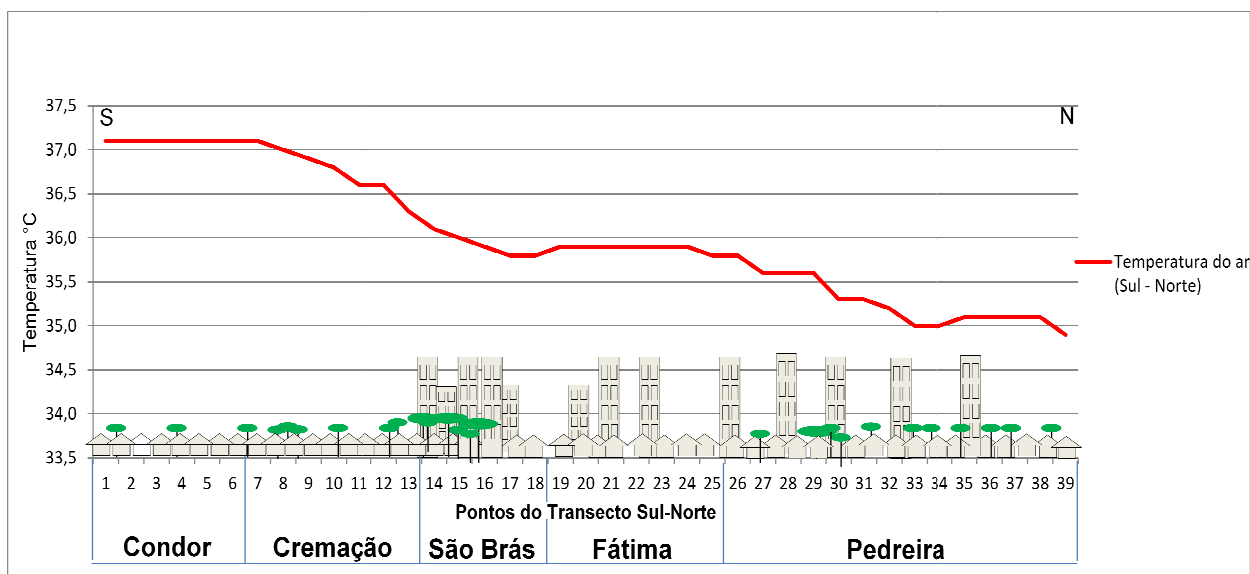
Na fronteira do bairro de São Brás com o bairro de Nazaré, a arborização passa a ser predominante nas vias do bairro de Nazaré e que se estende até o bairro da Campina, proporcionando, assim, a redução da temperatura.

A influência da vegetação na redução da temperatura já vem sendo apontada como um elemento importante na geração de um microclima mais úmido e fresco. Lombardo (1985), já considerava que “nas regiões com maior concentração de espaços livres, com vegetação as temperaturas sofrem declínios acentuados”. Neves (2011 citado por Costa 2015) afirma que a vegetação minimiza os efeitos das ilhas de calor, sob diversos aspectos: absorção de parte da radiação solar, colaborando para diminuição da temperatura e da umidade relativa do ar, e possibilitando a redução da poluição atmosférica.

Em relação ao trecho do perfil térmico do transecto Sul-Norte, a maior temperatura (37,1°C) foi registrada no bairro da Condor, enquanto que a menor temperatura no bairro da Pedreira (34,9,°C).

No perfil térmico do transecto Sul-Norte, observou-se que a temperatura apresentou a mesma característica do transecto Leste-Oeste, porém com registros de temperatura mais elevadas. Os bairros da Condor e Cremação foram os que apresentaram as temperaturas mais elevadas; somente a partir do bairro de São Brás, nas proximidades do Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG), área com grande concentração de vegetação, a temperatura passou a baixar gradativamente em direção ao norte, porém se elevou no bairro de Fátima, pois as ruas percorridas não apresentavam arborização. Ao se entrar no bairro da Pedreira, a temperatura passou a baixar novamente, atingindo a menor temperatura no bairro, pois a vegetação já se faz presente em algumas ruas percorridas na realização do transecto. (Figura 61)

Figura 61 - Perfil da temperatura do ar diurno ao longo do transecto no sentido Sul-Norte as 15:00hs do dia 02/09/2016.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Novamente a temperatura apresenta redução gradativa à medida que o transecto passou por áreas mais arborizadas, mostrando mais uma vez a influência da vegetação na redução da temperatura, e aumento em áreas onde há pouca arborização, como os bairros da Condor, Cremação e Fátima. Apesar dos bairros São Brás e Pedreira apresentarem verticalização, as temperaturas são mais amenas em função da presença da arborização, do próprio sombreamento dos prédios, e, no extremo norte do bairro da Pedreira, devido à influência dos ventos de nordeste e a proximidade com o PEUt, contribuindo para uma temperatura mais amena.

As causas das elevações das temperaturas diurnas, no bairro do Montese, Canudos, Condor e Cremação, e a redução nos bairros de São Brás (trecho arborizado) Nazaré, Campina e Pedreira tem relação direta com o tipo de uso da terra e com a arborização e não arborização das vias por onde realizamos os transectos.

CAPÍTULO 6. O USO E OCUPAÇÃO DA TERRA COMO INDICADOR DE ALTERAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR E DA QUALIDADE AMBIENTAL DA ÁREA CENTRAL DE BELÉM.

Para se explicar as diferenças de temperatura registradas nos bairros da área central, a partir dos pontos fixos e dos transectos, o reconhecimento dos padrões de mudanças no uso e na cobertura da terra pode fornecer elementos importantes à variação da temperatura do ar.

Segundo Amorim et al. (2009):

...a urbanização e as características do uso do solo são responsáveis pela distribuição da temperatura do ar gerando ilhas de calor nos bairros densamente construídos, ou com a concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e reflectância. (Amorim et al. 2009, p. 72).

Nesse contexto, a variação diária da temperatura do ar está diretamente relacionada com características físicas dos padrões construtivos das superfícies, nas quais se destaca a acentuada verticalização, impermeabilização do solo (asfalto, calçamento), agravados pela falta de arborização.

Na Primeira Léguas, as temperaturas mais elevadas registradas a partir dos pontos fixos e dos transectos, relacionam-se diretamente com a densidade de construções, e a temperatura noturna é atribuída à liberação do calor estocado durante o dia pelas edificações.

Tanto os pontos fixos como os transectos, foram realizados em locais densamente ocupados, porém com características de cobertura e uso da terra distintos. Esse procedimento foi analisado por meio de mapas de uso e cobertura do solo dos bairros onde foram implantados os pontos fixos e por onde foram realizados os transectos, utilizando imagens de alta resolução.

Para melhor compreensão, optou-se por utilizar o sistema de classificação proposto por Pivetta et al. (2005) e Godoy e Soares Filho (2007), destacando seis classes de uso do solo: áreas edificadas (horizontal e vertical); vias (pavimentadas e não pavimentadas); Cobertura Vegetal, classificada apenas a de porte arbóreo; espaços livres; solo exposto e lote vago.

A primeira classe foi utilizada para destacar onde há maior concentração do uso vertical e horizontal, fornecendo a forma do adensamento das edificações. A

segunda classe demonstra o quanto o bairro é pavimentado e impermeável. A terceira classe, utilizada para apresentar a forma da arborização e o Índice de Cobertura Vegetal e onde há maior e menor concentração da Cobertura Vegetal de porte arbóreo. A quarta classe demonstra o quanto o bairro apresenta espaços com vegetação, áreas de lazer e uso socioambiental e as duas últimas classes vão destacar áreas que se encontram sem nenhum tipo de cobertura vegetal (solo exposto) ou áreas que apresentam algum tipo de vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea (lotes vagos) e que estão em estado de valorização para empreendimentos futuros.

6.1. O uso da terra dos Bairros com os pontos fixos (Campinas, Condor, Nazaré).

O levantamento de dados de temperatura do ar do meio urbano da Primeira Léguas Patrimonial foi realizado por meio de três miniestações meteorológicas instaladas em lugares com características bastante diferenciadas em relação ao uso e ocupação do solo. A partir da classificação utilizada, temos a seguinte configuração espacial para os bairros da Campina, Condor e Nazaré.

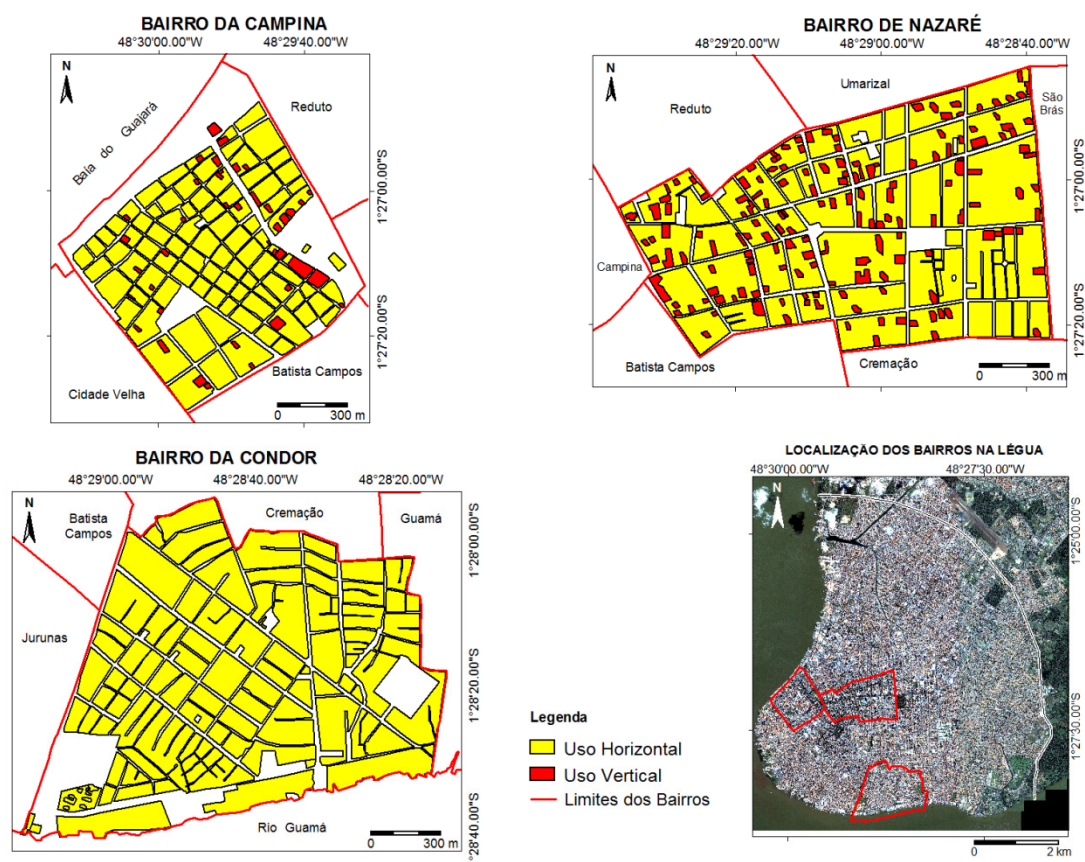
6.1.1. Edificações.

Segundo Pivetta et al. (2005) consideram, edificações são todas as construções erguidas acima do solo, como casas, prédios, fábricas, hospitais. Assim, o bairro da Campina, localizado à Oeste da cidade, tem uma área equivalente a 1.028.070,54 m². Desse total, 50,30% é de uso horizontal e 3,58% é de área edificada concentrada na principal avenida do bairro a Presidente Vargas.

O bairro de Nazaré, localizado na área central da Primeira Léguas, apresenta área de 1.513.220,68 m², onde 60,63% é de uso horizontal e 10,10% de uso vertical, considerado o maior índice de verticalização espalhada por todo o bairro.

O bairro da Condor, localizado mais ao sul da Léguas, com área de 1.708.833,70 m², não apresenta verticalização, apenas uso horizontal o equivalente a 73,10% do seu território (Figura 62).

Figura 62 - Mapa de presença de edificações dos bairros da Campina, Nazaré e Condor.



Fonte: Base cartográfica, Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., Rodrigues, J. E. C. 2016).

Levando em consideração as características peculiares de cada bairro, argumenta-se que a configuração espacial dos Bairros da Campina e Nazaré são produtos da forma de ocupação, decorrente de processo histórico, nos quais se verificou que no desenvolvimento da produção do espaço dos bairros da Campina e de Nazaré, houve um planejamento na forma de apropriação do bairro. Há uma predominância de casarões particulares e públicos e erguem-se, nos bairros, prédios de médio a alto padrão.

A camada social predominante, que reside nestes bairros pertencia à uma classe social favorecida pelo enriquecimento com o Ciclo da Borracha e que se estabeleceu nas cotas mais altas da cidade.

Os bairros da Campina e Nazaré reproduziram, na imagem da cidade, as proposições, os símbolos, os valores, os domínios de uma cultura exógena à sua, provocando a criação de uma forma erudita com um traçado regular (ou mais regular), planejado e construído de acordo com um projeto, no qual é definida uma

ordem (geométrica) que estrutura o traçado urbano e define a posição dos diferentes tipos de edifícios e de funções (TEIXEIRA e VALLA (1999), citado por SALGUEIRO, 2010).

Por outro lado, no bairro da Condor, a ausência de ordenamento territorial, sem planejamento e nenhum tipo de preocupação de implementação de espaços planejados, levou à ocupação das cotas mais baixas às margens do rio Guamá e seus afluentes como os igarapés da Quintino Bocaiuva, 03 de Maio.

Costuma-se observar padrões residenciais variados no bairro, constituídos de palafitas, casas de madeira e alvenaria que já representa uma fase avançada da consolidação da ocupação e uma alta densidade populacional.

A população do bairro da Campina é de 6.156 habitantes, segundo o IBGE (2010), porém a concentração de pessoas frequentando o bairro é maior, tendo em vista que se trata de um bairro com predominância de atividade comercial. A população de Nazaré é de 20.504 habitantes. Por fim o bairro da Condor apresenta uma população bastante elevada de 42.758 habitantes (IBGE, 2010). Segundo Nucci (2008), a alta densidade populacional está diretamente relacionada com o desconforto térmico, risco de doenças, deficiência de abastecimento, em geral problemas com lixo, poluição, escassez de espaços livres para lazer e áreas vegetadas. Essas formas distintas entre os bairros da Campina, Nazaré e Condor vão fazer com que tenhamos Índices de Cobertura Vegetal diferenciados.

6.1.2. Vias

Atualmente, os bairros da Campina e Nazaré apresenta um sistema viário bastante intenso, com grande fluxo de veículos. O bairro de Nazaré apresenta muitas ruas largas, retas que interligam o bairro ao centro comercial da cidade e a bairros vizinhos. Campina apresenta também algumas ruas largas, porém, a parte do centro histórico do bairro possui um sistema viário de ruas estreitas, que formam a área comercial do bairro.

As ruas dos dois bairros são todas asfaltadas, porém só algumas vias mais importantes da Campina são arborizadas, diferente das vias do bairro de Nazaré que são bem arborizadas. As principais vias da Campina são: Av. Presidente Vargas, Av. Boulevard Castilhos França, Av. 16 de Novembro, Tv. Padre Eutíquio, Rua João

Diogo. As principais vias de Nazaré são as Avenidas Nazaré, que dá nome ao bairro, Gov. José Malcher, Gentil Bittencourt, Generalíssimo Deodoro, constituindo um traçado reto e um sistema de quadras bem definidas.

Avenidas largas e arborizadas favorecem a qualidade ambiental e valorizam o espaço, bem como seus monumentos, prédios públicos e suntuosos como a Igreja de N. S. Nazaré. O alinhamento das vias do bairro de Nazaré obedeceu ao discurso de modernização e do almejado “progresso” com a ampliação de sua malha urbana. A abertura de grandes avenidas e a introdução da arborização proporcionou a Belém ares de cidade moderna.

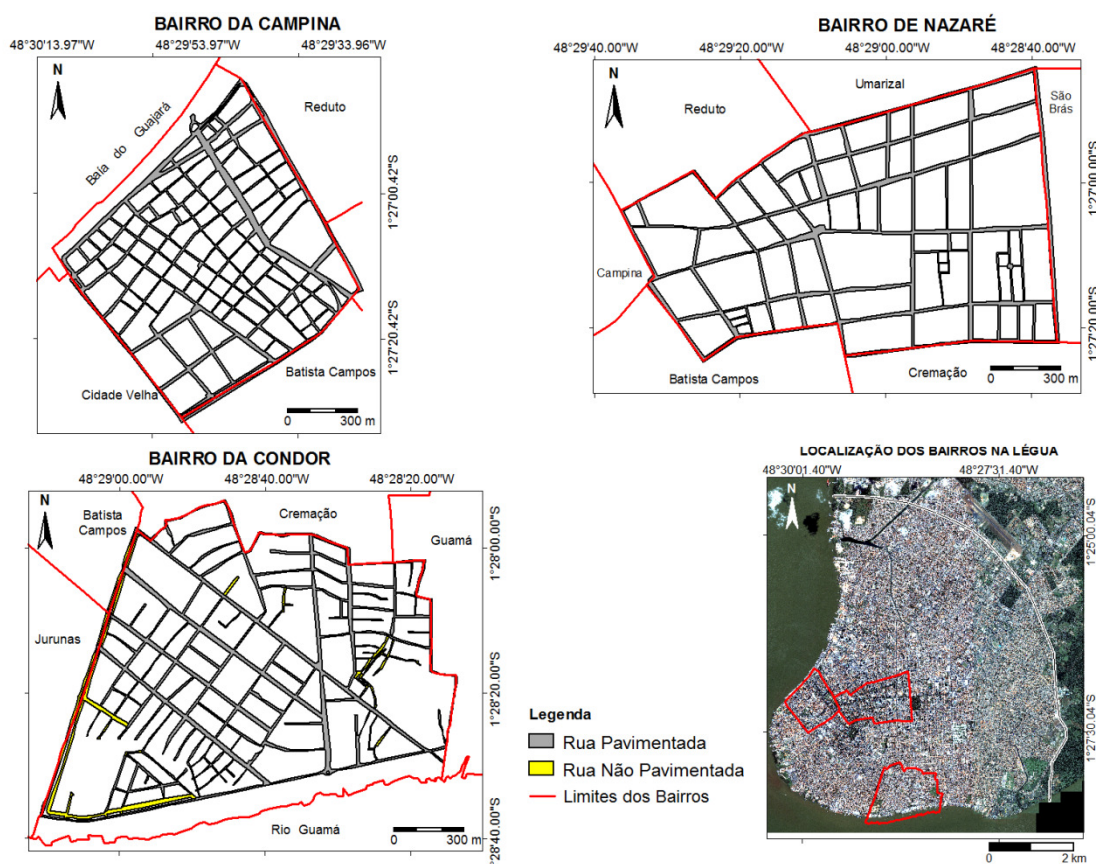
O mesmo não podemos falar a respeito das vias do Bairro da Condor, onde nem todas as ruas são pavimentadas apenas 13,17%. As ruas não asfaltadas correspondem a 2,80%, o equivalente à área do bairro. São poucas as vias que são largas e que seguem o traçado reto; esse formato mais planejado é observado na porção SE-NW do bairro, para o restante da área as vias deixam de ter essas características, passam a ser tortuosas, estreitas e pouca arborizadas (Figuras 63).

As principais vias do bairro são as Avenidas Bernardo Sayão, Alcindo Cacela, Roberto Camelier, as Travessas Padre Eutíquio, Apinagés e Tupinambás.

Recentemente, grande parte das ruas do bairro recebeu pavimento. Tal fato deve-se a diversas ações da prefeitura nos últimos anos, que se propôs a levar saneamento aos bairros mais periféricos da cidade. Antes, varias ruas eram de terra batida, que, no período chuvoso, ficavam enlameadas, e, no período de estiagem, ficavam bastante empoeiradas. Hoje o número de ruas nessas condições, no bairro da Condor, foi reduzido significativamente.

Por um lado, o asfalto resolveu um problema de saneamento que atingia milhares de pessoas há anos, por outro o processo de pavimentação impermeabilizou o solo e contribui para a elevação da temperatura, favorecendo o fenômeno conhecido como ilhas de calor, agravado pela falta de arborização das vias.

Figura 63 - Mapa de vias dos bairros da Campina, Nazaré e Condor 2013.



Fonte: Base cartográfica, Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org. RODRIGUES, J. E. C. 2016)

6.1.3. Cobertura Vegetal

De acordo com nossos estudos, o bairro de Nazaré é o que melhor apresenta arborização em relação aos bairros da Campina e da Condor que, de certa forma, apresentam precariedade em sua cobertura vegetal, acompanhando o índice do distrito do Guamá, que também se apresenta muito abaixo do recomendado.

A cobertura vegetal interfere diretamente sobre a qualidade de vida da população e é um importante indicador da qualidade ambiental. A cobertura vegetal confere à cidade efeitos estéticos positivos, promovendo o embelezamento dos espaços, além de desempenhar importante função climática, controlando a radiação solar direta, amenizando as temperaturas, umidificando o ar e contribuindo para a redução de poluentes, que, em grande quantidade na atmosfera, contribuem para o efeito estufa e ilhas de calor.

Primeiramente, analisando os bairros de Nazaré e da Campina, as intervenções paisagísticas, principalmente os processos de arborização que ocorreram nesses bairros, inserem-se em um processo de reordenação e abertura de novas vias, construção de praças, parques. Isso no governo de Antonio Lemos, que tinha preocupações com o aspecto da forma (estético/funcional) e de tempo, uma vez que esses espaços estariam interagindo com a paisagem do tempo presente e futuro.

Outro fator do processo de arborização estava relacionado ao fator climático. Belém apresenta um tipo climático equatorial quente úmido, com registro de elevadas temperaturas e precipitações o ano todo.

Esse rigor climático, em especial as elevadas temperaturas do ar, traz certo desconforto térmico à população belenense, o que poderia ser amenizado, principalmente, com presença de árvores, incipiente nas ruas e praças. Além disso, a estrutura das ruas, geralmente curtas e estreitas, dificulta uma ventilação ideal, como é o exemplo de muitas vias do bairro da Campina.

O Serviço de Arborização no governo de Antonio Lemos mereceu os maiores cuidados do poder municipal, prestando um serviço para o clima urbano em larga escala. As ruas de maior largura receberam o benefício da arborização. Até meados do século XX, Belém era uma das cidades brasileiras mais arborizadas. Mas esta arborização concentra-se nos bairros mais centrais, como Nazaré.

A arborização era vista como melhorias na qualidade de vida para os habitantes da cidade, pois, nas vias e praças da cidade, tende a prestar uma função de amenizar as altas temperaturas.

A ideia de um plano de arborização para toda a cidade foi uma prioridade, no entanto, esta premissa não se consolidou. O que se constatou foi concentração da arborização em áreas específicas, mais precisamente nas áreas centrais, como o bairro de Nazaré, Batista Campos e a parte mais nova do bairro da Campina. O bairro da Condor não foi contemplado com o processo de arborização de vias e praça, com o plantio de mangueiras.

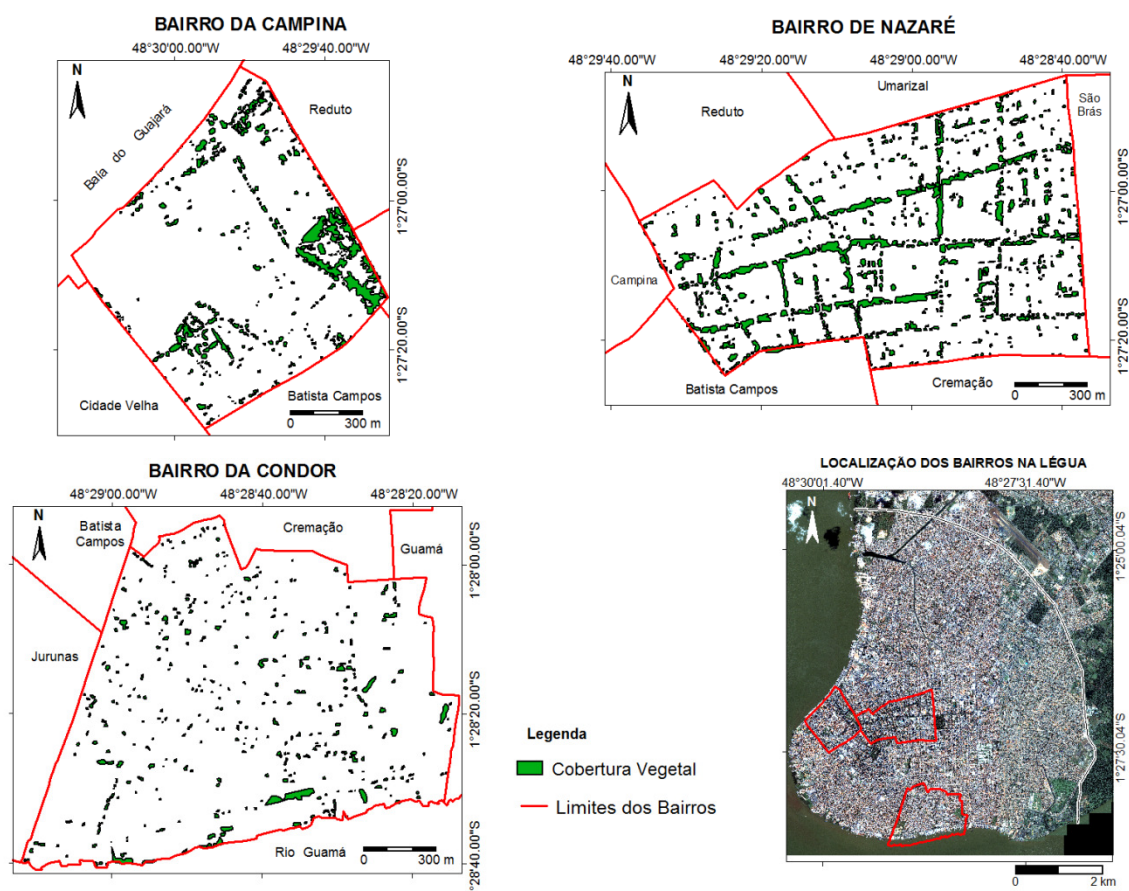
A mangueira (*Mangifera indica*) se tornou a principal espécie a ocupar as ruas, avenidas e praças da cidade. A adoção dessa espécie, em grande escala, ocorreu em decorrência de suas singularidades de adaptação ao ecossistema da região e, com efeito, pela rapidez com que a espécie se desenvolve, cresce a alturas

consideráveis, esgalha-se com regularidade, apresenta folhagem densa e constantemente é renovada, sem falar que consegue gerar sombra ampla (AIROZA, 2010).

A forma da Cobertura Vegetal indica as áreas que foram planejadas e as que não tiveram essa mesma atenção. Observou-se, na configuração das manchas de cobertura vegetal, que o bairro de Nazaré e parte do bairro da Campina apresentam uma forma linear da vegetação caracterizada por apresentar uma justaposição de árvores em uma mesma direção, correspondendo a um estreito alinhamento ao longo das calçadas de algumas avenidas e travessas planejadas.

No bairro da Condor predomina a forma isolada, podendo ser encontrada em propriedades particulares (nos quintais), intercaladas com as edificações, localizadas também em algumas ruas e praças, e dispersas, principalmente árvores solitárias, sendo amplamente encontradas no meio urbano, com solo impermeável (Figura 64).

Figura 64 - Mapa de Cobertura Vegetal dos bairros da Campina, Nazaré e Condor 2013.



Fonte: Base cartográfica, Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., Rodrigues, J. E. C. 2016)

A forma da vegetação retrata muito bem a influência da morfologia urbana dos bairros, Nazaré e Campina, por serem bairros mais planejados, enquanto que o bairro da Condor, pelo seu processo de organização, mais espontâneo, não apresenta a mesma forma de arborização (Rodrigues, et al. 2014).

A Cobertura Vegetal do bairro de Nazaré apresenta uma área de 166.763,94m² que corresponde a 11,02%, índice muito abaixo dos 30% que estamos adotando como satisfatório e com Índice de Cobertura Vegetal por habitante de 8,13m²/hab., um pouco abaixo do índice de 12m²/hab., considerando também aqui como satisfatório.

A cobertura vegetal do bairro da Campina corresponde a uma área de 80.616,11m², o equivalente a 7,84% da área do bairro, também muito abaixo dos 30%, e com Índice de Cobertura Vegetal por habitante de 13,10m²/hab., porém este índice apontado como satisfatório.

A Cobertura Vegetal do bairro da Condor representa uma área de 48.639,76m² que corresponde a 2,85% da área, índice muito abaixo dos 30%, o que coloca na classificação de deserto florístico, por estar abaixo de 5%. O Índice de Cobertura Vegetal por habitante é de 1,14m²/hab., também muito abaixo do índice satisfatório que de 12m²/hab. Ao longo do tempo, tanto a Condor como Nazaré, Campina e demais bairros em geral vêm apresentando perdas significativas (Tabela 09).

Tabela 09 - Índices da Cobertura Vegetal dos bairros da Campina, Nazaré e Condor entre os anos de 1998, 2006 e 2013.

Bairro	Área do Bairro (m ²)	Área da cobertura vegetal					
		1998		2006		2013	
		m ²	%	m ²	%	m ²	%
Campina	1.030.904,05	85.191,11	8,29	85.518,55	+ 8,32	80.616,11	7,84
Nazaré	1.515.995,16	228.210,26	15,08	172.105,60	11,37	166.763,94	11,02
Condor	1.727.866,38	88.017,46	5,09	54.273,83	3,14	48.639,76	2,85

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

O baixo Índice de Cobertura Vegetal observado no bairro da Condor é reflexo da configuração e forma de ocupação que o bairro tomou a partir de seu desenvolvimento. Os espaços se tornaram cada vez mais impermeáveis e adensados, diminuindo a área para a arborização. Ao longo do tempo, vem apresentando redução significativa da vegetação, refletindo no desconforto térmico da população, em ocorrência de temperaturas extremas, formação de ilhas de calor.

Outro problema também atribuído à falta de arborização, segundo Souza e Amorim (2013), é o aumento de enchentes e alagamentos na cidade.

No caso dos bairros de Nazaré e da Campina, a perda da vegetação vem ocorrendo por quedas devido a problemas fitossanitários. Isso por serem espécies centenárias, como as mangueiras, e, principalmente, pela atuação das companhias prestadoras de serviços urbanos (luz e telefonia), as quais desrespeitam a arborização pública de mangueiras, adotando um sistema de poda que não obedece às normas técnicas e que é uma verdadeira mutilação dos vegetais. Esse tipo de podagem identificou-se como “côncava”, “circular” “reti” e “desnuda” (Figura 65), priorizando a fiação de energia e telefonia associado à massiva verticalização, que realiza grande pressão às espécies de mangueiras centenárias, tornando-as frágeis e levando à queda do vegetal. Consequência disso são os transtornos à população como congestionamentos no trânsito, interrupções de luz e telefone para os bairros. Esses tipos de podas são observados não só nos bairros estudados, mas em toda a área da Primeira Légua.

Figura 65 - Estilo de Poda realizado pelas prestadoras de serviço urbano (Energia e Telefonia) (A) “Poda Côncava”; (B) “Poda Circular”, (C) “Poda reti” e (D) “Poda Desnuda”.



Poda côncava – o vegetal fica dividido ao meio em forma de meio círculo fazendo com que o vegetal fique com seu dossel desproporcional levando ao seu desequilíbrio.



Poda circular – o vegetal é podado no meio do seu dossel ficando com uma forma circular em seu interior fazendo com que perca equilíbrio.



Poda reti – É podado apenas um lado do dossel do vegetal que atinge a fiação elétrica, diminuindo sua área de sombreamento e deixando-a totalmente desequilibrada com risco de queda.



Poda desnuda – são podados praticamente todos os galhos do vegetal deixando-o praticamente sem folhagem, diminuindo assim seu poder de sombreamento, e perdendo suas principais funções climáticas.

Fonte: Acervo do autor

6.1.4. Espaços Livres

Os espaços livres são uma classe de uso que representam no meio urbano presença ou não de Cobertura Vegetal, porém são espaços mais adequados para arborização urbana e que podem ser classificados, segundo Guzzo (1997); Nucci e Cavalheiro (1999), como Praças e Parques Urbanos. Os autores também apresentam uma definição quanto à classificação e caracterização desses espaços urbanos.

a) *Espaço livre*: constitui o espaço urbano ao ar livre, destinado a todo tipo de utilização que se relacione com caminhadas, descanso, passeios, prática de esportes, recreação e entretenimento em horas de ócio; os locais de passeio a pé devem oferecer segurança e comodidade com separação total de veículos, os caminhos devem ser agradáveis, variados e pitorescos. Estes podem ser privados, potencialmente coletivos ou públicos com função estética e de lazer.

b) *Área verde*: corresponde a um tipo especial de espaço livre onde o elemento fundamental de composição é a vegetação arbórea e arbustiva. Devendo satisfazer três objetivos principais: estético, ecológico ambiental e lazer. Vegetação e solo permeável devem ocupar pelo menos 70% da área; devem servir à população, proporcionando um uso e condições para recreação (NUCCI e CAVALHEIRO, 1999 p. 29-30).

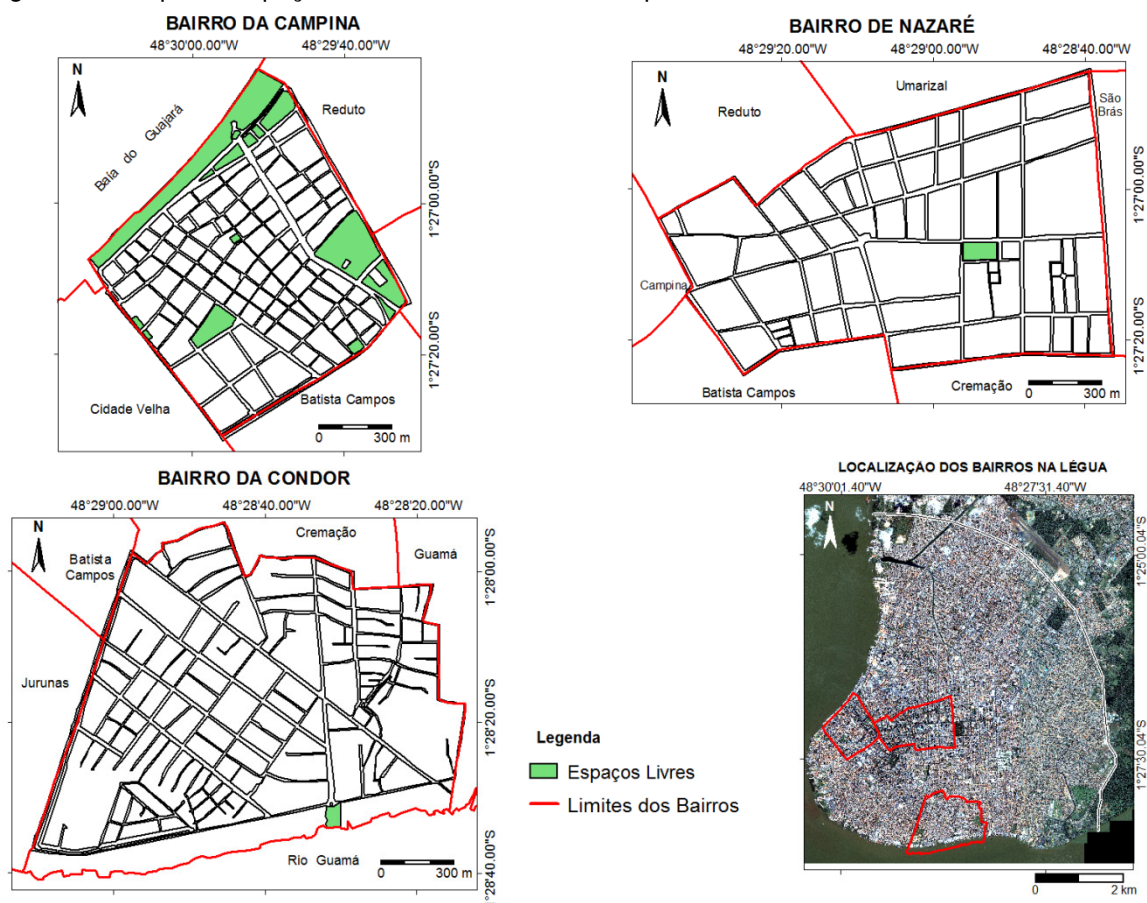
c) *Praça*: sendo uma área verde, apresenta função principal de lazer, além das funções estética e ecológica ambiental. Mas esta pode não

representar uma área verde quando sua vegetação de porte arbóreo compreende a níveis inferiores a 70% da área total do espaço, encontrando-se impermeabilizada.

d) *Parque urbano*: é uma área verde, com função ecológica, estética e lazer, mas com dimensões superiores as das praças (GUZZO, 1997).

Os espaços livres classificadas no bairro da Campina, correspondem a 16,85% do bairro, que incluem nove praças, tendo como maior destaque a Praça da República e a Estação das Docas, considerada como Espaço Livre. Ambos os espaços, bastante arborizados. No bairro de Nazaré, o espaço livre corresponde a 0,65% da área total do bairro, que inclui apenas uma praça parcialmente arborizada (Praça Santuário de Nazaré), porém esse espaço apresenta uma arborização urbana concentrada nas calçadas de suas principais ruas e avenidas. Por fim, o espaço livre do bairro da Condor corresponde a 0,29% da área do bairro que se traduz apenas por uma praça (Princesa Izabel) com escassa arborização (Figura 66).

Figura 66 - Mapa de espaços livres dos bairros da Campina, Nazaré e Condor 2013.



Fonte: Base Cartográfica Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., Rodrigues, J. E. C. 2016).

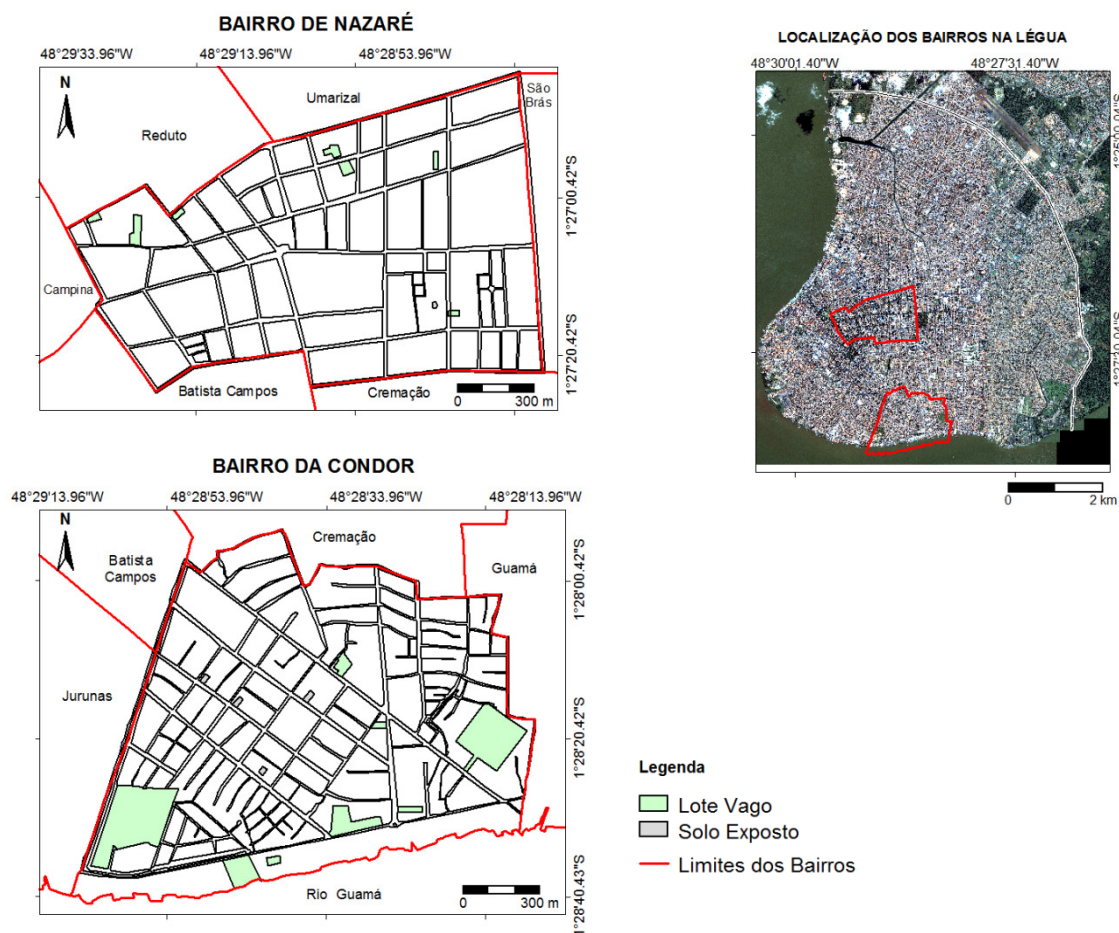
6.1.5. Solo Exposto e Lote Vago

As classes solo exposto e lote vago, aparentemente, podem soar como termos parecidos dentro da classificação de uso da terra, porém apresentam conceitos diferentes. Segundo Pivetta et al. (2005), o solo exposto é considerado uma área não edificada e/ou pavimentada e que não está coberta por vegetação. Já o lote vago pode ser definido, no espaço urbano, como uma unidade de área destinada à edificação, que tenha essa aptidão específica, ou possa ser aproveitada com a ocupação ou com a futura edificação (CASTILHO 2007).

Essas duas classes não ocorrem no bairro da Campina, por ser um bairro mais antigo e densamente ocupado. No bairro de Nazaré, o solo exposto representa 0,03%, enquanto que os lotes vagos equivalem a 0,91% da área do bairro. Diferente do solo exposto, geralmente os lotes vagos são terrenos que apresentam algum tipo de vegetação (herbácea, arbustiva ou arbórea) utilizada, também, para especulação imobiliária. Em Nazaré, os lotes são bastante valorizados, muitas das vezes são originários de demolições de casarões antigos, para construção de grandes prédios de alto gabarito, o que explica o aumento temporário dos lotes vagos (GODOY e FILHO 2007), tendo em vista que o bairro apresenta muitos desses casarões, que outrora fora residência de famílias ricas do Ciclo da Borracha.

No bairro da Condor, o índice de solo exposto é de 0,19% e de lotes vagos é de 7,61% da área do bairro. Por ser um bairro em localização mais periférica do centro da cidade, há ainda muitos terrenos que não apresentam edificações identificadas, estão como terreno sem nenhum tipo de uso, porém existe a presença de vegetação (herbácea, arbustiva ou arbórea). (Figura 67)

Figura 67 - Mapa de solo exposto e lote vago dos bairros de Nazaré e Condor 2013.



Fonte: Base Cartográfica Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., Rodrigues, J. E. C. 2016).

O mapeamento e caracterização do uso da terra permite analisarmos que a urbanização é a maior amostra do poder da sociedade em transformar o espaço em que habitamos. São também utilizados para demonstrar as acentuadas modificações do ambiente urbano e sua falta e/ou seu comprometimento com a qualidade ambiental.

A coleção de mapas temáticos permite visualizar a localização, a área de ocorrência, a abrangência e a densidade das classes que foram adotadas, pois a importância de se estudar o uso da terra urbano está diretamente relacionada ao seu impacto no clima urbano.

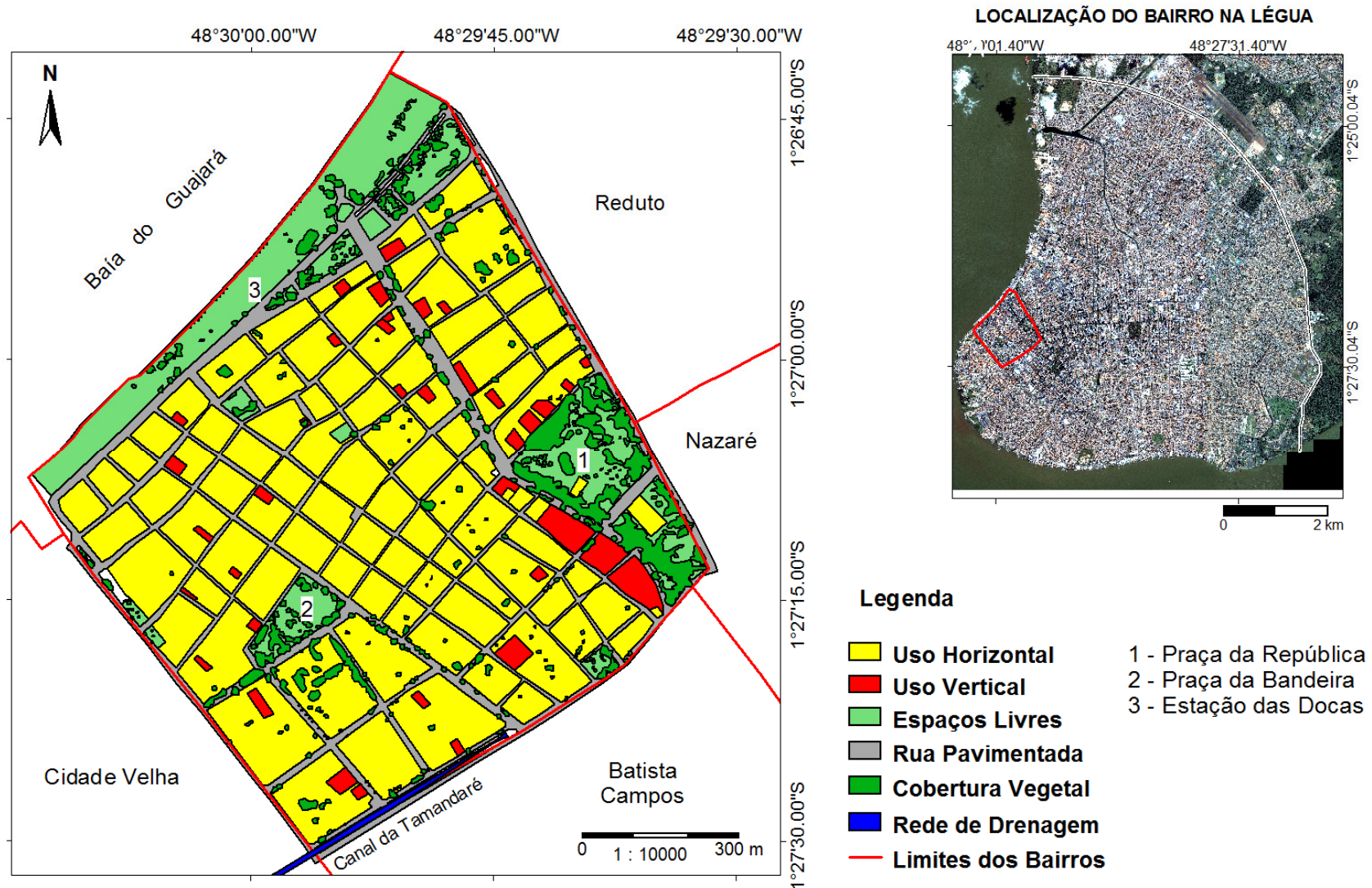
O levantamento das diferentes tipologias urbanas contribui e interfere diretamente no clima da cidade, principalmente na temperatura do ar, segundo Sukopp et al. (1979), citados por Nucci (2008), “mudanças na temperatura do ar,

podem basicamente ser correlacionadas com a densidade de construção, grau de impermeabilização e proporção de áreas verdes”, uma vez que tal fenômeno se dá a partir da troca de energia entre a superfície urbana e a atmosfera, variando sua intensidade à medida que há diferentes formas de uso e ocupação do solo.

Diante da afirmação, Nucci (2008), baseado em modelo alemão de planejamento urbano, considera que para um adequado balanço térmico em áreas urbanas o ideal é que um perímetro urbano tenha 40% de vegetação em área construída, 40% para espaços livres e 20% para o sistema viário, índices que não refletem a realidade dos bairros da Campina, Nazaré e Condor.

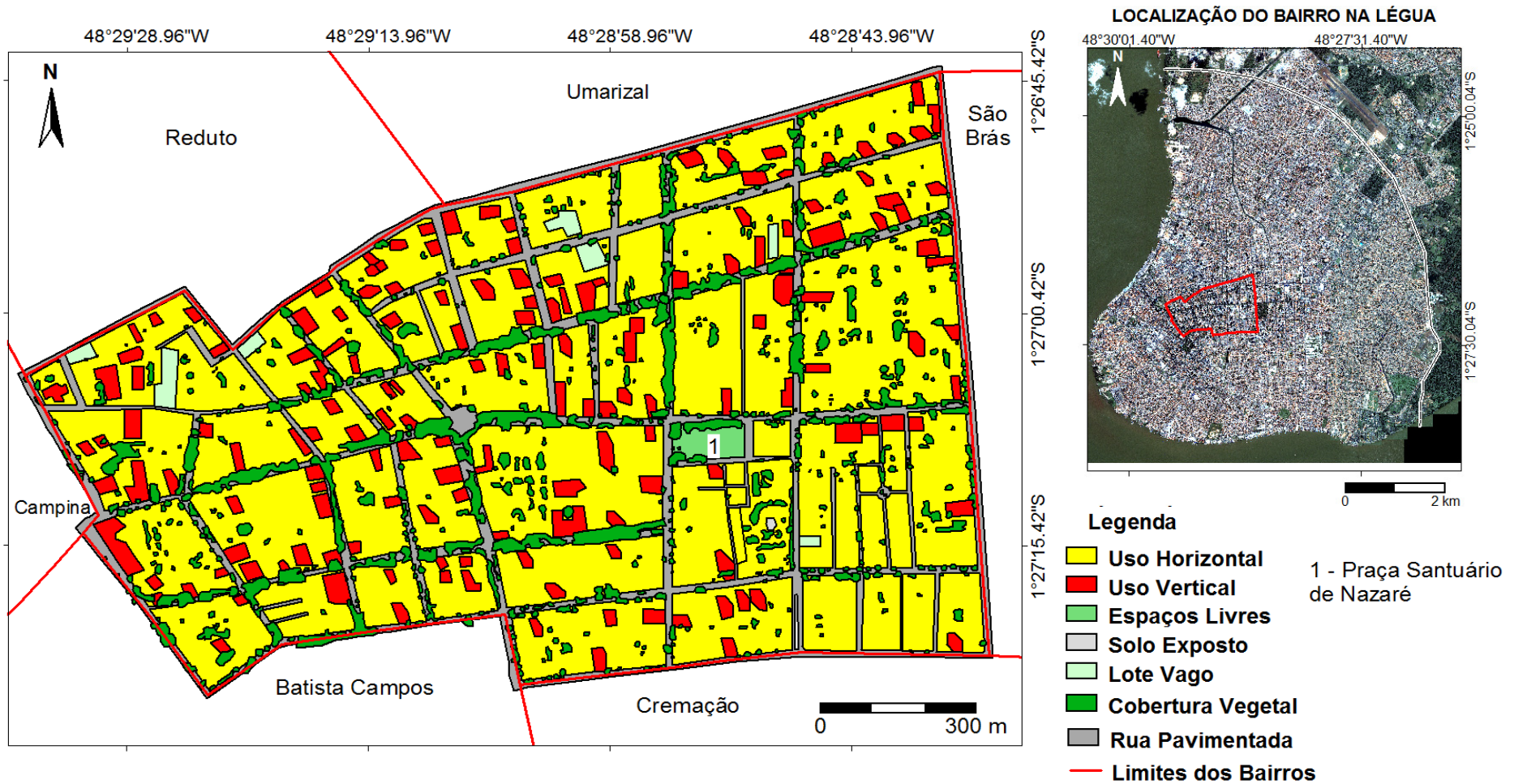
A classificação de uso da terra, realizada para os bairros da Campina (Figura 68), Nazaré (Figura 69) e Condor (Figura 70), para o ano de 2013, demonstrou que a concentração da cobertura vegetal no bairro da Campina ocorre nos espaços livres, principalmente em praças. Em Nazaré concentra-se nas ruas do bairro e na Condor, a rara cobertura vegetal concentra-se em fundos de quintais da área edificada do bairro.

Figura 68 - Mapa de uso da terra do bairro da Campina com destaque para distribuição da Cobertura Vegetal do bairro (2013).



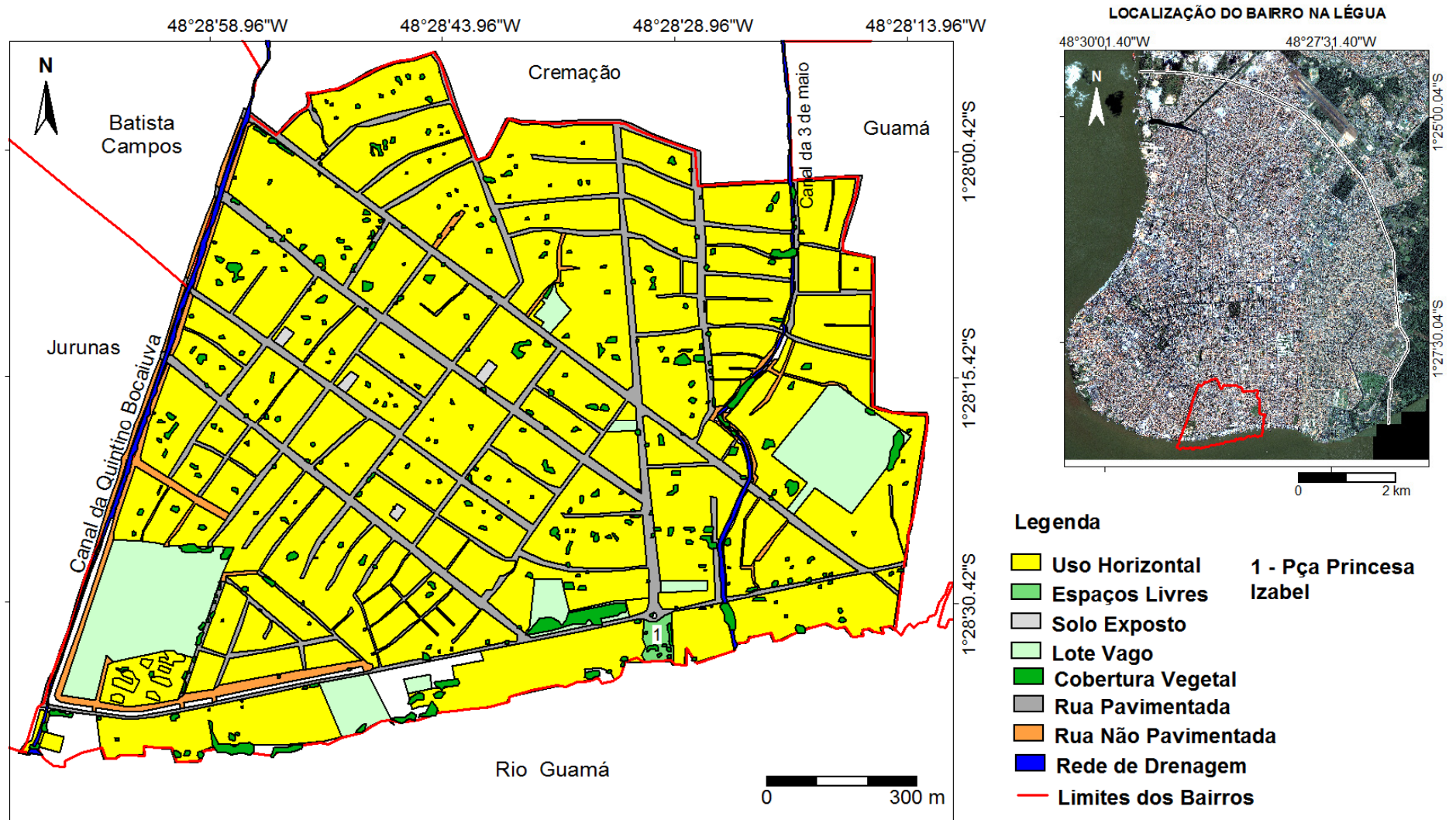
Fonte: Base cartográfica, Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., Rodrigues, 2016).

Figura 69 - Mapa de uso da terra do bairro de Nazaré com destaque para distribuição da Cobertura Vegetal do bairro (2013).



Fonte: Base cartográfica, Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., Rodrigues, 2016).

Figura 70 - Mapa de uso da terra do bairro da Condor com destaque para distribuição da do bairro (2013).



Fonte: Base cartográfica, Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., Rodrigues, 2016).

O uso da terra urbano do Bairro da Campina com cobertura vegetal está distribuído da seguinte maneira:

- Área urbana construída (horizontal e vertical) do bairro é de 53,88%, desse total, apenas 1,70% da área construída é arborizada;
- Os espaços livres correspondem uma área de 16,85% do bairro, com maior cobertura vegetal, 5,33%;
- Sistema viário (ruas pavimentadas) compreende a 21,42% do bairro, porém apenas 0,81% das vias apresentam Cobertura Vegetal.

O solo urbano do Bairro de Nazaré apresenta a seguinte distribuição com cobertura vegetal:

- Área urbana construída (horizontal e vertical) de 70,73%, concentra apenas 3,18% de cobertura vegetal;
- O espaço livre representa 0,65% do bairro, que corresponde apenas uma praça que é parcialmente arborizada, 0,24% de Cobertura Vegetal;
- Sistema viário (ruas pavimentadas) de 16,66%, apresentando uma concentração de 7,57% de Cobertura Vegetal.

Lote Vago, apesar de apresentar 0,91% do bairro e ter uma cobertura vegetal de 0,03% a vegetação não foi representativa para a classe lote vago.

O solo urbano do bairro da Condor, com Cobertura Vegetal está distribuído da seguinte maneira:

- Área urbana construída (horizontal) é de 73,10%, apresentando apenas 2,17% de Cobertura Vegetal;
- O espaço livre corresponde a 0,29% de todo o bairro, que representa apenas uma praça com baixa arborização, correspondente a 0,04%;
- Sistema viário (ruas pavimentadas e não pavimentadas) de 15,97% e apresenta somente 0,16% de ruas arborizadas. É o bairro com menor Índice de Cobertura Vegetal em vias, comparado com os bairros de Nazaré e Campina.

O mapeamento do uso da terra pode constatar que os bairros da Campina, Nazaré e Condor, de onde foram feitas as coletas de temperatura, demonstrou que são bairros densamente construídos e essas áreas muito adensadas apresentam baixa cobertura vegetal. Apresentam espaços livres muito reduzidos, principalmente Nazaré e Condor. Na Campina, as praças são os espaços mais arborizados.

Quando se trata do sistema viário dos bairros, somente o bairro de Nazaré apresenta os melhores resultados e está dentro de padrões de importantes cidades planejadas que adotam uma boa arborização de vias. No entanto, não podemos dizer o mesmo para o bairro da Condor que praticamente não tem arborização de vias, o que é muito prejudicial à população que reside e transita pelo bairro, principalmente em se tratando de balanço térmico.

6.2. O uso da terra nos bairros inseridos na trajetória dos transectos móveis

A diferença de temperatura do ar registrada nos bairros por onde foram realizados os transectos diurno e noturno, apresentam forte relação também com o uso da terra.

A concentração de edificações, de equipamentos e pessoas, impermeabilização do solo, grande circulação de veículos, emitindo poluentes e gases no ambiente, a concentração e falta de arborização em determinados trechos do trajeto contribuiu para existência de diferenças térmicas.

Sendo a temperatura um elemento do clima resultante da interação entre energia radiante e os elementos que constituem o espaço urbano, experimentos realizados no interior da cidade, como transectos, são de grande relevância para identificar as características térmicas intraurbanas diretamente relacionadas com o tipo de uso da terra.

No trabalho de Monteiro (1990) “Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura” o autor destaca a importância desse tipo de experimento nos estudos do clima da cidade.

Toda e qualquer sistemática na TÉCNICA de análise no interior da cidade, realizada pelo geógrafo, deve ser conduzida por uma ótica que revele o clima da cidade como algo que é produzido a partir de um fenômeno de transformação de energia num jogo integrado entre o ar atmosférico e o ambiente urbano edificado pelo homem.

O "adentrar" a cidade para sondar-lhe o clima significa avaliar as alterações ou derivações de propriedades que o ar sofre no interior deste organismo urbano, complexo fato socioeconômico edificado segundo o cabedal tecnológico-cultural da sociedade a partir dos recursos diretos ou indiretos (mesmo remotos) da natureza. (Monteiro, 1990, p 64)

A técnica, como afirma o autor, é primordial para a análise do campo térmico, e os transectos realizados na Primeira Léguas, sendo uma técnica, permitem entender as correlações e interações entre a radiação e os elementos urbanos na modificação da temperatura do ar na cidade.

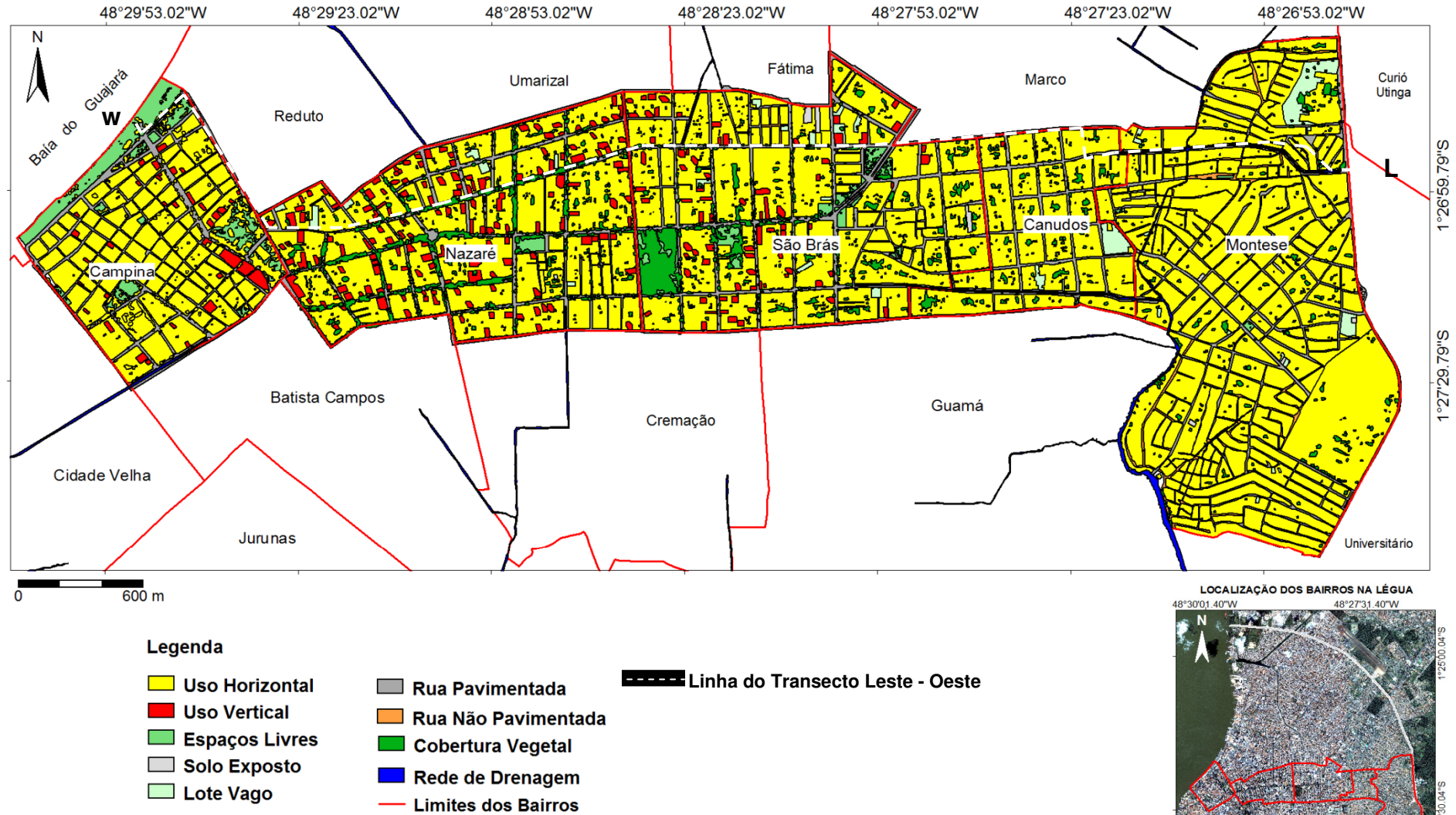
Neste sentido, as características do uso e ocupação do solo dos Bairros por onde passou o traçado dos transectos L-W e S-N, na zona urbana da Primeira Léguas, são utilizadas para justificar as diferenças da temperatura do ar, registradas ao longo do percurso tanto diurno como noturno.

O transecto sentido L-W percorreu cinco bairros Montese (Terra Firme), Canudos, São Brás, Nazaré e Campina. Os dois últimos bairros (Nazaré e Campina) já foram caracterizados, então o uso da terra, atentar-se-á nos três primeiros bairros (Montese, Canudos, São Brás). No sentido S-N, foram percorridos também cinco bairros: Condor, Cremação, São Brás, Fátima e Pedreira. Também como já foi tratado o uso da terra do bairro da Condor, será apresentado apenas o uso dos outros bairros, Cremação, São Brás, Fátima e Pedreira.

6.2.1 Uso da terra dos bairros no percurso do Transecto Leste-Oeste.

Os transectos realizados (diurno e noturno) foram traçados com saída da parte Leste e chegada à parte Oeste da Primeira Léguas, cruzando cinco bairros, na seguinte ordem: Montese (Leste), Canudos, São Brás, Nazaré e Campina (Oeste). Esses bairros apresentam uso diversificado (Figura 71).

Figura 71 - Mapa de uso da terra dos bairros percorrido pelo Transecto Leste – Oeste.



Fonte: Base cartográfica, Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., Rodrigues, J. E. C. 2016).

Edificações - Na classe de edificações, o bairro do Montese, que tem uma área territorial de 2.436.550,85 m², apresenta 80,19% de edificações de uso horizontal, não há uso vertical. É um bairro totalmente horizontalizado. O Bairro de Canudos, com área territorial de 777.342,98 m², apresenta 75,82% de uso horizontal e apenas 0,07% de uso vertical; diferentemente do Montese, Canudos já sinaliza uma pequena área vertical. O bairro de São Brás, com área de 1.626.307,10 m², apresenta 56,37% de uso horizontal e 4,40% de ocupação vertical. Os bairros de Nazaré e Condor já tiveram demonstradas suas porcentagens de uso. Observamos, que à medida que adentramos na área mais central da cidade, a verticalização se acentua, principalmente nos bairros que estão sobre o terraço.

Espaços Livres - Os espaços livres no Montese correspondem apenas a 0,18% da área, que é representado por uma pequena praça localizada no centro do bairro e alguns pequenos canteiros, fora isso, não há mais outro espaço livre no bairro. Canudos apresenta apenas 0,03% de espaços livres, o que não é nada representativo para o bairro. Diferente do bairro de São Brás que tem 6,55% de espaços livres, representada pelas praças (Magalhães Barata, Operário), o Parque da Residência e o Parque Zoobotânico Museu Paraense Emilio Goeldi.

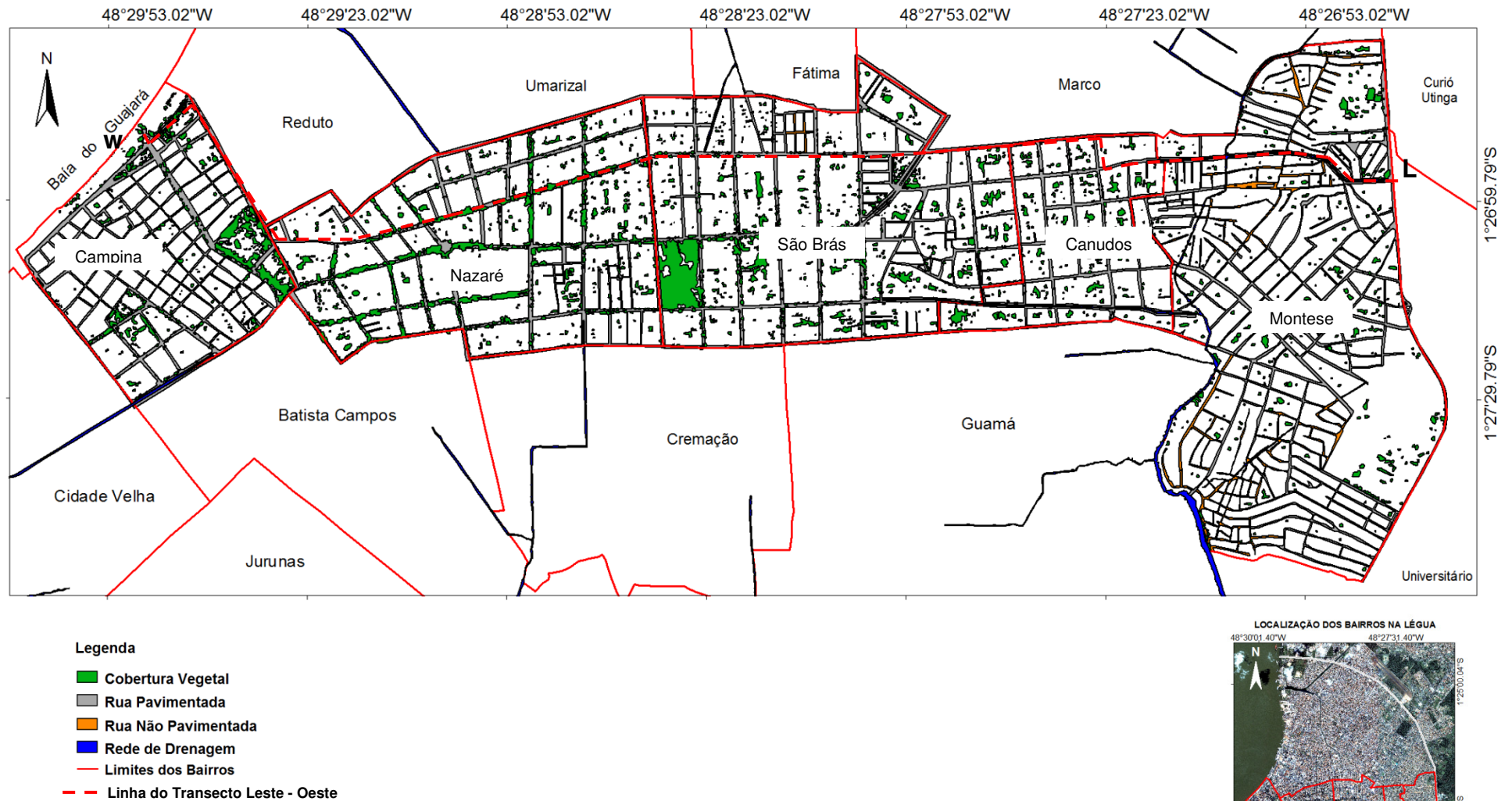
Solo Exposto e Lote Vago - As classes solo exposto e lote vago representam 0,15% e 2,01%, respectivamente, no bairro do Montese, com 2,36% de lote vago; no bairro de Canudos e em São Brás, 0,54% e 1,16% de solo exposto e lote vago, respectivamente.

Vias - Do total de ruas do bairro do Montese, 11,44% estão pavimentadas e apenas 3,65% das ruas não são pavimentadas. Estas ruas localizam-se na parte mais periférica do bairro. No bairro de Canudos, 16,40% das ruas são pavimentadas e apenas 0,17% estão sem pavimentação. O bairro de São Brás tem 19,58% das ruas pavimentadas e 0,30% sem pavimento. Isso quer dizer que tanto o bairro de Canudos como o Bairro de São Brás apresentam quase todas as ruas asfaltadas.

Cobertura Vegetal - A cobertura Vegetal corresponde a 2,38% da área total do bairro do Montese, ficando limitada à vegetação de quintais (2,16% da área construída e 0,22% em lotes vagos). O bairro de Canudos apresenta 5,14% de Cobertura Vegetal que também se concentram em quintais das residências (área construída). O bairro de São Brás apresenta 11,08% de Cobertura Vegetal concentrada na área construída (3,80%), em vias (2,98%), em espaços livres como

praças e nos parques (4,18%) e em lotes vagos (0,13%). O índice elevado da vegetação, no bairro de São Brás, reflete a importância dos espaços livres considerados importantes espaços de arborização urbana (Figura 72).

Figura 72: Mapa de Cobertura Vegetal dos bairros percorrido pelo Transecto Leste – Oeste.

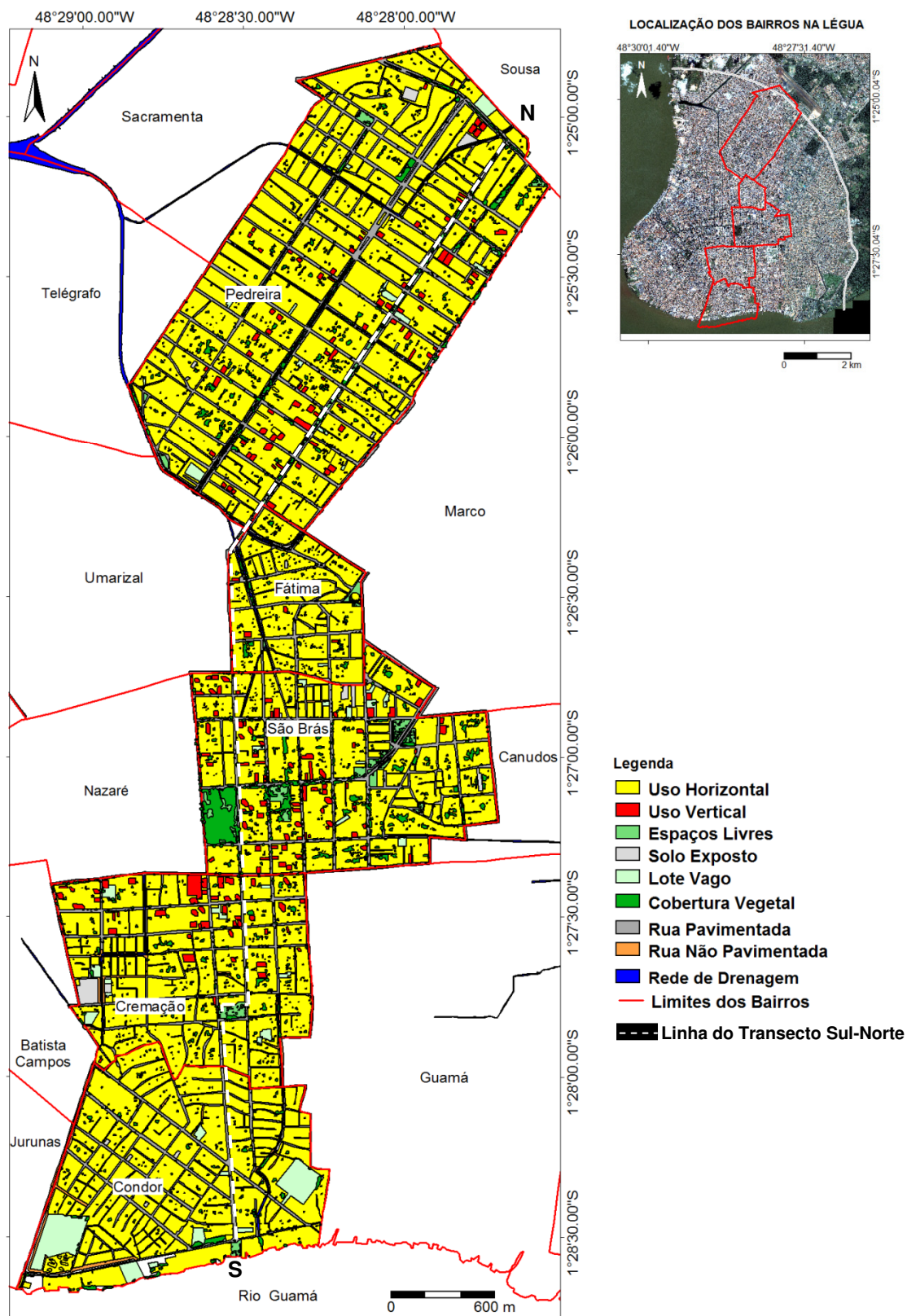


Fonte: Base cartográfica, Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., RODRIGUES, J. E. C. 2016).

6.2.2 Uso da terra dos bairros no percurso do Transecto Sul-Norte.

O transecto realizado (diurno e noturno), saindo do bairro da Condor ao sul da cidade, passando pelos bairros Cremação, São Brás, Fátima, finalizando no bairro da Pedreira, parte norte da cidade, apresenta uso heterogêneo (Figura 73). Como já foi relatado sobre os usos dos bairros da Condor e São Brás, será apresentado o uso dos demais bairros.

Figura 73 - Mapa de uso da terra dos bairros percorrido pelo Transecto Sul – Norte



Fonte: Base cartográfica, Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., Rodrigues, J. E. C. 2016).

Edificações - No bairro da Cremação, que tem uma área de 1.475.146,50 m², a classe horizontal apresenta 71,06% e a vertical 3,98%. O Bairro de Fátima, com área de 618.915,00 m², apresenta 71,37% de uso horizontal e 0,56% de uso vertical. O bairro da Pedreira, que tem área de 3.683.443,68 m², apresenta 71,56% de uso horizontal e 2,08% de ocupação vertical.

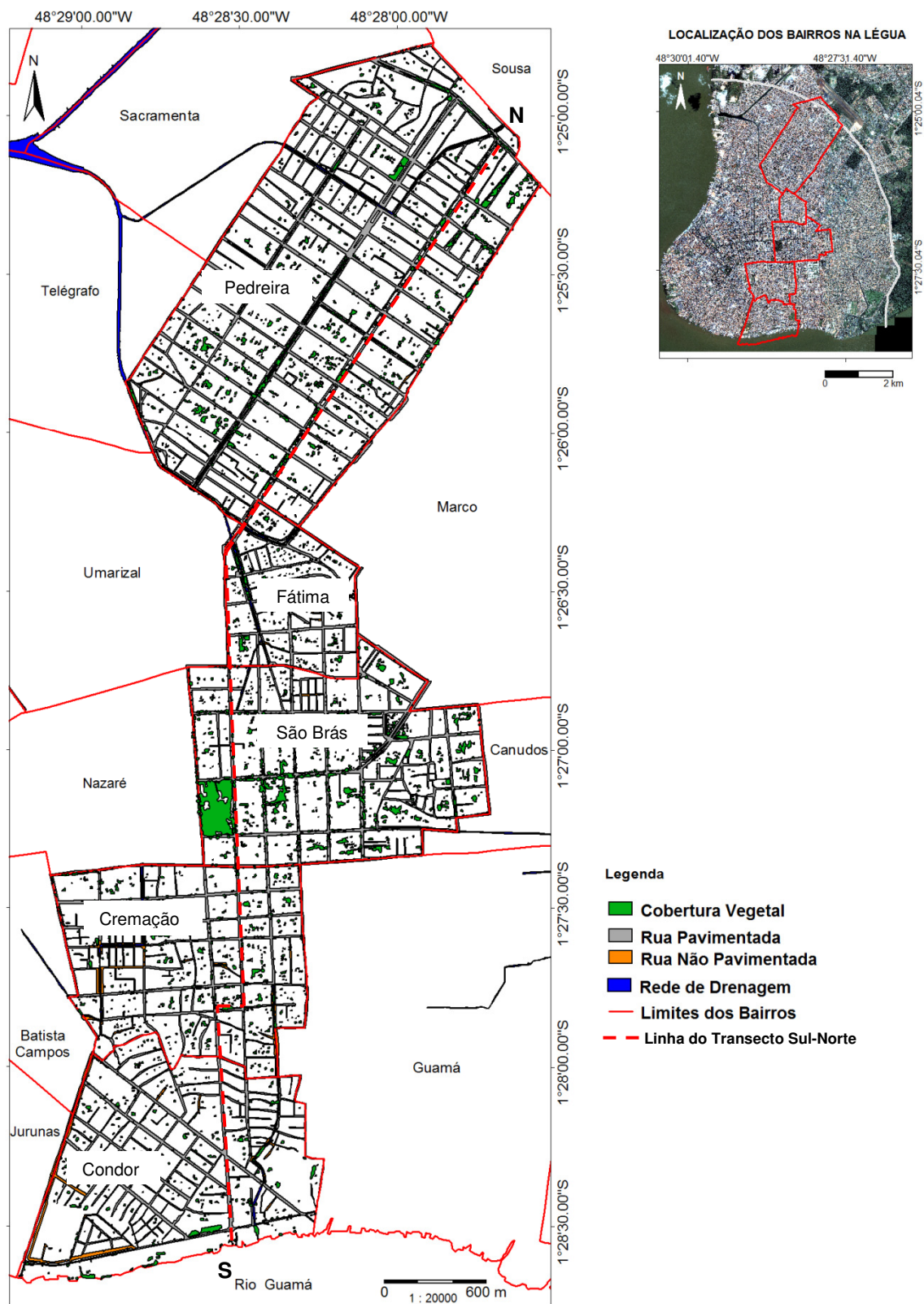
Espaços Livres - Os espaços livres, no bairro da Cremação, correspondem apenas 0,78%. O bairro de Fátima apresenta 1,86%, representada pela Praça da Igreja de Fátima e alguns canteiros viários. O mesmo ocorre no bairro da Pedreira, onde a área livre é de 1,93%, também representada apenas por uma praça e alguns canteiros em algumas ruas.

Solo Exposto e Lote Vago - As classes de solo exposto e lote vago, no bairro da Cremação, são de 1,23% e 1,84%, respectivamente. No bairro de Fátima representam 0,11% e 0,35%, respectivamente e, na Pedreira, o solo exposto representa 0,33% de lote vago 1,17%, os quais apresentam crescente valorização, pois é um dos bairros da Légua onde a verticalização está em amplo crescimento e expansão.

Vias - O sistema de vias do bairro da Cremação é de 14,42% de ruas asfaltadas e 2,44% de ruas não pavimentadas. O bairro de Fátima apresenta 21,50% de ruas pavimentadas e apenas 0,42% não pavimentadas. No bairro da Pedreira, as ruas são 18,63% pavimentadas e 0,16% não são pavimentadas, demonstrando que as ruas do bairro estão quase todas pavimentadas.

Cobertura Vegetal - Por fim, a Cobertura Vegetal no bairro da Cremação é de 4,23%, distribuída em 2,99%, na área construída; 0,20%, em espaços livres; 0,14% em lotes vagos; e 0,91% em vias. O bairro de Fátima apresenta 3,82%, distribuídos em 3,39%, na área construída, 0,21%, em espaços livres e 0,24% em vias. O bairro da Pedreira apresenta 4,10% de Cobertura Vegetal distribuída em 2,44%, na área construída, 0,70%, nos espaços livres, 0,21%, em lotes vagos e 0,78%, nas vias do bairro (Figura 74).

Figura 74 - Mapa de Cobertura Vegetal dos bairros percorrido pelo Transecto Sul – Norte.



Fonte: Base Cartográfica Fotografia aérea de Belém CODEM, 2013. (Org., Rodrigues, J. E. C. 2016).

A tabela 10 dá um resumo das classes de uso da terra que apresentam cobertura vegetal dos principais bairros que registraram dados de temperatura do ar, seja pelos pontos fixos como pelos transectos.

Tabela 10 - Principais classes de uso da terra e suas respectivas superfícies cobertas por vegetação³⁶.

Bairros	Área do bairro em m ²	Classes com cobertura vegetal	Área em m ²	%	Cobertura Vegetal	
					Área por classe (m ²)	% por classe
Campina	1.028.070,54	Área Construída	553.980,45	53,89	17.513,91	1,70
		Espaços livres	173.213,14	16,85	54.801,67	5,33
		Vias	220.260,84	21,42	8.300,53	0,81
Condor	1.708.833,70	Área Construída	1.249.077,95	73,10	37.166,09	2,17
		Espaços livres	5.021,82	0,29	746,28	0,04
		Vias	272.806,35	15,97	2.791,31	0,16
		Lote Vago	13.082,73	7,61	7.936,08	0,16
Nazaré	1.513.220,68	Área Construída	1.070.365,71	70,73	48.190,98	3,18
		Espaços livres	9.807,34	0,65	3.561,48	0,24
		Vias	252.156,49	16,66	114.614,20	7,57
		Lote Vago	13.748,94	0,91	397,28	0,03
Montese	2.436.550,85	Área Construída	1.953.785,55	80,19	52.615,86	2,16
		Espaços livres	4.420,42	0,18	0	0
		Vias	367.773,58	15,09	0	0
		Lote Vago	48.970,58	2,01	5.375,80	0,22
Canudos	777.342,98	Área Construída	589.960,32	75,87	39.955,52	5,14
		Espaços livres	248,27	0,03	0	0
		Vias	128.836,91	16,57	0	0
		Lote Vago	18341,96	2,36	0	0
Cremação	1.475.146,50	Área Construída	1.106.969,06	75,04	44.167,69	2,99
		Espaços livres	11.491,77	0,78	2.900,42	0,20
		Vias	248.817,88	16,86	13.361,98	0,91
		Lote Vago	27.104,39	1,84	2.129,33	0,14
São Brás	1.626.307,10	Área Construída	988.351,41	60,77	61.723,42	3,80
		Espaços livres	106.581,01	6,55	68.058,97	4,18
		Vias	323.398,44	19,88	48.394,80	2,98
		Lote Vago	18.945,24	1,16	2.064,67	0,13
Fátima	618.915,00	Área Construída	445.158,62	71,93	20.959,13	3,39
		Espaços livres	11.507,97	1,86	1.309,63	0,21
		Vias	135.663,9	21,92	1.501,21	0,24
		Lote Vago	2.160,1	0,35	0	0
Pedreira	3.683.443,68	Área Construída	2.712.454,41	73,64	90.001,39	2,44
		Espaços livres	71.259,51	1,93	25.852,27	0,70
		Vias	692.270,25	18,79	28.599,80	0,78
		Lote Vago	43.224,49	1,17	7.758,23	0,21

Fonte: produção do próprio autor (2016).

³⁶ Exclui-se da tabela os valores da classe solo exposto, pois a tabela está representando apenas as classes que apresentaram Cobertura Vegetal de porte arbórea. Portanto obtêm-se assim 100% uso da terra para cada bairro a partir da soma das classes de uso da terra (área construída, espaços livres, vias) + (Cobertura Vegetal) + (Solo Exposto), o que não está presente na tabela.

Os dados demonstram que apesar de constituírem as menores áreas, em alguns bairros, os espaços livres ainda são os que concentram os maiores números de vegetação. Por isso, os bairros que não há espaços livres, apresentam valores baixos e perdas aceleradas da vegetação, pois grande parte da Cobertura Vegetal encontra-se em espaços privados ou particulares, como quintais das residências o que não garante a permanência da vegetação.

Todos os bairros analisados apresentaram perda (-) entre os anos de 1977 a 1998, com exceção dos bairros da Campina, Fátima e Cremação que tiveram ganhos (+). Entre os anos de 1998 e 2006, apenas o bairro da Campina apresentou ganho na cobertura Vegetal. Entre 2006 a 2013 houve significativa perda na vegetação em todos os bairros (Quadro 09), porém com maior velocidade nos bairros que não apresentam espaços livres ou apresentam espaços livres muito reduzidas, como é o caso dos bairros da Condor, Montese, Canudos, Fátima, Pedreira. Como se verificou, grande parte da cobertura vegetal encontra-se na área construída do bairro, caracterizada como vegetação de quintais, com grande facilidade de ser subtraída, pelo processo de expansão e adensamento urbano.

Quadro 09 - Índice de Cobertura Vegetal por bairros por onde foram realizados os transectos (1977, 1998, 2006 e 2013).

Bairros	Índice de Cobertura Vegetal por ano (%)			
	1977	1998	2006	2013
Campina	7,23	(+) 8,29	(+) 8,32	(-) 7,84
Nazaré	15,73	(-) 15,08	(-) 11,37	(-) 11,02
Condor	7,79	(-) 5,09	(-) 3,14	(-) 2,82
Montese	51,93	(-) 4,84	(-) 2,51	(-) 2,38
Canudos	13,71	(-) 10,08	(-) 7,56	(-) 6,24
Cremação	5,19	(+) 8,17	(-) 5,08	(-) 4,07
São Brás	14,37	(-) 14,28	(-) 12,13	(-) 11,08
Fátima	5,85	(+) 6,36	(-) 3,94	(-) 3,82
Pedreira	12,90	(-) 8,11	(-) 5,15	(-) 4,10

Fonte: produção do próprio autor (2016).

Esta combinação entre temperatura do ar, uso da terra e Cobertura Vegetal, permite em fazer uma breve caracterização ambiental da Primeira Léguas.

CAPÍTULO 7. INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL DA PRIMEIRA LÉGUA PATRIMONIAL

Como já se sabe que a urbanização interfere diretamente no clima urbano e, conseqüentemente, na qualidade ambiental de uma cidade, é válido então sabermos, nesse caso aqui específico, quais os locais da Primeira Léngua Patrimonial que tendem a se caracterizar como ambiente satisfatório, do ponto de vista climática e de Cobertura Vegetal.

Para a análise ambiental da Primeira Léngua Patrimonial, não optou-se por utilizar nenhuma fórmula, mas sim adotou-se alguns indicadores que contribuem para a variação da temperatura do ar nos bairros da Léngua. Esses indicadores, (edificações, vias e espaços livres arborizadas, Cobertura Vegetal arbórea e população) de forma bastante simples, por meio de sobreposição ao mapa de temperatura do ar elaborada a partir do transecto diurno, ajudam a identificar áreas mais quentes, representadas em mapa síntese.

Este tipo de trabalho traz grandes contribuições para fins de planejamento urbano, pois como considera Lima e Amorim:

Os problemas relacionados ao meio ambiente têm sido observados com mais intensidade nas cidades, portanto, os estudos relacionados com a qualidade do ambiente urbano podem contribuir para melhorar o planejamento a partir da geração de políticas capazes de tornar o uso e a ocupação do solo nas cidades menos impactantes ao meio ambiente, e melhorar a qualidade de vida da população, que necessita de um ambiente ecologicamente equilibrado (LIMA e AMORIM, 2006, p.70).

Nesse mesmo artigo, as autoras apontam para a importância do planejamento urbano, como mecanismo que ajuda a amenizar graves problemas urbanos que afetam diretamente a qualidade de vida da população:

A qualidade de vida urbana está diretamente atrelada a vários fatores que estão reunidos na infraestrutura, no desenvolvimento econômico-social e àqueles ligados a questão ambiental. No caso do ambiente, constitui-se elemento imprescindível para o bem-estar da população, pois a influencia diretamente na saúde física e mental da população. (LIMA e AMORIM, 2006, p.71).

Portanto, para uma cidade quente como Belém, melhorar os índices de cobertura vegetal e amenizar os altos índices de temperatura se torna um grande

desafio. Conhecer as áreas críticas de nossa cidade, do ponto de vista da temperatura, pode contribuir para o planejamento de criação e manutenção de espaços mais arborizados. A vegetação contribui significativamente para redução da temperatura, e atua em outras funções sócioecológicas que se refletem, diretamente, na qualidade de vida e ambiental da cidade.

7.1. Indicadores de Densidade Vertical da Légua Patrimonial

A verticalização na cidade de Belém começou por volta dos anos 40, sendo iniciada em uma das principais avenidas da cidade, Av. Presidente Vargas (bairro da Campina), que, segundo a lei estadual nº 3.450 de 6 de outubro de 1956, determinava que os empreendimentos nessa avenida fossem de até 12 (doze) pavimentos, enquanto que em outras avenidas como av. Portugal, Boulevard Castilho França, Assis de Vasconcelos, a lei estabelecia até 10 (dez) pavimentos (OLIVEIRA, 1992).

Contudo, a verticalização desenvolvida em Belém não levou em consideração o rigor da lei, pois, a cidade já possuía edifício com vinte e seis pavimentos em 1954, o famoso Manoel Pinto da Silva, localizado na esquina das Avenidas Presidente Vargas com Nazaré, para onde a verticalização tomou direção.

Segundo Oliveira (1992), o processo de verticalização se espraiou para outros bairros da área central da Légua, a partir da década de 1970, e se intensificou principalmente nos bairros do Reduto, Umarizal, Nazaré e Batista Campos, por serem bairros localizados em tabuleiros, pela proximidade da avenida Pres. Vargas que concentrava o comércio e diversos serviços. Houve a aproximação das principais praças da República, Batista Campos e Justo Chermont (atual Praça Santuário de Nazaré), consideradas importantes áreas de lazer.

Além desses fatores, a verticalização, na área central, priorizou as áreas equipadas com esgoto sanitário e galerias pluviais para se resguardar de possíveis alagamentos, que acontecem constantemente em outras partes da área central.

Atualmente, a verticalização em Belém assume características bem diferentes de décadas anteriores. A maioria dos empreendimentos é de médio a alto padrão, erguido com gabarito de vinte a trinta andares e que contemplam piscina, quadra de esporte, playground, solário, sauna, salão de festas, sala de jogos, com vaga para

um dois ou até três veículos, tudo para tornar o empreendimento atrativo ao consumidor. Esse tipo de empreendimento ocorre, principalmente, nos bairros de Nazaré, Batista Campos, Umarizal e São Brás, que, juntos concentram grande parte da verticalização de Belém. Observa-se que a expansão da verticalização toma direção ao nordeste da cidade, principalmente para os bairros do Marco e Pedreira, que apresentam o mesmo padrão construtivo.

Bairros bastante segregados como Barreiro, Montese, Condor ainda não apresentam nenhuma verticalização, primeiro por ainda não reunirem condições de infraestrutura o suficiente para a expansão da verticalização, pois estes bairros se encontram em áreas de planície de inundação, que ainda precisam passar por grandes intervenções de macrodrenagem e infraestrutura em suas bacias; e, segundo, ainda apresentam muitas desigualdades sociais.

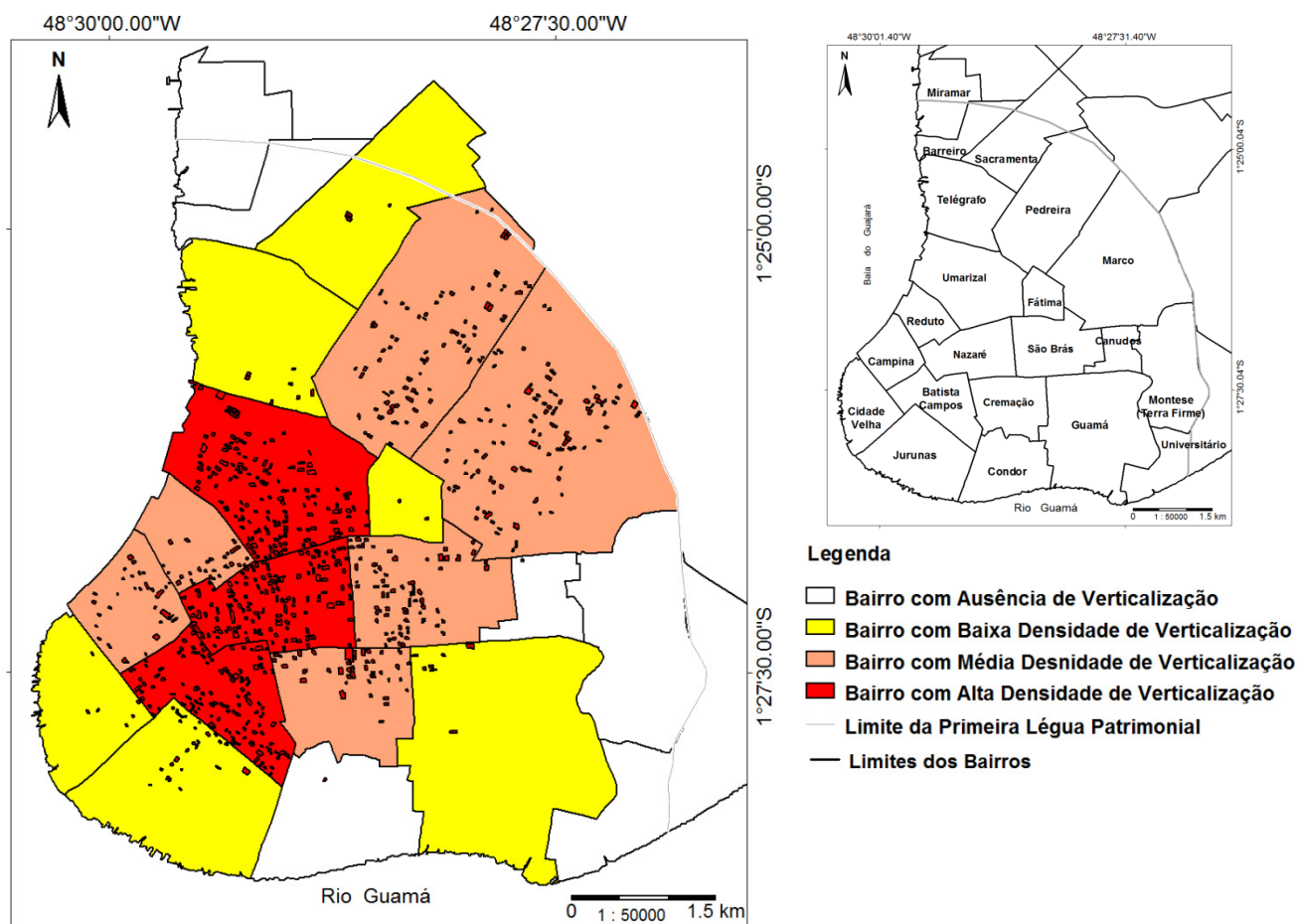
As estimativas consideradas para a análise da densidade da verticalização foram: bairros com ausência de verticalização, baixa, média e alta densidade de verticalização (Figura 75).

A preocupação do impacto da verticalização no clima da cidade de Belém está relacionada com a altura dos prédios, causando interferência na circulação dos ventos, tendo em vista que os prédios se erguem em direção a nordeste, orientação predominante dos ventos que circulam sobre a cidade. Os tipos de materiais utilizados na construção, principalmente material espelhado, cerâmica de revestimento das fechadas, que apresentam grande potencial energético de emissividade e reflectância, e os intensos usos de condicionadores de ar contribuem para o aumento da temperatura interna da cidade (NASCIMENTO, 1995). Essa nítida relação entre alta densidade de edificações verticais com o aquecimento das áreas, já foi demonstrada por meio dos pontos fixos que indicaram que os bairros da Campina e Nazaré apresentam os maiores valores de temperatura diurna. O transecto noturno, indicou os maiores valores de temperatura durante a noite.

O impacto negativo da verticalização na Cobertura Vegetal ocorre por conta da retirada da vegetação que colonizava os quintais e lotes vagos para dar lugar aos novos empreendimentos, pela pressão sobre a arborização de vias que sofrem com o peso da urbanização, causando quedas de vegetais, perda do seu dossel para dar lugar à fiação de distribuição de energia, telefonia e fibra ótica, para transmissão de

internet, tendo em vista que a verticalização ocorre na área mais arborizada da cidade de Belém.

Figura 75 - Mapa de distribuição das edificações verticais dos bairros da Primeira Léguas.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

7.2. Indicadores de espaços livres da Léguas Patrimonial

Os espaços livres foram classificados como praças, parques, canteiros de vias e cemitérios, espaços onde a população tem livre acesso, utilizando para realização de alguma atividade física, descanso, meditação, lazer; essas áreas apresentam alguma contribuição para a qualidade ambiental da cidade.

Esses espaços são muito reduzidos, quando analisados, a partir da extensão da Primeira Léguas. Muitos deles são amplos, bem arborizados, com excelente estado de conservação, porém existem espaços livres que são muito reduzidos, em

precário estado de conservação e com reduzida ou, muitas vezes, inexistente arborização.

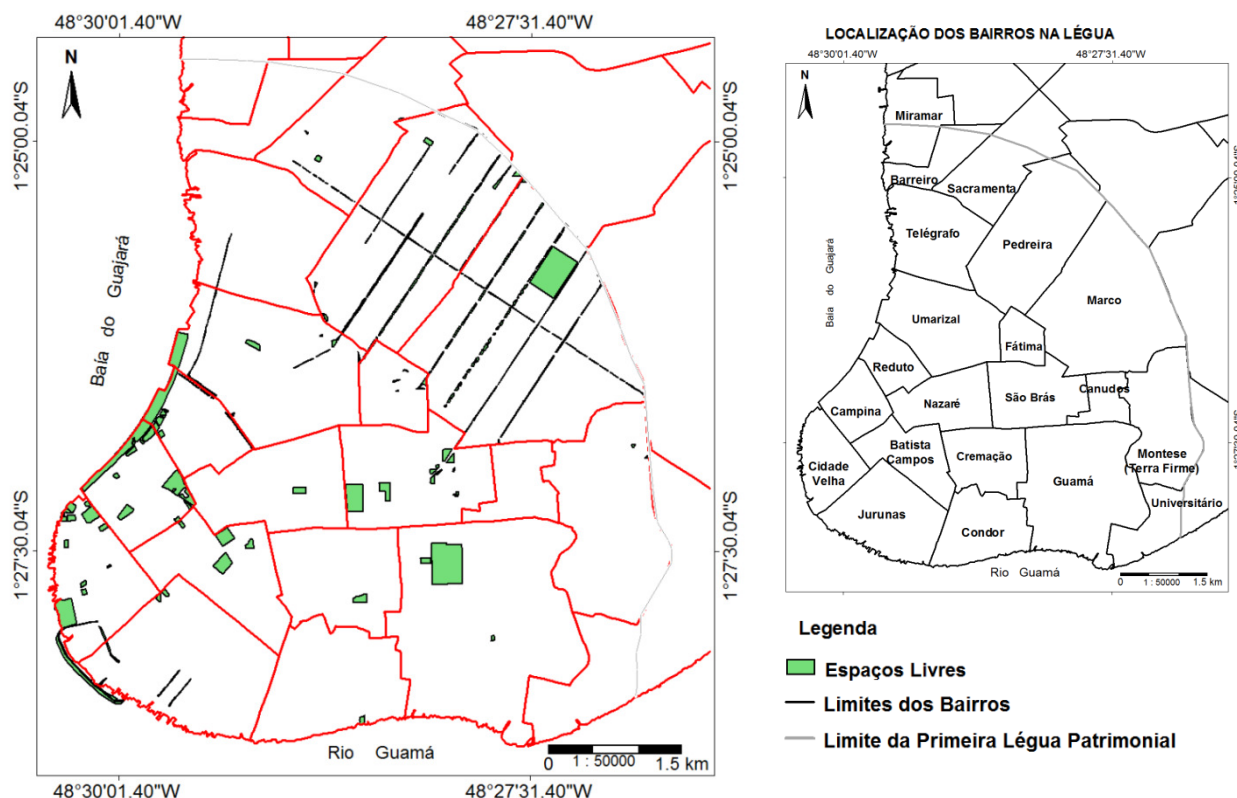
O mapa de espaços livres foi gerado com finalidade de demonstrar sua espacialização, não havendo a preocupação em identificá-las (Figura 76).

Ao todo, foram levantados, na área da Légua, 39 praças, 4 parques, 30 canteiros e 2 cemitérios. Esses espaços concentram significativa arborização e se localizam, principalmente, na porção mais central da Légua, deixando alguns bairros mais periféricos como Barreiro, Miramar, Telégrafo, Montese, Canudos, quase que totalmente vazios em relação a praças e parques. Nesses bairros, observa-se que os lotes destinados a esse fim são muito pequenos, e muitos deles situados às margens da Légua, dificultando a arborização.

Outros bairros como Pedreira e Marco apresentam avenidas ou vias de acesso com canteiros centrais, como se observa no mapa as linhas que acompanham alguns sistemas viários e que apresentam vegetação formando corredores arborizados.

No bairro do Marco está localizado o Jardim Botânico Rodrigues Alves, que preserva vegetação genuinamente nativa, remanescente da Floresta Amazônica. No bairro de São Brás, localiza-se também o Parque Zoobotânico Emilio Goeldi.

Figura 76 - Mapa dos espaços livres destacando a área de ocorrência na Légua.



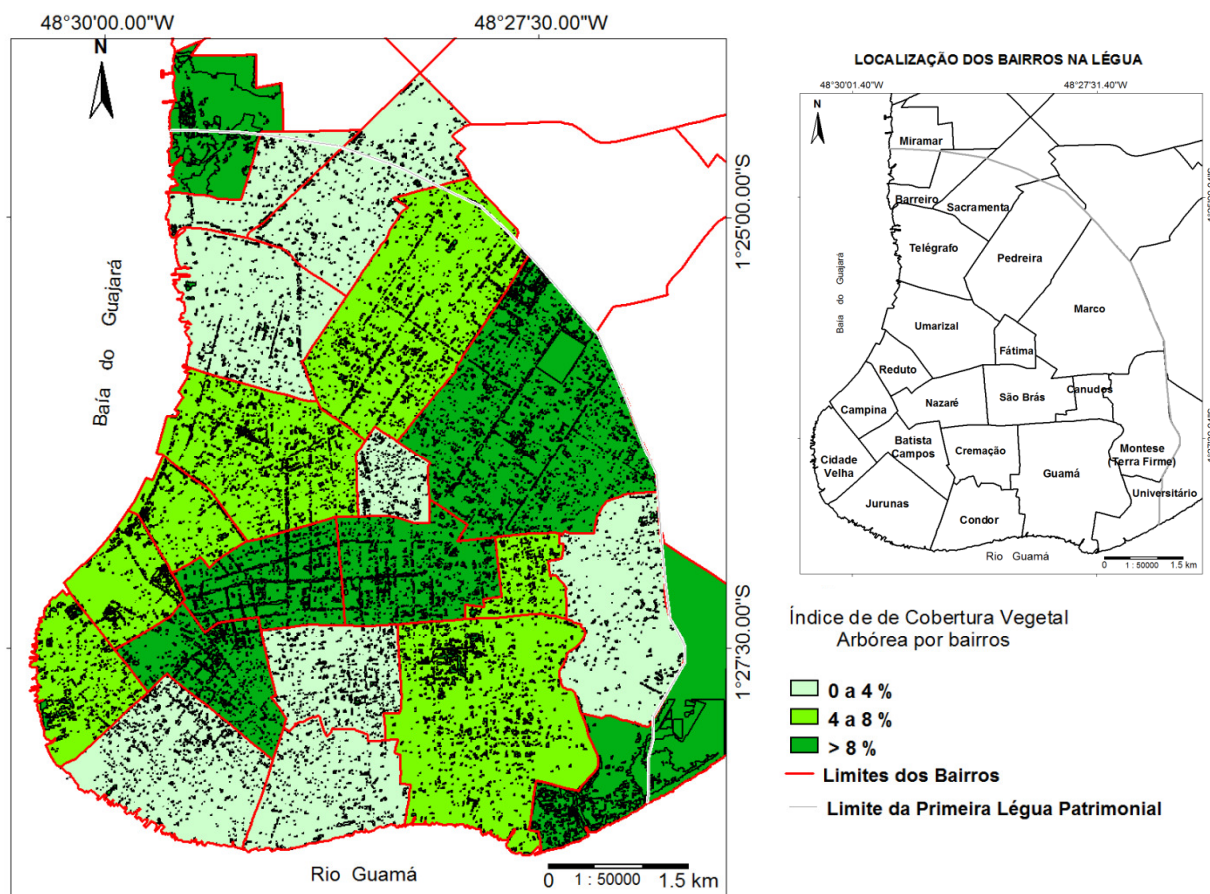
Fonte: produção do próprio autor (2016).

7.3. Indicadores de Cobertura Vegetal da Légua Patrimonial

Define-se como Cobertura Vegetal nesse trabalho as "manchas de vegetação" de porte arbóreo, visualizadas a olho nu, em fotografias aéreas e imagens de satélite de alta resolução.

As coberturas vegetais, mapeadas na Primeira Légua, incluem a arborização de rua, as praças, canteiros, parques e fundo de quintais, representada no mapa de Índice de Cobertura Vegetal (Figura 77)

Figura 77 - Mapa de Cobertura Vegetal dos bairros da Primeira Léguas.



Fonte: produção do próprio autor (2016).

Adotamos o índice em porcentagem, que gerou três intervalos de classes, nos quais o índice de vegetação de 0 a 4% são áreas classificadas como deserto florísticos; de 4 a 8% áreas abaixo do recomendado, porém não caracterizam bairros como desertos florísticos; e > 8% não é o índice esperado, mas classifica-se como áreas satisfatórias, do ponto de vista da arborização em relação às outras áreas da cidade.

A mancha de vegetação está distribuída por todo o distrito, porém alguns bairros da área central (Batista Campos, Nazaré e Marco) apresentam maior concentração do que outros. A boa arborização desses bairros se destaca por conta da arborização de ruas com mangueiras.

Chama-se a atenção, também, para os bairros com vegetação muito abaixo mais ao norte (Barreiro, Telégrafo e Sacramento), ao sul (Cremação, Condor e

Jurunas) e a leste (Montese), com menos de 5% de vegetação. Esses bairros podem ser nomeados como “desertos florísticos” (NUCCI 2008).

A cobertura vegetal, como indicador, associa-se com o aumento da umidade e a amenização da temperatura do ar, a qual apresentou queda ao longo do transecto, principalmente, nos trechos de ruas arborizadas.

Apesar de todos os benefícios que a vegetação traz à população, inclusive de amenizar as temperaturas, de abrigar em sua sombra em dias ensolarados, a Cobertura Vegetal vem sendo drasticamente reduzida dos espaços públicos e privados, sofrem com vandalismo e podas irregulares, são retiradas para dar lugar à entrada de veículos. As árvores, no fundo dos quintais, são fáceis de serem cortadas, que nos leva a concluir que em lugares sem ou com baixa quantidade de vegetação (abaixo de 5%) a qualidade ambiental é bem inferior à desejável e bem comprometida, quando levamos em consideração as temperaturas da cidade, como as de Belém-Pa.

7.4. Indicador de ruas pavimentadas e arborização de vias

Uma cidade com alto grau de ruas e avenidas asfaltadas e sem arborização interfere diretamente na qualidade ambiental da cidade, pois provocam alterações significativas na temperatura do ar.

O asfalto, quando exposto à radiação direta do sol, leva as temperaturas superficiais do pavimento a atingir até 50°C, quando não há nenhum tipo de Cobertura Vegetal, ocasionando mudança na temperatura do ambiente urbano e liberando alta energia, tanto de dia quanto à noite.

A energia térmica contida no asfalto, considerado um material opaco, somada à grande concentração de veículos nas vias, leva à liberação de calor antropogênico, elevando significativamente a temperatura do ar do ambiente.

Quando a via apresenta arborização, essas elevadas temperaturas do asfalto podem cair consideravelmente, pois as árvores interceptam a radiação direta, reduzindo as temperaturas superficiais do pavimento. Daí a importância de manter e arborizar ruas e a avenidas que apresentam capeamento asfáltico.

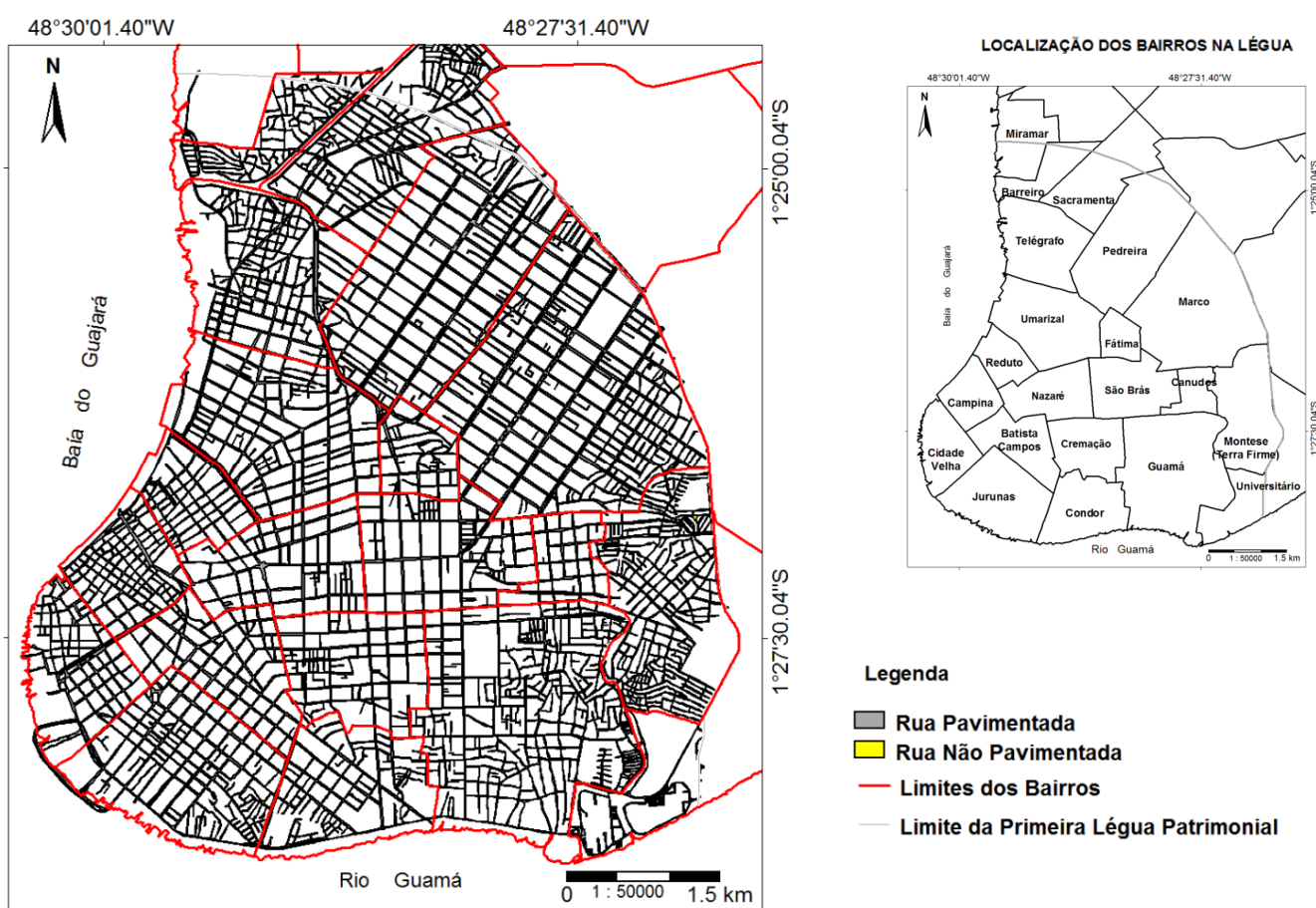
Dos 21 bairros que constituem a Primeira Léguas Patrimonial, quatro bairros, Campina, Cidade Velha, Nazaré e Reduto apresentam todas as ruas asfaltadas,

porém apenas o bairro de Nazaré apresenta quase todas as ruas arborizadas. Do total de ruas e avenidas deste bairro 45,45% delas são arborizadas na forma linear e contínua. Na Campina, do total de ruas e avenidas, 23,84% arborizadas, na forma linear e contínua, isoladas e desconectadas.

O bairro do Reduto apresenta 20,83% de suas vias arborizadas, parte linear e contínua e parte isolada e descontínua. Por fim o bairro a Cidade Velha apresenta apenas 10,77% de suas vias arborizadas também com parte linear e contínua e parte isolada e descontínua.

Os demais bairros não apresentam ruas totalmente asfaltadas. Com 99%, encontram-se os Bairros da Batista Campos, Canudos, Pedreira, São Brás; com 98% Fátima, Miramar e Umarizal; com 97% Barreiro; com 94% o Marco; com 91% o Universitário; com 90% a Sacramento; com 88% o Guamá; com 86% os bairros da Cremação e Jurunas; com 85% o Telégrafo; a Condor com 82% e com 76% de ruas pavimentadas o bairro do Montese (Terra Firme) (Figura 78).

Figura 78 - Mapa de ruas pavimentadas e não pavimentadas dos bairros da Primeira Légua (2013).



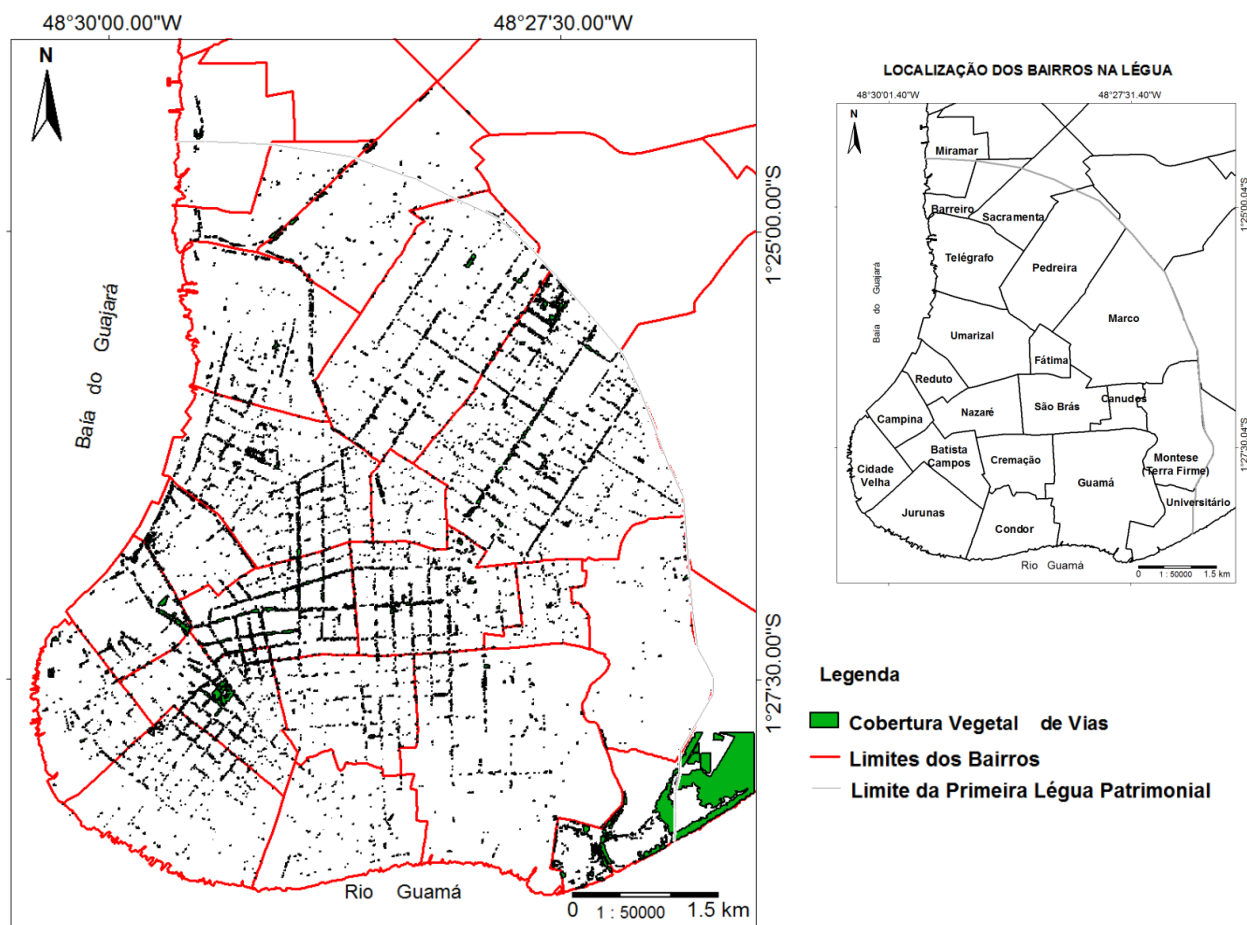
Fonte: produção do próprio autor (2016).

Dos bairros que ainda não apresentam suas vias totalmente asfaltadas, a arborização das vias vai diminuindo no sentido centro periferia (norte, sul). Do total de ruas que cada bairro apresenta, apenas os bairros do Marco (50,95%), de Batista Campos (43,51%), Umarizal (27,53%), São Brás (14,97%) e Pedreira (4,13%) apresentam arborização de vias linear e contínua.

Os demais bairros da parte sul da Légua apresentam os seguintes índices: o bairro do Jurunas apresenta 18,55% das suas ruas arborizadas, sendo parte linear contínua, mais ao norte do bairro, e parte isolada e descontínua. O Guamá apresenta 15,98%, das suas ruas arborizadas, sendo parte linear contínua, localizada mais a NW do bairro, e parte isolada e descontínua; o bairro da Cremação 5,37% de suas ruas arborizadas na forma linear espaçada; o bairro de Canudos 4,37% de vias arborizadas na forma isolada e dispersa; Montese com 1,46% de suas vias arborizadas, na forma isolada dispersa. Por fim, o bairro da Condor com apenas 1,02% de suas ruas arborizadas, na forma apenas isolada dispersa.

Dos bairros da parte norte da Légua, o Telégrafo apresenta 18,01% de ruas arborizadas em forma parcialmente linear contínua e isoladas dispersas; o bairro do Barreiro, do total de ruas, 7,36% apresenta arborização, sendo apenas linear nas ruas que margeiam o canal do Una e isolada e dispersas, nas demais vias. O bairro da Sacramento apresenta 7,35% de suas ruas arborizadas, na forma isolada e dispersa (Figura 79).

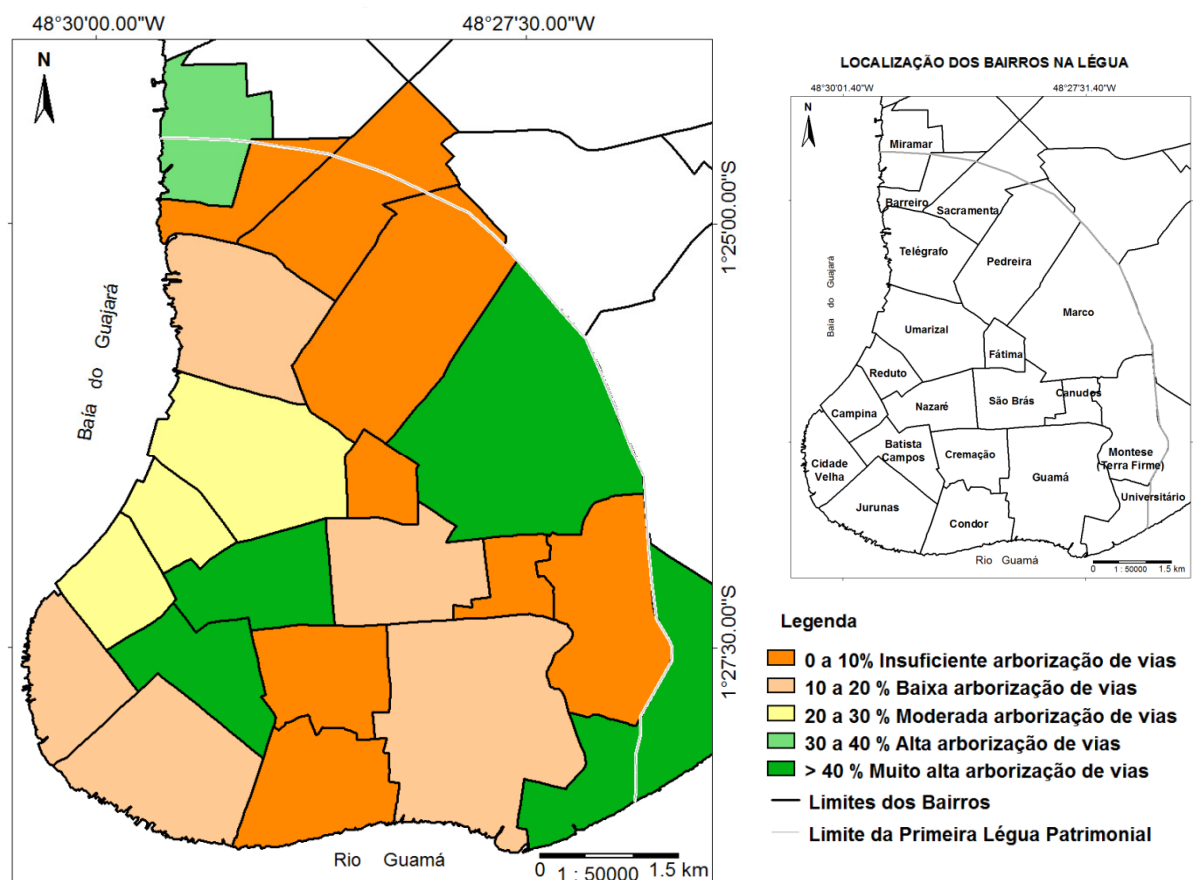
Figura 79 - Mapa de arborização das vias dos bairros da Primeira Léguas 2013.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Baseado nos totais de vias pavimentadas, não pavimentadas e de arborização das vias, a partir desse cruzamento, estimou-se cinco classes para o Índice de Densidade de Vias Arborizadas satisfatória, que foram: insuficiente arborização de vias, baixa arborização de vias, moderada arborização de vias, alta arborização de vias e muito alta arborização de vias. Essas duas últimas classes não são as esperadas, mas classifica-se como áreas satisfatórias, do ponto de vista da arborização, para um bom equilíbrio térmico e qualidade ambiental (Figura 80).

Figura 80 - Mapa de Densidade de Vias Arborizadas dos bairros da Primeira Légua 2013.



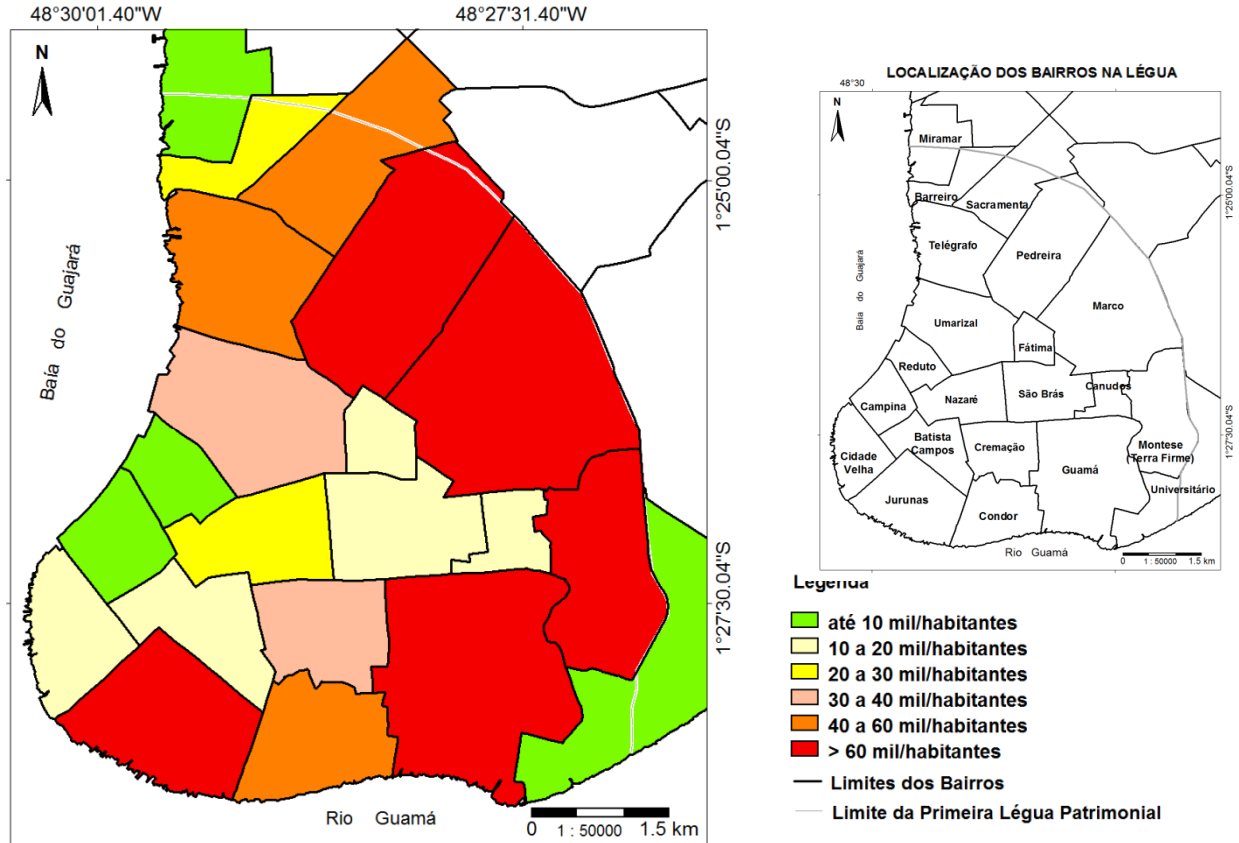
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

7.5. Indicador de Densidade Populacional da Légua Patrimonial

A análise da concentração populacional baseou-se nos dados do Censo demográfico de 2010 do IBGE, para os bairros da Primeira Légua. Foram utilizados dados do total da população dos 21 bairros que, juntos, somam 686.954 habitantes (Censo 2010 IBGE). A distribuição da população proporcionou a distinção de seis intervalos de classes, assim organizada: em até 10 mil/hab., de 10 a 20 mil/hab., de 20 a 30 mil/hab., 30 a 40 mil/hab., 40 a 60 mil/hab., e > 60 mil/hab. (Figura 81).

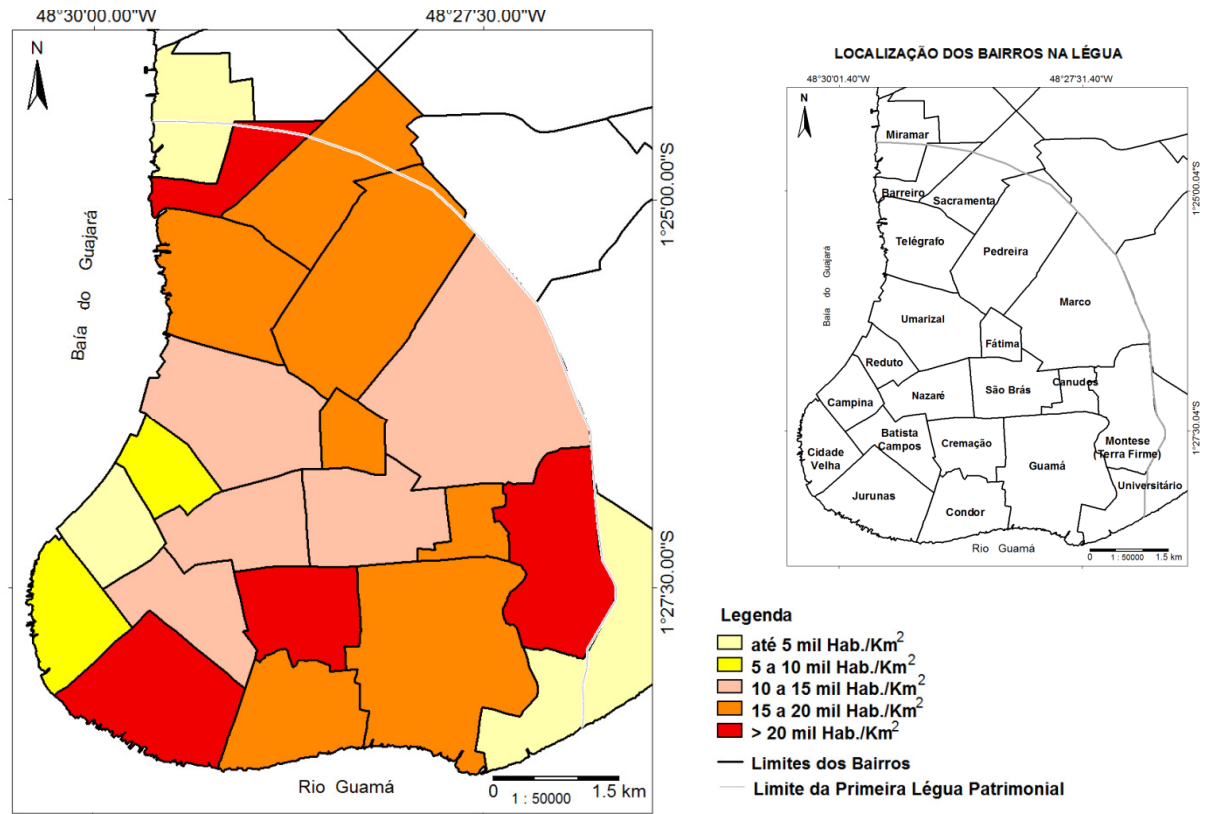
Essa estimativa populacional por bairros proporciona mensurar a densidade populacional, que é o número médio de indivíduos divididos pela área que ocupam, ou seja, o número de pessoas dividido pela área total do bairro. Esta análise proporcionou a organização de cinco classes de densidade: até 5 mil hab./Km²; de 5 a 10 mil hab./Km²; de 10 a 15 mil hab./Km²; de 15 a 20 mil hab./Km² e > 20 mil hab./Km² (Figura 82).

Figura 81 - Mapa de População dos bairros da Primeira Légua (2010).



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

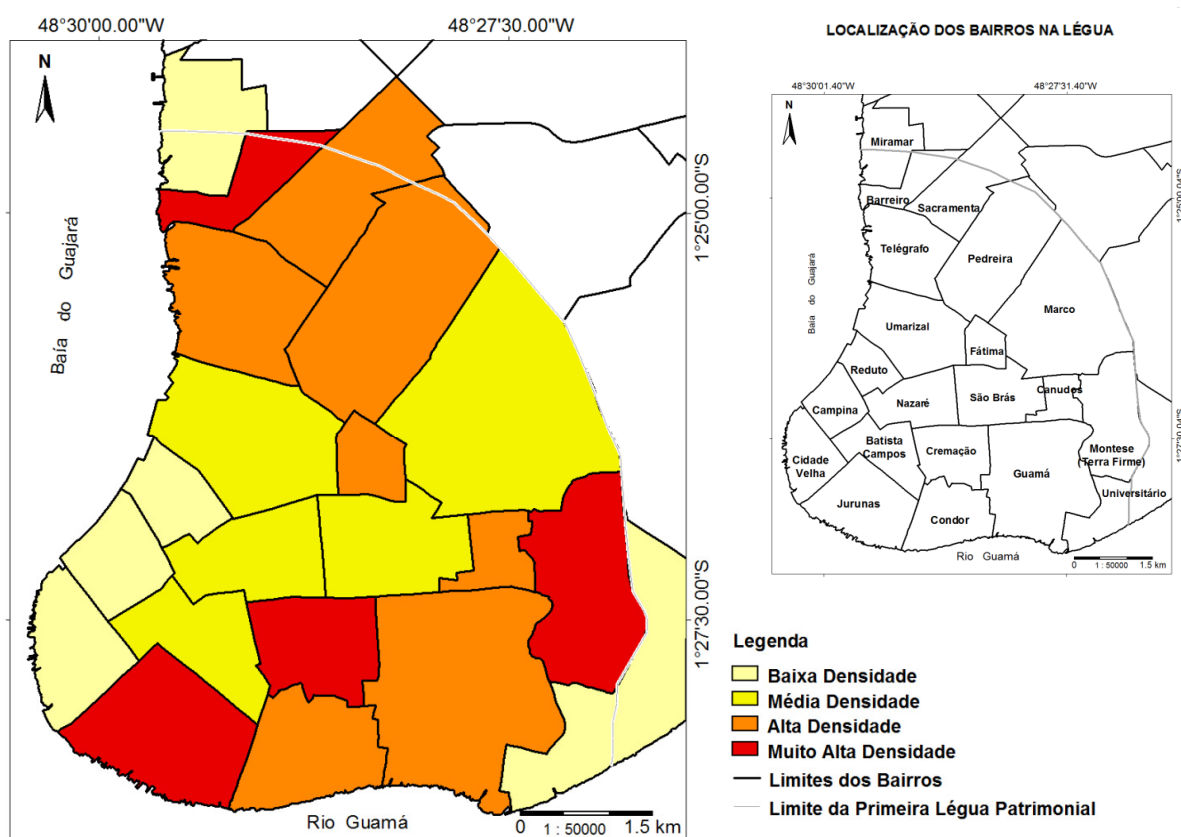
Figura 82 - Mapa de densidade populacional de habitantes/Km² dos bairros da Primeira Légua (2010).



Fonte: Produção do próprio autor (2016)

Com o mapeamento da população e da densidade de habitantes por Km² da Primeira Légua, pode-se, então, estimar as áreas com muito alta densidade, alta densidade, média densidade e baixa densidade (Figura 83).

Figura 83 – Mapa de índice de densidade populacional de habitante por Km² dos bairros da Primeira Légua.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Em termos gerais, percebe-se que a densidade demográfica é baixa em bairros como Cidade Velha, Campina, Reduto considerados bairros mais antigos e consolidados no processo de ocupação; e, nos bairros de Miramar e Universitário, que apresentam áreas restritas à ocupação, com estimativa de até 10 mil habitantes/Km².

Nos bairros considerados mais nobres, Nazaré, Batista Campos Umarizal, Marco e São Brás, estima-se a densidade com média entre 10 a 15 mil habitantes por Km², sendo também uma espécie de divisor populacional, separando os bairros com maior densidade ao norte e ao sul da Légua.

Os bairros estimados como alta densidade (Fátima, Pedreira, Sacramento Telégrafo ao norte. Canudos, Guamá e Condor mais ao sul), com estimativa de 15 a 20 mil habitantes por Km² e muito alta densidade (Barreiro, ao norte, Cremação, Jurunas ao sul, e Montese, a leste) são, em grande parte, considerados bairros periféricos e nem tanto periférico como, por exemplo, o bairro da Cremação, com estimativa acima de 20 mil habitantes por Km².

Esses bairros com alta e muito alta densidade populacional, sofrem com desconforto térmico, deficiência no abastecimento de água e tratamento de esgoto, lixo, poluição sonora, precariedade das moradias, escassez de espaços livres para o lazer, e arborização urbana, o que leva uma deterioração qualidade da vida urbana

Comparando os mapas de densidade populacional com os mapas de temperaturas do transecto diurno, observa-se que os bairros com alta e muito alta densidade, tanto ao norte como ao sul da Légua, estão entre as áreas com maiores temperaturas e menor umidade relativa do ar, considerando que a área central que obteve menores registros térmicos e maior umidade relativa do ar, possui densidade média de moradores permanentes.

7.6. Análise do mapa síntese de Indicador de Qualidade Ambiental segundo os registros térmicos e de cobertura vegetal da Primeira Légua Patrimonial

O mapa síntese de qualidade ambiental pela perspectiva térmica, é uma síntese resultante do cruzamento de seis atributos espacializados: Indicadores de Densidade Vertical, de Espaços Livres, Cobertura Vegetal, Ruas Pavimentadas, Arborização de Vias e Densidade Populacional, que corroboram para a variação da temperatura do ar intraurbana e o mapa de temperatura do ar. O mapa foi elaborado a partir do transecto diurno.

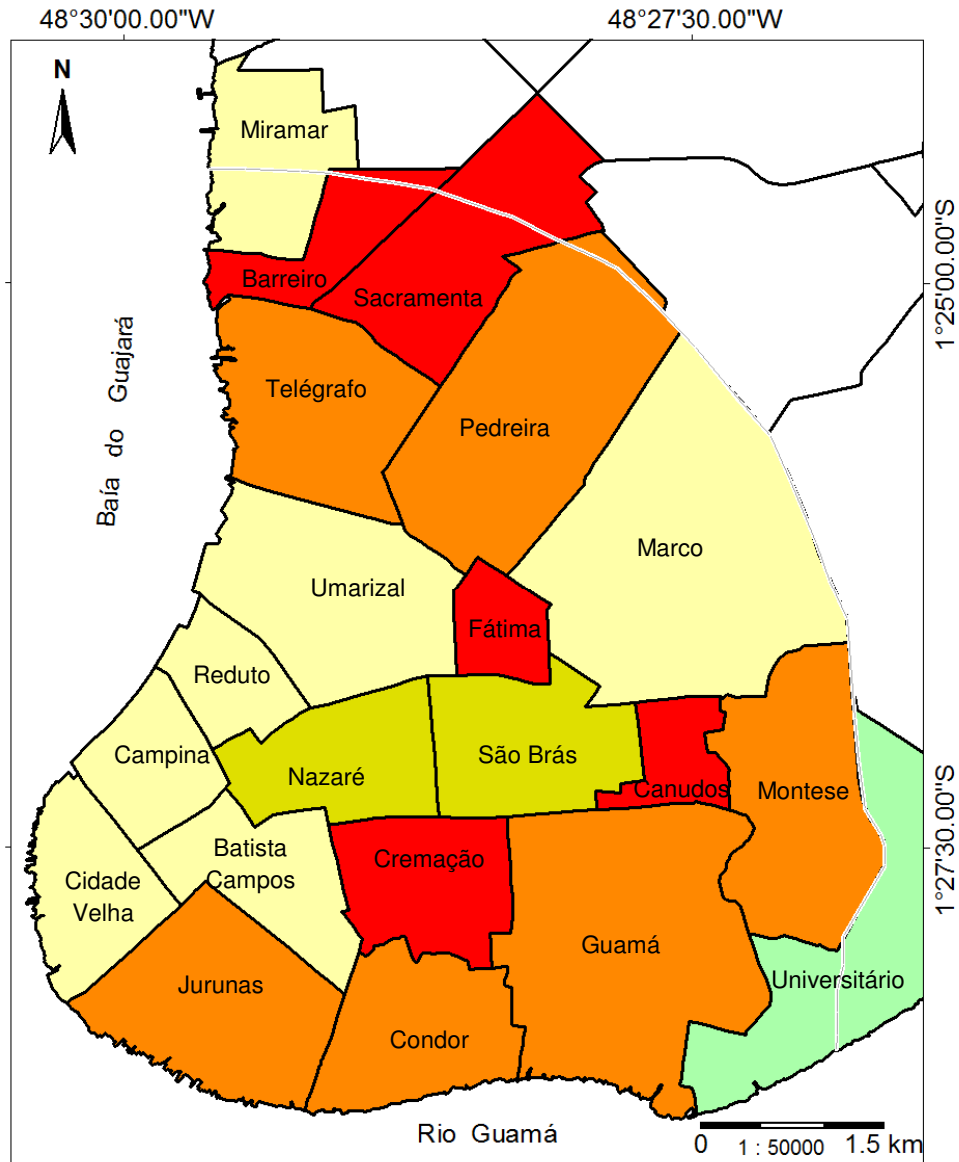
Observando o comportamento de cada atributo, por bairro, obteve-se um padrão predominante de atributos que contribuem para a alteração da temperatura na cidade, o que levou ao conhecimento, assim, das áreas com maior e menor criticidade. O cruzamento dos índices gerou uma legenda de atributos de alteração da temperatura que vai de 1 a 5 (Figura 84).

O Mapa de Qualidade Ambiental apresenta uma valoração qualitativa, pois como se trata de áreas grandes como bairros, devemos analisar de forma relativa,

pois estamos trabalhando com generalizações, ou seja, o bairro que apresenta os cinco atributos negativos que contribuem para o aumento da temperatura intraurbana apresenta uma pior qualidade ambiental em relação aos bairros que apresentam entre cinco, quatro, três, dois, um ou nenhum, estes caracterizados como melhores bairros na qualidade ambiental.

A organização desses cinco atributos em grau de importância para a qualidade ambiental, certamente deve ser levada em consideração no planejamento da cidade de Belém, tanto para área central como para as novas áreas de expansão.

Figura 84- Mapa síntese de qualidade ambiental dos bairros da Primeira Léguas.



Número de Atributos	Bairros	Atributos de Alteração da temperatura do ar	Indicadores
5 atributos	Barreiro Canudos Cremação Fátima Sacramenta	Espaços Livres	Baixa a insistente
		Cobertura Vegetal	Baixa
		Ruas pavimentadas	Alta
		Arborização de Vias	Baixa a insistente
		Densidade Populacional	Alta
4 atributos	Condor Guamá Jurunas Montese Pedreira Telégrafo	Espaços Livres	Baixa a insistente
		Cobertura Vegetal	Baixa
		Ruas pavimentadas	Alta
		Densidade Populacional	Alta
3 atributos	Nazaré São Brás	Espaços Livres	Baixa
		Ruas pavimentadas	Alta
		Verticalização	Alta
2 atributos	Batista Campos Campina Cidade Velha Marco Miramar Reduto Umarizal	Espaços Livres	Baixa
		Ruas pavimentadas	Alta
1 atributo	Universitário	Ruas pavimentadas	Alta

O Mapa Síntese apresenta significativa correlação com mapa de temperatura do ar gerado pelo do transecto diurno. Os bairros da parte mais ao sul e norte da Légua, foram os que apresentaram maiores índices de temperatura.

Quando analisado os atributos que concorrem para a elevação da temperatura, vamos ao encontro do que Silva Junior (2012) já apontava, para o qual os bairros da parte norte (Barreiro, Sacramento, Pedreira, Telégrafo e Fátima) e da porção sul da Légua (Jurunas, Condor, Cremação, Guamá, Montese e Canudos) apresentavam maior desconforto térmico, pois são os que estão posicionados entre 4 e 5 atributos.

Entre esses atributos, estão a falta de espaços livres e ruas arborizadas, altos índices populacionais, alto grau de ruas pavimentadas. Apesar de alguns bairros não apresentarem verticalização, a falta de arborização contribui para maiores valores de temperatura do ar.

Na parte mais central da Légua, que abrange os bairros Marco, São Brás, Nazaré, Batista Campos, Umarizal, Reduto, Campina e Cidade Velha, Silva Junior (2012) considera que, em função da grande concentração de arborização e verticalização, há a geração de um efeito de sombreamento, que ajuda a amenizar o desconforto térmico para os pedestres.

Não se quer afirmar aqui que a arborização da cidade vá resolver os graves problemas relacionados com a variação de temperatura do ar na Légua, no entanto, alguns indicadores podem ser melhorados, principalmente os de qualidade ambiental, no que tange ao cumprimento das funções sociais, educativas, ecológicas, estéticas e climáticas exercidas pela Cobertura Vegetal, pois muitos bairros de Belém apresentam carência dessas funções.

Portanto, espera-se que os diferentes setores da sociedade, junto com o poder público municipal e até estadual, percebam que a cidade, pelo aspecto da arborização e dos altos registros de temperatura, necessita de cuidados constantes e eficazes, para a busca de condições ambientais mais equilibradas e favoráveis à população da cidade como um todo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Belém, durante o final do século XIX e meados do século XX, foi marcada por mudanças profundas em sua estrutura urbana, percebidas nos bairros centrais e periféricos que formam a Primeira Léguas Patrimonial da cidade.

Bairros considerados mais centrais e que se localizam nas cotas mais altas do terreno da Léguas (os terraços), como Nazaré, Batista Campos, Marco e Umarizal, foram os mais planejados. Receberam infraestrutura através de diversas obras. Houve tratamento de água e esgoto, ampliação de sua malha urbana, e arborização de vias públicas e logradouros, com mangueiras que passaram a dominar a paisagem desses bairros. É, também, nessa parte da cidade que se concentram a verticalização e as principais atividades econômicas.

Por outro lado, dentro dos limites da Léguas, localiza-se uma periferia que surge a partir das próprias melhorias da porção central da cidade. São bairros como Barreiro, Telégrafo, Sacramento (norte da Léguas), Guamá, Cremação, Condor, Jurunas, Canudos e Montese (sul da Léguas) que vão passar a concentrar um grande contingente populacional, tanto da própria cidade como do interior. Esses bairros vão surgir em áreas de baixadas que sofrem influência de diversas bacias que drenam as cotas mais baixas da cidade, formando grandes planícies; ao norte, planície da bacia do Uma; e ao sul planícies das bacias Estrada Nova e Tucunduba.

Essas áreas eram desprovidas de infraestrutura, aos poucos, à medida que crescia sua ocupação, a intervenção do estado era inevitável, para garantir o mínimo de condições de habitabilidade, levando luz, água encanada, coleta de lixo. Entretanto, o processo de arborização não foi estendido a esses bairros, assim como nem todos eram atendidos com os serviços urbanos.

Esses dois processos históricos de ocupação da Léguas levaram, por um lado, ao processo de arborização do centro da cidade e, por outro, a perda considerável da vegetação dos bairros mais periféricos da Léguas.

Além disso, com a ampliação da malha urbana, os avanços da verticalização, a pavimentação das ruas e avenidas, refletiram diretamente nos Índices de Cobertura Vegetal e, conseqüentemente, na variação da temperatura do ar intraurbano, tanto dos Distritos como dos bairros que constituem a Primeira Léguas Patrimonial.

Assim, uma de nossas hipóteses é a de que o processo de produção do espaço e o adensamento urbano são os principais responsáveis pela redução da cobertura vegetal nos Distritos e nos Bairros que constituem a Primeira Léguas Patrimonial.

Outra hipótese levantada consiste na possibilidade de existir diferença de temperatura do ar entre as áreas mais arborizadas e as menos arborizadas, entre Distritos e Bairros que constituem a Léguas.

Uma terceira hipótese constatada foi que as variações de temperatura do ar, entre os distritos e os bairros da Primeira Léguas, vêm aumentando nos últimos trinta anos e estão relacionadas não só à presença ou ausência de Cobertura Vegetal, mas também pela diferenciação da urbanização e dos padrões de uso e ocupação do solo que cada setor da cidade apresenta.

Assim, foi necessário compreender o processo de implementação e perda da arborização, bem como a elevação da temperatura do ar na Primeira Léguas Patrimonial, no tempo e no espaço, por meio de uma série histórica da vegetação e da temperatura durante o período de 40 anos, demonstrando quando e onde houve significativas perdas da vegetação e aumento da temperatura.

Outro trabalho realizado foi o levantamento e análise do Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e do Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICV/Hab.), com a finalidade de identificar quais as áreas que apresentam índices satisfatórios ou críticos, no que consiste a qualidade ambiental.

As temperaturas foram analisadas, a partir de imagens termais, estações meteorológicas e transectos, revelando a variação temporal e espacial de temperatura na Primeira Léguas, destacando alguns bairros como áreas piloto.

Os padrões de uso e ocupação do solo foram levados em consideração na análise, como uma das principais causas da redução da Cobertura Vegetal e elevação da temperatura do ar, que, por conseguinte passaram a serem indicadores em potenciais de alteração da qualidade ambiental para Primeira Léguas Patrimonial da cidade de Belém-PA.

Nesse sentido, foi realizado um levantamento dos processos históricos que demandaram a perda da vegetação original e da implementação da cobertura vegetal urbana que observa-se hoje na área central da cidade de Belém.

A perda da vegetação pelo processo de produção do espaço, foi constatada a partir do mapeamento realizado da série histórica da vegetação de porte arbóreo, de 1977 a 2013, utilizando fotografias aéreas e imagens de satélites. Este mapeamento foi fundamental para se verificar onde ocorriam os melhores e piores Índices de Cobertura Vegetal (ICV) e Índices de Cobertura Vegetal por Habitantes (ICV/H), entre os Distrito e Bairros da Léguas, confirmando assim nossa primeira hipótese.

O resultado obtido foi que o Distrito Administrativo de Belém (DABEL), juntamente com seus respectivos bairros (Cidade Velha, Campina, Reduto, Nazaré, Batista Campos, São Brás, Umarizal e Marco) obtiveram melhores resultados no que diz respeito à arborização urbana. Os demais distritos, e seus respectivos bairros, Distrito Administrativo da Sacramenta (DASAC) (bairros - Barreiro, Telégrafo, Sacramenta, Pedreira, Fátima) e Distrito Administrativo do Guamá (DAGUA) (bairros – Jurunas, Cremação, Condor, Guamá, Canudos e Montese) apresentaram situação bastante crítica no que consiste a arborização urbana.

De todos os bairros analisados, o Montese foi quem apresentou expressiva perda o que refletiu no ICV/H do bairro (0,94%), o segundo com maior perda foi o bairro da Sacramenta que teve em 2013 ICV/Hab., igual a 1,51% o terceiro bairro com maior perda foi o Barreiro, o que refletiu no ICV/H de 1,52%.

O levantamento e mensuração da temperatura do ar da Primeira Léguas foram realizados a partir de dados temporais disponíveis pelo INMET, entre os anos de 1978 a 2014, quando se constatou que a temperatura na cidade de Belém vem subindo gradativamente ao longo desses anos.

As cartas de temperatura de superfície ajudaram a identificar, as diferenças de temperatura entre os objetos de superfície do meio urbano, durante os anos de 1987 a 2013, apontando os locais com maior temperatura quando comparados com as temperaturas registradas pelo INMET.

As mensurações da temperatura realizada por meio de pontos fixos, durante sete meses, e pelos transectos móveis realizados em período noturno e diurno dos meses de agosto de 2015 e setembro 2016, auxiliaram nas análises das diferenças de temperatura na léguas e que posteriormente, foi correlacionado com a cobertura vegetal.

Os resultados de temperatura de superfície, comprovaram que nas áreas com maior arborização as temperaturas eram bem menores, enquanto que setores que

em locais com pouca arborização a diferença era bem maior, ficando entre 8°C a 13°C mais quentes do que as áreas arborizadas. Os locais com valores baixos, geralmente são bairros que apresentam arborização em sua área espacial, enquanto que os que apresentam valores mais altos, possuem baixa arborização em sua composição territorial.

Aqui a segunda hipótese já conseguia ser confirmada, pois as áreas com maior arborização apresentavam menores temperaturas em relação aos locais com pouca arborização urbana. O transecto diurno também apontou para essa relação. Nas áreas com pouca arborização, as temperaturas eram mais elevadas, enquanto que, à medida que passávamos por ruas arborizadas, as temperaturas baixavam significativamente.

Os resultados das medições horárias, por meio de pontos fixos, possibilitaram o diagnóstico das temperaturas diárias da área central da cidade. Os bairros da Campina, Nazaré e Condor, onde foram colocadas as miniestações, apresentavam características bastante diferenciadas no que diz respeito arborização e uso da terra e, conseqüentemente, refletiam na diferenciação das temperaturas diárias.

Esta etapa foi fundamental para se verificar a interferência da urbanização na temperatura do ar, respondendo, assim, à terceira hipótese, segundo a qual o aumento da temperatura do ar está também relacionado com a diferenciação da urbanização e dos padrões de uso e ocupação do solo da área central.

A análise foi feita a partir da carta de temperatura, dos mapas de Cobertura vegetal e do uso da terra, constituíram uma ferramentas importantes para identificar a interferência das diferentes feições urbanas na configuração das variações de temperatura, ocasionando, assim, uma análise afirmativa de que os condicionantes urbanos (ruas asfaltadas, falta de arborização, concentração populacional, verticalização, adensamento urbano) alteram, significativamente as temperaturas do lugar.

Como resultado final, foram elencados os bairros que apresentaram os maiores condicionantes desfavoráveis para uma boa qualidade ambiental, entre os quais os bairros que se encontram na parte periféricas da Primeira Léguas.

Portanto, a cidade de Belém, em especial a Primeira Léguas, precisa planejar melhor seus espaços, promover arborização de áreas precárias em vegetação, valorizar as áreas que já são arborizadas e fazer valer a lei de uso e ocupação do

solo urbano, para que o planejamento ambiental urbano ajude a amenizar as altas temperaturas que a cidade vem registrando. Caso contrário, a saúde e o bem estar, de modo geral, da sociedade belenense, principalmente aquelas pessoas que residem em ambientes mais precários da Léguas, podem ficar comprometidas, se caso as temperaturas continuem se elevando nos próximos anos.

BIBLIOGRAFIA

- ABELÉM, A. G. **Urbanização e Remoção: por que e para quem?** IFCH/NAEA/UFPA. Belém, 1989. (coleção Igarapé)
- ADLER, F. R. e TANNER, C. J. **Ecossistemas urbanos: princípios ecológicos para o ambiente construído.** São Paulo, Oficina de texto, 2015.
- AIROZA, L. O. V. **Cidade das Mangueiras: aclimação da mangueira e arborização dos logradouros belenenses (1616-1911).** Programa de Pós-Graduação em Historia Social da Amazônia. Belém: UFPA, 2008.
- AIROZA, L. O. V. **Cidade das Mangueiras.** Editora Amazônia: Belém, 2010.
- ALMEIDA, C. M. R. de. **As águas e a cidade de Belém do Pará: história, natureza e cultura material no século XIX.** São Paulo, PUC/SP, 2010. (Tese de Doutorado em História)
- AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP.** São Paulo: USP/FFLCH, 2000. (Tese de Doutorado)
- AMORIM, M. C. C. T. **Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno.** Geosul, Florianópolis, v. 20, n. 39, p 65-82, jan./jun. 2005
- AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; DUBREUIL, V. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 em cidade tropical. **Revista de Geografía Norte Grande, Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile**, n. 43, p. 65-80, set. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.cl>>. (Acesso em: 06/08/2016).
- ANDRADE, V. R. O. de. **Antonio Lemos e as obras de melhoramentos urbanos em Belém: a Praça da República como estudo de caso.** Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2003 (Dissertação de Mestrado em Arquitetura)
- ANJOS, M. W. B.; GOIS, D. V.; CRUZ, R. da; LIMA, L. P. Climatologia urbana e espaços verdes: contributo ao planeamento das cidades. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.2, N.5, p. 233 – 245, 2012.
- ANTUNES, A. F. B. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto em Ambiente de Geoprocessamento.** GeoProcesamento: UFPR. [20--].
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO MUNICÍPIO DE BELÉM**, v. 15, 2010 – Belém: Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão, 2011.
- BAENA, A. L. M. **Ensaio corográfico sobre a província do Pará.** Edição do Senado Federal. Brasília, 2004

BARBOSA, R. V. R. e VECCHIA, F. A. da S. Estudos de ilha de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: estudo de caso em São Carlos (SP). **Minerva**, 6(3): 273-278, 2006.

BARROS, H. R; LOMBARDO, M. A. A relação entre ilhas de calor urbana, ocupação do solo e morfologia urbana na cidade do Recife. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, Manaus, v.2, n.5, p.65 – 76, 2012.

BARROS, J. R. e ZAVATTINI, J. A. Bases Conceituais em Climatologia Geográfica. IN: **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 08, número 16, 2009.

BARRY, R. G. and CHORLEY, R. J. **Atmosphere, Weather and Climate**. Cap 7. Urban and forest climates. Methuen & Co Ltd, 11 New Fetter Lane London EC4, 1972.

BATRES, V. B. K. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: breve revisão**. DGEO/UEM, Maringá-PR, [199?].

BELTRÃO, J. F. **Cólera, o flagelo da Belém do Grão-Pará**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi: Universidade Federal do Pará, 2004. 354 p. (Coleção Eduardo Galvão).

BERTALANFFY, L. **Teoria Geral dos Sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. Tradução de Francisco M. Guimarães. 4ª edição, Petrópolis: Vozes, 209.

BRASIL, H. M. S. **Caracterização da arborização urbana: o caso de Belém**. Belém: FCAP. SDI, 1995. 195p.

BRAZEL, A. J. and QUATROCCHI, D. Urban Climatology. IN: OLIVER, J. E., **Encyclopedia of World Climatology**, SPRING, 2004.

CAMARGO, L. H. R. de. **A ruptura do meio ambiente: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência: a geografia da complexidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 240p

CARDOSO, A. C. D. e NETO, R. da S. V. **A evolução urbana de Belém: trajetória de ambiguidades e conflitos socioambientais**. Cad. Metrop., São Paulo, v. 15, n. 29, pp. 55-75, jan/jun 2013.

CARLOS, A. F. A. **A cidade**. São Paulo: Editora Contexto, 2001.

CARVALHO, J. P. de. **Álbum do Pará em 1899, na administração do governo de José Paes de Carvalho**. Parte Descritiva Henrique Santa Rosa e Photographia e Composição F. A. Fidanza, 1899.

CARVALHO, D. F. Industrialização Tardia e Grandes Projetos. IN: D'INCÃO, Maria Ângela e SILVEIRA, Isolda Maciel da. (Orgs.) **A Amazônia e a crise da modernidade**. Belém-PA, MPEG, 1994.

CARVALHO, M. M. de. **Clima Urbano e Vegetação: estudo analítico e prospectivo do parque das dunas em Natal**. Natal: UFRN, 2001. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura).

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 2a ed., 1995.

CASTILHO, J. R. F. Para uma definição do conceito de lote. **Revista Tópos**. Presidente Prudente: FCT/UNESP, v.1, n.2, p. 113 – 138, 2007.

CAVALHEIRO, F., DEL PICCCHIA, P. C. D. Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. In: IV **Encontro Nacional Sobre Arborização Urbana**. Vitória-ES, 1992, p. 29-38.

CHANDER, G., MARKHAMB, B. L., HELDERC, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment** 113 (2009) 893–903.

CHANDLER, T. J. **The climate of London**. London: Hutchison of London, 1965. 287p.

CHANDLER, T. J. **Urban Climatology and its Relevance to Urban Design**. World Meteorological Organization - Geneva – Switzerland, 1976.

CHORLEY, R. J. **Geomorphology and General Systems Theory**. Theoretical Papers in the hydrologic and geomorphic sciences. Washington: 1962.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Blucher, 1999. 1ª edição.

CHURCHMAN, C. W. **Introdução à teoria dos sistemas**. Pretopolis/RJ: Editora Vozes, 1972.

COSTA, A. C. L. da. e MATTOS, A. Variações Sazonais da ilha de calor urbana na cidade de Belém-Pa. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro, 2000.

COSTA, J. M. M. Grandes Projetos e o crescimento da indústria na Amazônia. IN: D'INCÃO, Maria Ângela e SILVEIRA, Isolda Maciel da. (Orgs.) **A Amazônia e a crise da modernidade**. Belém-PA, MPEG, 1994.

COSTA, R. E. da. **O campo térmico e a qualidade ambiental urbana em Chapecó/SC/Eduino Rodrigues da Costa**. – UNESP: Presidente Prudente: 2015 (Tese de Doutorado em Geografia)

CORRÊA, H. V. **A representação social de áreas verdes em cidade: o caso Rodrigues Alves – Jardim Botânico da Amazônia**. Belém: UFP/MPEG/EMBRAPA, 2007. (Dissertação de Mestrado em ciências ambientais).

CRUZ, E. **História de Belém. Belém-PA**, UFPA, 1973. 1º Volume (Coleção Amazônia, Serie José Veríssimo).

CRUZ, E. **História de Belém. Belém-PA**, UFPA, 1973. 2º Volume (Coleção Amazônia, Serie José Veríssimo).

DAOU, A. M. **A belle époque amazônica**. Rio de Janeiro: Editora Jorge Zahar, 2000.

DOUGLAS, I. **The Urban Environment**. London: Edward Arnold, 1983

ESCOURROU, G. **Le Climat et La Ville**. Éditions Nathan, 1991.

FERREIRA, A. B. de H. **Mini-Aurélio Século XXI Escolar: o minidicionário da língua portuguesa**. 4ª edição ver. Ampliada, Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001.

FERREIRA, C. de F. **Produção do espaço e degradação ambiental: um estudo sobre a várzea do igarapé Tucunduba**. São Paulo: USP/FFLECH, 1995. (Dissertação de Mestrado em Geografia).

FERREIRA, I. L. & GONTIJO, B. M. 2005. Um histórico verde: a retração da vegetação remanescente no município de Belo Horizonte. In: **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 11. São Paulo. Departamento de Geografia. FFCH/USP.

BUCCHERI FILHO, A. T.; NUCCI, J. C. Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba/PR. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, 18 (2006) 48-59.

FISCH, G.; MARENGO, J. M.; Nobre, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101-126, Jul. 1998.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de textos, 2002.

FURLAN, S. A. Técnicas de biogeografia. In: VENTURI, L. A. B. (Org) **Técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: oficina texto, 2005.

FURTADO, A. M. M. **A importância da geomorfologia no planejamento urbano**. Belém: IDESP, 1980

GODOY, M. M. G e SOARES FILHO, B. S. S. Modelagem da dinâmica intra-urbana no bairro Savassi, em Belo Horizonte. In: ALMEIDA, C. M.; CÂMARA, G. e MONTEIRO, A. M. (Orgs). **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

GOMES, M. F. e QUEIROZ, D. R. E. Avaliação da cobertura vegetal arbórea na cidade de Birigui com emprego de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. **Revista Geografar**. Curitiba, v.6, n.2, p.93-117, dez./2011.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia - Revista On Line**, 7(10)94-106 SET/2003. Disponível em www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html. Acesso em 09/10/2014.

GUERRA, A. T. e GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 4ª ed.

GUZZO, P. **Proposta para planejamento dos espaços livres de uso público do conjunto habitacional Procópio Ferraz em Ribeirão Preto/SP**. (Monografia de Graduação) – Instituto de Biociências – Unesp, “Campus” de Rio Claro/SP. 1991. 140p.

GUZZO, P. **Áreas verdes urbanas: Conceitos e definições**. 1997. Disponível em: www.educar.sc.usp.br/biologia/prociencias/areaverdes.html . Acesso em: 12/04/2009.

HACK, L. P. O Clima Urbano de Petrópolis – RJ: análise dos impactos ambientais das chuvas de verão nas áreas de riscos e nas inundações. IN: SANT'ANNA NETO, J. L (Org). **O clima das cidades brasileiras**. Presidente Prudente, 2002.

HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. de C. S.; TAVARES, A. R. Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.277-282, 2006.

HENDERSON-SELLERS, A. and ROBINSON, P. J. **Contemporary Climatology**. New York, Longman Scientific & Technical, 1986.

HOBBS, J. E. **Applied Climatology: A Study of Atmospheric Resources**. BUTTERWORTH, London Boston: Durban Sydney Toronto Wellington 1980.

HÖFLE, H. E. **Levantamento da arborização urbana do bairro Sagrado Coração de Jesus em São Miguel do Iguaçu – PR**. Foz do Iguaçu – PR 2010 (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental).

HUANG, L. LIA, J. ZHAOA, D. ZHUB, J. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. IN: **Building and Environment** 43 (2008) 7–17.

IBGE, **Censo demográfico 2010**: característica da população e domicílios do município de Belém. IBGE, 2010. Disponível em www.ibge.gov.br. (acesso dezembro, 2015).

JARDIM, C. H. Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. IN: **Revista de C. Humanas, Viçosa**, v, 10, n. 1, p. 9-25, jan./jun. 2010.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

JIM, C. Y. Tree Canopy Characteristics and Urban Development in Hong Kong. In: **The Geographical Review**. V. 79. 1989.

LANDSBERG, M. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981.

LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, 18 São Paulo, 2006, p. 95-111.

LEMO, A. J. de. **O município de Belém**: relatório apresentado ao conselho Municipal de Belém na sessão de 15 de novembro de 1902. Pará, 1902.

LIMA, E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, J. P. P. A. D. Aspectos fisio-anatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.33-43 Viçosa, 2006.

LIMA, V. AMORIM, M. C. C. T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Revista Formação**, Presidente Prudente, nº13, p. 66-82, 2006.

LIMA, V. e AMORIM, M. C. de C. T. A utilização de informações de temperatura da superfície, do NDVI e de temperatura do ar na análise de qualidade ambiental urbana. IN: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1028 -1035.

LIU, W. T. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006.

LOCKWOOD. J. G. **World Climatology: Na environmental approach**. Edward Arnold, Hill Street, London, 1974.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de Calor nas Metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec. 1985. 224p.

LUCHIARI, A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica. In: **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLCH/USP. n.14. p 47-58. 2001.

LUZ, L. M.; RODRIGUES, J. E. C. Análise do índice da cobertura vegetal em áreas urbanas: estudo de caso da cidade de Belém-PA. **Boletim de Geografia da Amazônia**, Belém, n.1, v. 01, p. 43-57, jan/jun. 2014.

LUZ, L. M.; RODRIGUES, J. E. C.; ARAÚJO, M. L. de.; ARRAES, R. R.; OLIVEIRA, S. R. de.; SENA JUNIOR, M. A. de. Avaliação do índice da cobertura vegetal em áreas urbanas de Belém-PA. IN: SILVA, C. N.; SILVA, J. M. P.; CHAGAS, C. A. N. (Orgs) **Geografia na Amazônia paraense: análises do espaço geográfico**. GAPTA/UFGA: Belém-PA, 2014.

MACEDO, S. S.; SAKATA, F. G. **Parques urbanos no Brasil**. São Paulo: Edusp, 2002.

MACHADO, P. J. de O. & TORRES, F. T. P. **Introdução a hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MASCARÓ, L. e MASCARÓ, J. L. **Vegetação urbana**. Ed. UFRGS – 2º ed. 2002. 204p.

MASCARÓ, L. & MASCARÓ, J. L. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2009. 3ª Edição.

MASCARÓ, J. L., MASCARÓ, L. e AGUIAR, C. M. L. S. Cidade: energia, arborização urbana e impacto ambiental. **Revista Ciência&Ambiente**. Santa Maria, UFSM, v.1, n.1, p. 59-72, jul/jul.2001.

MEIRA FILHO, A. **Evolução Histórica de Belém do Grão Pará**. 1 ed. Belém: IHGP, 1976.

MENDONÇA, F. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teóricos metodológicos e estudo de caso. In: Sant'Anna Neto, J. L., Zavatini, J.A. (org). **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: EDUEM, 2000.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina: preposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. In: MONTEIRO, C. A. de F; MENDONÇA, F. (Orgs.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MENDONÇA, F. **Clima e Criminalidade: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana**. Curitiba: Editora UFPR, 2001. 182p.

MENESES, P. R. Fundamentos de radiometria óptica espectral. IN: MENESES, P. R. e NETTO, J. da S. M. **Sensoriamento Remoto reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

MIRANDA, C. S., BELTRÃO, J. F., HENRIQUE, M. C., BESSA, B. T. **Santa Casa de Misericórdia e as políticas higienistas em Belém do Pará no final do século XIX**. Hist. Cienc. Saúde-Manguinhos vol. 22 no. 2. Rio de Janeiro. Epub, Mar 20, 2015.

MOLION, L. C. B. Climatologia dinâmica da região Amazônica: mecanismo de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 2, n. 1, p. 107-117, Jun.1987.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. (Tese de Livre Docência)

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas a história de uma procura**. São Paulo Editora Contexto. 2ª edição.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul** (Revista do Departamento de Geografia da UFSC), ano 5, n°9, 1990.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e clima urbano. In: MONTEIRO, C. A. de F; MENDONÇA, F. de A. (Orgs.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MORAES, E. M. L. de. **A vegetação no auxílio do conforto térmico do conjunto habitacional cidade nova em Belém/Pará**. São Carlos, 1992.

MOREIRA, E. **Belém e sua expressão geográfica**. Belém-PA: Imprensa Universitária, 1966.

MORO, D. A. **As áreas verdes e seu papel na ecologia urbana e no clima urbano**. Separata da Rev. UNIMAR, Maringa/PR, v.1 p. 15-20, 1976.

NARVAES, I. da S. **Sensoriamento Remoto aplicado à estudos florestais**. INPE, São José dos Campos, 2011. Material didático disponível em http://pt.slideshare.net/igornarvaes/sensoriamento-remoto-aplicado-estudos-florestais-igor-narvaesiiiisaef?from_action=save. Acesso em 22/08/2015.

NASCIMENTO, C. C. **Clima e morfologia urbana em Belém**. UFPA: NUMA, 1995.

NIMER, E. Clima. IN: **IBGE, Geografia do Brasil: região norte**. Rio de Janeiro, SERGRAF- IBGE, 1977.

NÓBREGA, R. S; VITAL, L. A. B. Influência da Urbanização sobre o microclima de Recife e formação de ilha de calor. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 3, p. 151-156, 2010.

NOVO, E. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo, Ed. Blucher, 2008. (3ª Edição revisada e ampliada).

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: Um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2º ed. – Curitiba: O Autor, 2008. 150p.

NUCCI, J. C. e CAVALHEIRO, F. Cobertura vegetal em áreas urbanas – conceito e método. **Revista GEOUSP** n° 6. São Paulo. 1999. pp. 29-36.

OKE, T. R. **Review of Urban Climatology 1973-1976**. World Meteorological Organization, Geneva – Switzerland 1979.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. Routledge is an imprint of the Taylor & Francis Group. Methuen & Co. Ltd Second edition 1987.

OKE, T.R. **The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands**. University of British Columbia , Vancouver, B.C. Published online: 08 Nov 2010.

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. This edition published in the Taylor & Francis e-Library, 2002. Second edition.

OLIVEIRA, J. M. G. C. de. **Produção e apropriação do espaço urbano: a verticalização em Belém-PA**. São Paulo, FFLCH/USP, 1992 (Tese de Doutorado em Geografia).

ONU. **World Urbanization Prospects**. The 2014 Revision. Department of Economic and Social Affairs: New York, 2014.

PENTEADO, A. R. **Belém: estudos de Geografia Urbana**. Belém: UFPA, 1968. (Coleção Amazônica Série José Veríssimo).

PEREIRA, R. C. C. **Percepção visual da cidade: Iconografias da natureza urbana de Belém (1808-1908)**. Belém-PA; IFCH/UFPA, 2015. (Tese de Doutorado em História).

PIVETTA, K. F. L.; SILVA, D. F. F. **Arborização Urbana**. Boletim Acadêmico - Série Arborização Urbana. UNESP/FCAV/FUNEP. Jaboticabal, São Paulo. 2002. 69p.

PIVETTA, A. et. al. **Sistema de classificação da cobertura do solo para fins de composição entre bairros e cidades**. SBGFA. USP, 2005.

PONZONI, F. J. e SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2007.

PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata Atlântica**. INPE: São José dos Campos - SP, 2002.

PORTO, L. P. M.; BRASIL, H. M. S. (Orgs.) **Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana de Belém: Guia para planejamento, implantação e manutenção da arborização em logradouros públicos**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2013.

RAMOS, J. M. T. **Entre dois tempos: um estudo sobre o bairro do Guamá, a Escola “Frei Daniel” e seu Patrono**. Belém, 2002, p. 12.

ROCHA, G. M. **Geomorfologia aplicada ao Planejamento Urbano: as enchentes na área urbana de Belém-PA**. Rio Claro: IGCE/UNESP, 1987. (Dissertação de Mestrado).

RODRIGUES, E. B. **Os desafios da metrópole: reflexões sobre desenvolvimento para Belém**. Belém-PA: NAEA/UFPA, 2000.

RODRIGUES, J. E. C. & LUZ, L. M. Mapeamento da cobertura vegetal da área central do município de Belém – PA, através de sensores remotos de base orbital (sensor TM, LANDSAT 5 e sensor CCD, CBERS 2). **Anais XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21 a 26 de abril 2007**, INPE, p. 1063-1070.

RODRIGUES, J. E. C. **ATLAS Ambiental do Município de Belém**. Belém-PA: FGC/UFPA, 2012. (Relatório de pesquisa).

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L.M.; SARAIVA, J. S. Análise morfológica dos bairros de Nazaré e Guamá no processo de redução das áreas verdes urbanas no município de Belém-Pa. **VI Congreso Iberoamericano de Estudios Territoriales y ambientales**. São Paulo, 8 a 12 de setembro de 2014.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: EDUFU, 2007.

SALES, V. de C. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 16, pp. 125 - 141, 2004.

SALGUEIRO, T. B. A Morfologia Urbana da Cidade do Funchal e os seus espaços públicos estruturantes. **Revista Malha Urbana** Nº 10 – 2010.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 7 – Vol. 8 – JAN/JUN/2011.

SANTOS, A. R. P. dos. **O adensamento urbano e perda da cobertura vegetal do bairro do marco – Belém/PA**. UFPA/FGC: Belém-PA, 2010. (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia).

SANTOS, J. S. dos; MOTA, M. A. S. da; ROCHA, E. J. P. da. Classificação climatológica da energia potencial disponível para a convecção na cidade de Belém-PA. **Revista brasileira de meteorologia** vol. 29 n. São Paulo Dec. 2014 <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130040>.

SANTOS, K. P. C. dos; CUNHA, A. C. da; COSTA, A. C. L. da; SOUZA, E. B. de. Índices de tendências climáticas associados à “ilha de calor” em Macapá-AP (1968-2010). **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** – Número 23 – Março de 2012. P.1-16.

SANJAD, N. R. **Nos Jardins de São José: uma história do Jardim Botânico do Grão Pará, 1796-1873**. Campinas,SP: UNICAMP, 2001 (Dissertação de Mestrado em Geociências).

SARGES, M. N. **Belém: Riquezas produzindo a Belle-Époque (1870-1912)**. Belém: Paka-Tatu, 2002.

SECULT. **Belém da Saudade: a memória da Belém do início do século em cartões-postais**. Belém: SECULT, 1998. 278 p.

SEGAWA, H. **Ao amor do publico: Jardins no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP, 1996.

SILVA, D. A.da. **A influência das áreas verdes no clima da cidade de Manaus**. Manaus: UFAM, 2009. (Dissertação de Mestrado em Geografia).

SILVA JÚNIOR, P. R. **A importância das áreas verdes. Centro de Distribuição de Amostras.** Piracicaba, São Paulo, 2006.

SILVA JUNIOR, J. de A. **Avaliação de parâmetros micrometeorológicos do conforto e da percepção térmica na área urbana da cidade de Belém-PA.** Belém-PA: NAEA/UFPA, 2012 (Tese de Doutorado em Ciências: Desenvolvimento socioambiental).

SILVA, L. T. da; TOMMASELLI, J. T. G.; AMORIM, M. C. de C. T. O clima urbano de Penápolis-SP: um episódio de inverno. IN: SANT'ANA NETO, J. L. (Org.) **Os climas das cidades brasileiras: São Luis (MA), Aracaju (SE), Campo Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP).** Presidente Prudente, 2002.

SCHUCH, M. I. S. **Arborização urbana: uma contribuição à qualidade de vida com o uso de geotecnologias.** Santa Maria – RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. (Dissertação de Mestrado em Geomática).

SOARES, E. N. **Largos, Coretos e Praças de Belém-PA.** Brasília, DF: IPHAN/Programa Monumenta, 2009.

SOUZA, M. C. da C. e AMORIM, M. C. de C. T. A problemática ambiental e o verde urbano. **Cidades Verdes**, v.01, n.01, abr. 2013

SOUZA, R. e GALVÃO, L. Formas da produção habitacional na “nova Belém”: estudo comparativo dos diferentes tipos de produção habitacional ao longo da Av. Augusto Montenegro, Belém (PA) e suas tendências de consolidação. In: **Anais do ANPUR**, v. 15. Desenvolvimento, planejamento e governança-Recife, 2013.

SORRE, M. Objeto e Método da Climatologia. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, 18. São Paulo, 2006. p 89-94.

SPOSITO, E. S. **Geografia e filosofia: contribuição para o ensino do pensamento geográfico.** São Paulo: Editora UNESP, 2004.

TARIFA, J. R. **Fluxos Polares e as chuvas de primavera-verão no estado de São Paulo: uma análise quantitativa do processo genético.** São Paulo, USP/IGEOG, 1975.

TORRES, F. T. P. e MACHADO, P. J. de O. **Introdução à climatologia.** São Paulo: Cengage Laerning, 2011.

TRINDADE JÚNIOR, S. C. **Produção do espaço e uso do solo urbano em Belém.** Belém: NAEA/UFPA, 1997.

UCHÔA. P. W. de S. **Estudo de variações termo-higrométricas de cidade equatorial devido ao processo de urbanização: o caso de Santarém-Pa.** Santarém: UFOPA, 2011. (Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia).

UHLMANN, G. W. **Teoria Geral dos Sistemas: do Atomismo ao Sistemismo (Uma abordagem sintética das principais vertentes contemporâneas desta Proto-Teoria)**. Instituto Siegen: São Paulo, 2002.

VENTURA, T. B. & FAVERO, O. A. 2005. Estudo da cobertura vegetal dos bairros de Alphaville e Tamboré – Santana de Parnaíba/SP. In: **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 11. São Paulo. CD-ROOM. Departamento de Geografia/USP. p 784-797.

VOOGT, J. A.; OKE, T.R. **Thermal remote sensing of urban climates**. Remote Sensing of Environment 86, 2003. p.370–384. Disponível em www.elsevier.com/locate/rse. (acesso 26/08/2015).

WALLACE, A. R. (1823-1913). **Viagens pelo Amazonas e Rio Negro**. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2004. 630 p. (Edições do Senado Federal; v. 17).

WENG, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 64 (2009) 335–344. Disponível em www.elsevier.com/locate/isprsjprs (acesso 08/09/2015).

YANG, X. **Urban Remote Sensing: Monitoring, Synthesis and Modeling in the Urban Environment**. Wiley-Blackwell. A John Wiley & Sons Ltda. Publication., 2011.

Sites Consultados

www.ufjf.br/lga/files/2011/03/10-Caracter%C3%ADsticas-da-Imagens.pdf

<http://www.novaterregeo.com.br/imagens-de-satelite-worldview-2>

<http://www.usgs.gov>

http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.htm

<http://www.inpe.br>

<http://www.g1.com.br/para>.

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

<http://clima.icea.gov.br/clima/estado.php>

<http://www.sipam.gov.br/assuntos/meteorologia-e-climatologia>

http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf