

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL

Rafael Ponce de Leon Amorim

**ANÁLISE DA MAGNITUDE DA INFLUÊNCIA CLIMÁTICA DE UM
REMANESCENTE DE MATA ATLÂNTICA SOBRE O SEU ENTORNO
URBANIZADO EM CLIMA QUENTE-ÚMIDO**

João Pessoa
2011



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL

Rafael Ponce de Leon Amorim

**ANÁLISE DA MAGNITUDE DA INFLUÊNCIA CLIMÁTICA DE UM
REMANESCENTE DE MATA ATLÂNTICA SOBRE O SEU ENTORNO
URBANIZADO EM CLIMA QUENTE-ÚMIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Solange Maria Leder

João Pessoa
2011

A524a Amorim, Rafael Ponce de Leon.

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido / Rafael Ponce de Leon Amorim.-- João Pessoa, 2011.

93f.

Orientadora: Solange Maria Leder

Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT

1. Engenharia Urbana e Ambiental. 2. Espaço urbano – qualidade ambiental. 3. Clima urbano. 4. Vegetação – amenização climática.

UFPB/BC

CDU:62:711(043)

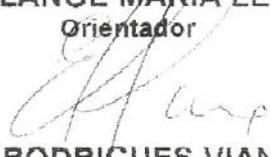
**“ANÁLISE DA MAGNITUDE DA INFLUÊNCIA CLIMÁTICA DE UM
REMANESCENTE DE MATA ATLÂNTICA SOBRE O SEU ENTORNO
URBANIZADO EM CLIMA QUENTE-ÚMIDO”**

RAFAEL PONCE DE LEON AMORIM

Dissertação aprovada em 26 de setembro de 2011

Período Letivo: 2011.2


Prof.^a. Dr.^a. SOLANGE MARIA LEDER – UFPB
Orientador


Prof. Dr. EDUARDO RODRIGUES VIANA DE LIMA - UFPB
Examinador Interno


Prof. Dr. HOMERO JORGE MATOS DE CARVALHO - IFPB
Examinador Externo


Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS GONÇALVES DA SILVA – UFPB
Examinador Externo

João Pessoa-PB
2011

Agradecimentos

Aos meus Pais pela dedicação, carinho, paciência e por todos os sacrifícios realizados. E mais uma vez ao meu pai, também pelo apoio técnico e operacional nos diversos momentos da pesquisa. E também, a minha irmã pelos conselhos científicos.

A Camilla, minha namorada, pelo amor, pela força transmitida durante esse longo e árduo caminho acadêmico e principalmente por ser o meu retiro espiritual.

A Prof.^a Dr.^a Solange Maria Leder pela orientação, pelos ensinamentos, pela confiança e por garimpar sempre o melhor de mim.

Ao Prof. Dr. Francisco Gonçalves pela amizade e tantos conselhos, sempre disposto a ajudar. E ao Prof. Homero pela amizade, disponibilidade e ensinamentos, agora colega de trabalho, com quem tanto tenho que aprender.

A todos os amigos, que compreenderam o meu confinamento. E em especial ao amigo Zeh pelo apoio operacional sempre que necessário.

A todos os meus amigos mestrandos, companheiros nas adversidades, em especial Ana, Adeilsa e Matheus.

A Emanuele Miranda pelo auxílio com o abstract.

Aos colegas de trabalho da UFPB e do IFPB (Campi Monteiro e João Pessoa) por compreenderem e auxiliarem na minha jornada tripla de trabalho.

Aos meus alunos que me apoiaram nos momentos necessários.

Aos Prof. Fernando Pereira e Aldomar Pedrini, respectivamente coordenadores do LabCon/UFSC e LabCon/UFRN, pelo empréstimo de sensores Hobos para a realização dessa pesquisa.

Aos diversos moradores que cederam parte de suas residências e privacidade para a instalação dos equipamentos de pesquisa. Assim como ao Biólogo Pedro Gadelha do Jardim Botânico e ao Diretor Administrativo do Hospital Laureano.

A todos que me ajudaram direta e indiretamente.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental.

Resumo

A qualidade ambiental do espaço urbano é determinada pela interação entre os elementos naturais e as transformações artificiais produzidas pelo homem na adaptação do meio às suas necessidades físicas, sociais e econômicas. Neste contexto, insere-se o clima urbano, fruto da relação dialógica entre a morfologia da cidade, as atividades humanas e os diversos fatores climáticos locais e globais. Por sua vez, a alteração climática no espaço urbano ocasiona diversos malefícios para grande parte das cidades ao intensificar os rigores climáticos locais. Neste sentido, o estudo do espaço urbano e, em especial, as pesquisas sobre climatologia urbana, tornam-se fundamentais para a busca da qualidade ambiental, assim como para o alcance da eficiência energética urbana. Na cidade, o uso de vegetação configura-se em uma importante estratégia para amenização climática local, porém, ainda é desconhecido o potencial dessa contribuição, necessitando-se de estudos que avaliem as melhores formas de sua aplicação, de acordo com a morfologia do espaço verde e do espaço urbano e as características climáticas locais. O presente estudo analisou o alcance e magnitude da influência da Mata do Buraquinho, em João Pessoa/ PB, nas características climáticas do seu entorno ao monitorar a temperatura e umidade do ar nos períodos de inverno e verão, em três transectos dispostos a sotavento da mata, totalizando treze pontos de coleta, sendo um deles localizado em seu interior. Observou-se que entre os pontos analisados, no período de verão, as temperaturas médias do ar foram em geral 3°C superiores as de inverno e a umidade relativa do ar 15% inferior. As diferenças de temperatura entre pontos com maior e menor temperatura foram semelhantes nos dois períodos, observando-se a maior divergência às 13h, sendo 3°C no inverno e 2,8°C no verão. Constatou-se também, que as menores temperaturas foram obtidas nos pontos localizados na borda da mata, enquanto as maiores temperaturas foram encontradas nos pontos mais afastados, porém não foi possível identificar uma tendência linear de aumento de temperatura relacionada ao aumento do distanciamento da mata.

PALAVRAS-CHAVE: Clima Urbano, Áreas Verdes, Amenização Climática.

Abstract

The urban spaces' environmental quality is determined by the interaction between the natural elements and the man-made changes to adapt the environment to their physical, social and economic needs. In this context, is inserted the urban climate, result of the dialogic relationship between the morphology of the city, the human activities and the various local and global climate factors. The climate change, characteristic of urban space, causes several damages to most cities by increasing the rigors of local climate. In this sense, the study of urban space, in particular, the research about urban climatology, become fundamental to the search for environmental quality, as well as to achieve the energy efficiency in urban areas. In the city, the use of vegetation is an important strategy for mitigation of the local climate, however, is still unknown the potential of this contribution, requiring studies to evaluate the best ways of its application, in accordance with the morphology of the green space and urban space and the local climatic characteristics. The present study analyzed the extent and the magnitude of the influence of the Buraquinho's Forest, in João Pessoa/ PB, in the climatic characteristics of their surroundings by monitoring the temperature and the air's humidity in winter and summer periods, arranged in three transects in downwind of the forest, total of thirteen points of data collection, one of them located in forest interior. It was observed that among the points considered, in the summer, the averages air temperatures were in general 3°C higher than the winter and the relative humidity 15% lower. The temperature differences between points with higher and lower temperatures were similar in both periods, it was observed the main difference at 13h: 3° C in the winter and 2,8 °C in the summer. It was also discovered that the lowest temperatures were obtained in points located on the edge of the forest, whereas the higher temperatures were found in the farthest points, however, it wasn't possible to identify a linear tendency of temperature increase associated to the increased distance from the forest.

KEYWORDS: Urban Climate, Green Areas, Climate Mitigation.

Lista de Ilustrações

Lista de figuras

Figura 1-1: Localização João Pessoa/ PB.....	14
Figura 1-2: Regiões bioclimáticas do Estado da Paraíba segundo a classificação de Köppen.	15
Figura 1-3: Normais Climatológicas para João Pessoa– 1985 a 1994.	16
Figura 1-4: Área de Preservação Permanente Mata do Buraquinho, João Pessoa / PB.	16
Figura 2-1: Fatores e elementos climáticos.....	20
Figura 2-2: Esquema da escala climática e camadas verticais encontradas na área urbana: (a) Mesoescala, (b) Escala Local e (c) Microescala.	21
Figura 2-3: Árvore e Radiação Solar.....	27
Figura 2-4: Bomba Biótica.....	29
Figura 3-1: Imagem aérea ortorretificada indicando os pontos de coleta de dados.....	39
Figura 3-2: Ficha de caracterização do ponto de coleta de dados.	41
Figura 3-3: Câmera digital compacta DIGIMAX 360.....	42
Figura 3-4: Lente adaptada, composta por olho mágico.	42
Figura 3-5: (a)Dataloger de Temperatura e Umidade , (b) e (c) Abrigo para o sensor higrotérmico.....	43
Figura 3-6: Localização do Aeroporto em relação à Mata.	44
Figura 4-1: Mapa Base da Área de estudo com indicação dos pontos de medição.....	48
Figura 4-2: Vista aérea de um trecho do bairro da Torre, referente ao transecto A e planta cadastral com a localização dos pontos de coleta e sua respectiva distância da mata.	49
Figura 4-3: Vista aérea de um trecho do bairro Jaguaribe, referente ao transecto B e planta cadastral com a localização dos pontos de coleta e sua respectiva distância da mata.	49
Figura 4-4: Vista aérea de um trecho do bairro Rangel referente ao transecto C e planta cadastral com a localização dos pontos de coleta e sua respectiva distância da mata.	50
Figura 4-5: Vista aérea do trecho da Mata do Buraquinho referente ao ponto de referência, e planta cadastral com a localização do ponto de coleta.	51
Figura 4-6: Comparativo entre a temperatura dos pontos urbanos, da mata e do aeroporto no período de inverno.	55
Figura 4-7: Comparativo entre a umidade dos pontos urbanos, da mata e do aeroporto no período de inverno.	56
Figura 4-8: Espacialização da temperatura e umidade nos transectos A, B e C às 13h do inverno.....	56
Figura 4-9: Comparativo entre as temperaturas dos pontos urbanos, da mata e do aeroporto no período de verão.....	60
Figura 4-10: Comparativo da umidade relativa do ar dos pontos urbanos, da mata e do aeroporto no período de verão.....	61
Figura 4-11: Espacialização da temperatura e umidade nos transectos A, B e C às 13h do inverno.....	61
Figura 4-12: Variação da amplitude térmica no período de inverno.	65

Figura 4-13: Variação da amplitude térmica no período de verão.	67
Figura 4-14: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 5h.	69
Figura 4-15: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 5h.	69
Figura 4-16: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 9h.	71
Figura 4-17: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 9h.	71
Figura 4-18: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 13h.	72
Figura 4-19: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 13h.	72
Figura 4-20: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 17h.	74
Figura 4-21: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 17h.	74
Figura 4-22: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 21h.	75
Figura 4-23: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 21h.	75
Figura 4-24: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 5h.	76
Figura 4-25: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 5h.	76
Figura 4-26: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 9h.	78
Figura 4-27: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 9h.	78
Figura 4-28: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 13h.	79
Figura 4-29: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 13h.	79
Figura 4-30: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 17h.	80
Figura 4-31: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 17h.	80
Figura 4-32: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 21h.	81
Figura 4-33: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 21h.	81

Lista de quadros

Quadro 4-1: Resumo das características físicas dos pontos A1, A2, A3 e A4.	52
Quadro 4-2: Resumo das características físicas dos pontos B1, B2, B3 e B4.	53
Quadro 4-3: Resumo das características físicas dos pontos C1, C2, C3 e C4.	53
Quadro 4-4: Umidade absoluta nos pontos extremos nos dias e horários de maior e menor temperatura no inverno.	57
Quadro 4-5: Umidade absoluta nos pontos extremos nos dias e horários de maior e menor temperatura no verão.	62
Quadro 4-6: Média das temperaturas máximas e mínimas diárias no inverno.	63
Quadro 4-7: Mediana das amplitudes diárias por ponto no inverno.	64
Quadro 4-8: Média das temperaturas máximas e mínimas diárias no verão.	66
Quadro 4-9: Mediana das amplitudes diárias por ponto no verão.	66

Lista de Abreviaturas e Siglas

APP – Área de Preservação Permanente

CINDACTA – Centro de Informação de Dados e Controle de Tráfego Aéreo

FCV – Fator de Céu Visível

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LES – Laboratório de Energia Solar

ONU – Organização das Nações Unidas

OMM – Organização Meteorológica Mundial

PBL – Planetary Boundary Layer

PMJP – Prefeitura Municipal de João Pessoa

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UBL – Urban Boundary Layer

UCL – Urban Canopy Layer

UTC – Universal Time Coordinated

UV – Radiação Ultravioleta

WMO – World Meteorological Organization

SCU – Sistema do Clima Urbano

Sumário

1	Introdução	8
1.1	Discussão sobre o tema	8
1.2	Objetivos	11
1.2.1	Objetivo geral.....	11
1.2.2	Objetivos específicos.....	11
1.3	Justificativa.....	12
1.4	Contribuição da pesquisa.....	13
1.5	Universo de análise.....	13
1.5.1	João Pessoa	13
1.5.2	Mata do Buraquinho	16
1.6	Estrutura do trabalho.....	17
2	Referencial teórico	19
2.1	Clima Urbano	19
2.2	Áreas Verdes	24
2.3	Estudos antecedentes.....	29
3	Metodologia.....	37
3.1	ETAPA 01 - Pesquisa bibliográfica	37
3.2	ETAPA 02: Caracterização da área	37
3.3	ETAPA 03: Planejamento das medições.....	42
3.4	ETAPA 04: Tratamento e análise dos dados	44
3.5	ETAPA 05: Finalização da pesquisa	46
4	Análise dos Resultados.....	47
4.1	Caracterização dos pontos de medição	47
4.2	Comparativo entre as medições de temperatura do ar nos pontos urbanos, na mata e no aeroporto	54
4.3	Análise da amplitude térmica diária nos diferentes pontos	62
4.4	Análise do comportamento climático por transecto	68
4.4.1	Inverno.....	68
4.4.2	Verão.....	75
5	Considerações finais	82
	Referências bibliográficas	87

1. Introdução

1.1 Discussão sobre o tema

As alterações climáticas locais e globais e seus consequentes impactos ambientais representam um dos principais desafios enfrentados no final do século XX e início do século XXI. Como se sabe, o clima sempre variou devido a causas naturais, porém, a ação humana intensifica este processo, principalmente através da concentração de gases que originam o efeito estufa na atmosfera.

A atual elevação da temperatura do planeta repercute nas diversas partes do globo com diferentes intensidades, afetando e até inviabilizando as condições de sobrevivência de determinadas espécies no ecossistema no qual estão inseridos ao modificar os ciclos reprodutivos dos animais e vegetais (WALKER & KING, 2008).

O aquecimento global tem sido um fenômeno intensamente debatido e pesquisado nos últimos anos. As questões climáticas ocupam um espaço cada vez maior nas discussões intergovernamentais; debatendo-se, além das suas causas e consequências, as soluções e metas para a redução da degradação do meio ambiente. Desde a primeira Conferência da Organização das Nações Unidas – ONU sobre o Meio Ambiente realizada em Estocolmo, em 1972, diversas outras foram realizadas. As mais conhecidas são a do Rio de Janeiro, em 1992, e a de Kyoto, em 1997, onde cento e sessenta nações se comprometeram a reduzir a emissão dos gases de efeito estufa (RIBEIRO, 2006).

Embora uma pequena parte da comunidade científica atribua o aquecimento global a um processo natural de aquecimento da terra, ou seja, o planeta estaria passando por mais uma transição entre a era glacial e a era interglacial; a hipótese mais aceita no meio científico atribui o aquecimento global às atividades humanas que intensificaram o efeito estufa através do aumento da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento (LOVELOCK, 2006). O quarto relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, publicado em 2007, ratifica esta

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

hipótese ao apontar 95% de certeza científica de influência antrópica para o aquecimento do planeta.

As consequências do aquecimento global nas grandes cidades tendem a se intensificar devido aos efeitos da urbanização. Sabe-se que a cidade modifica o clima, principalmente através das alterações nas superfícies, na rugosidade e na composição atmosférica, produzindo elevação na temperatura do ar, modificação da ventilação, diminuição da umidade e aumento de precipitação (MONTEIRO, 1976). Situações climáticas extremas atribuídas ao aquecimento global, como ondas de calor e de frio, furacões e tempestades, são cada vez mais frequentes e com maior magnitude no espaço urbano por serem potencializadas devido à falta de planejamento ambiental adequado.

Por outro lado, percebe-se hoje, que a concepção da cidade deve ser gerida por princípios bioclimáticos, tais quais os propostos por Olgay (1998) para o edifício, no qual se deve buscar uma relação equilibrada com o ambiente externo, ao se filtrar, absorver ou repelir os elementos do meio ambiente de acordo com sua influência no conforto humano, satisfazendo suas necessidades fisiológicas.

O planejamento ambiental é essencial para o planejamento urbano, pois a legislação urbana deve assegurar aos cidadãos condições mínimas de salubridade e conforto ao prever a conservação dos recursos naturais e energéticos, assim como o aproveitamento de suas potencialidades (FRANCO, 1997). Nesta seara, McHarg (1969) aponta a necessidade de o espaço urbano ser orientado por processos biológicos, buscando a conciliação entre as aspirações da sociedade tecnológica e a preservação dos processos ecológicos existentes no território.

A utilização de vegetação na cidade como elemento mitigador do rigor climático torna-se, assim, uma importante estratégia para o equilíbrio climático e para a eficiência energética urbana. Neste sentido, diversas pesquisas foram realizadas nos últimos anos a fim de verificar, quantificar e / ou recomendar formas mais eficientes de aplicação dessa estratégia (CARVALHO, 2001(a); BARTHOLOMEI, 2003; ABREU, 2008; DUARTE, 2010). Ainda assim, como afirmado por Chang *et al* (2007), são poucas as informações científicas disponíveis sobre as

melhores formas de aproveitamento dos benefícios climáticos proporcionados pelas áreas verdes.

O estudo da contribuição climática das áreas verdes sobre o espaço urbano deve fornecer subsídios ao planejamento ambiental da cidade através do estabelecimento de parâmetros que poderão ser valorados, tais como: proporção entre área verde e espaço construído, localização, forma, espaçamento, morfologia do elemento arbóreo, entre outros elementos que auxiliarão a mensurar as características morfológicas ideais para a criação e manutenção dos espaços verdes urbanos, visando o melhoramento do desempenho climático.

Nesse sentido, a presente pesquisa foi realizada no entorno da Área de Preservação Permanente Mata do Buraquinho, localizada no centro geográfico da cidade de João Pessoa, capital da Paraíba, inserida no litoral nordestino brasileiro a 7°08'S e 34°53'W, caracterizada por clima quente e úmido, baixa amplitude térmica diária e anual, com temperatura média em torno de 25° C e umidade relativa do ar média de 80%.

Analisou-se a influência climática proporcionada por esta grande área verde, com cerca de 500 hectares, em seu entorno imediato, utilizando, para este fim, medições fixas com aparelhos registradores de temperatura e umidade em três diferentes transectos, distribuídos a sotavento da Mata, nos bairros circunvizinhos: Torre, Jaguaribe e Rangel. Foram coletados dados referentes ao período chuvoso e seco, respectivamente, de 10 de julho de 2010 a 30 de julho de 2010 e de 09 de novembro de 2010 a 10 de dezembro de 2010.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Caracterizar a influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre a área urbana do seu entorno a partir do monitoramento das variáveis temperatura e umidade do ar.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estabelecer relações entre variáveis morfológicas urbanas e o comportamento microclimático das variáveis temperatura e umidade do ar;
- Identificar a magnitude da influência climática da mata sobre o seu entorno urbanizado;
- Contribuir para a geração de conhecimento sobre a formação dos microclimas urbanos na cidade de João Pessoa – clima quente e úmido.

1.3 Justificativa

Nos últimos anos, o intenso processo de crescimento das cidades, norteado principalmente por aspectos meramente políticos e econômicos, tem desconsiderado importantes aspectos ambientais e, em especial, bioclimáticos. Dessa forma, os sintomas urbanos de insustentabilidade – tais como, poluição do ar e dos corpos hídricos, enchentes, desmoronamentos, formação de ilhas de calor urbanas – resultantes de um processo inadequado de ocupação, tornaram-se cada vez mais frequentes e com maior intensidade.

Atualmente, com a busca da adequação do espaço urbano aos princípios de sustentabilidade, percebe-se que a construção da cidade deve ser pautada por estratégias bioclimáticas semelhantes as propostas por Olgyay (1998) para a arquitetura. Sendo assim, a cidade teria a função de filtrar, absorver ou repelir os elementos do meio ambiente externo, de acordo com sua influência, positiva ou negativa, satisfazendo as necessidades fisiológicas de conforto dos seus habitantes.

Nesse sentido, os espaços verdes constituem uma importante estratégia de adequação das cidades às variações climáticas por contribuir com a melhoria das condições de conforto bioclimático e amenizar o rigor climático da área envolvente, além de proporcionar aumento da qualidade de vida e da biodiversidade e promover o contato social (OLIVEIRA *et al*, 2008).

Entretanto, Chang *et al* (2007) relatam que, apesar dos efeitos mitigadores de calor das áreas verdes sobre o espaço urbano serem bastante conhecidos, ainda são poucas as informações científicas disponíveis, por exemplo, sobre quais tipos de áreas verdes são mais adequadas para este fim. Além disso, a dificuldade de acesso a essas informações repercute na pouca influência que a climatologia tem exercido sobre o planejamento urbano.

Dessa forma, destaca-se a necessidade de compreensão sobre a influência das áreas verdes na composição dos microclimas urbanos, assim como a importância climática desses espaços na escala da cidade. Além da necessidade de divulgação desse conhecimento de forma mais ampla e clara para a sociedade, o

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

que inclui desde os políticos e planejadores aos profissionais e cidadãos, conscientizando-os sobre a importância da manutenção e criação de novas áreas verdes dentro do ambiente urbano.

1.4 Contribuição da Pesquisa

Pretende-se, com esta pesquisa, fornecer subsídios para a compreensão do clima urbano da cidade de João Pessoa/ PB, através da análise climática da influência de uma grande área verde sobre seu entorno. A incorporação deste estudo aos demais, já realizados ou vindouros, poderá constituir um importante banco de dados que auxiliará os gestores e os executores do espaço urbano na construção de uma cidade mais equilibrada e eficiente energeticamente, propiciando assim, o adequado planejamento urbano e ambiental.

1.5 Universo de análise

1.5.1 João Pessoa

Esta pesquisa foi realizada na cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, localizada no litoral nordestino brasileiro a 7° 08'S e 34°53'W. Apesar de estar inserida geograficamente na zona de fuso horário UTC-2, adota-se, na cidade, o fuso horário UTC-3, pois a definição de sua hora legal é baseada no horário de Brasília, assim como nas demais cidades brasileiras, porém, sem adoção do horário de verão (Figura 1.1).

Fundada em 05 de agosto de 1585, João Pessoa é a terceira cidade mais antiga do país. Ocupa atualmente uma área com 210.551km² de extensão. De acordo com dados publicados pelo IBGE, através do Censo Populacional 2010, sua população é de 723.514 habitantes, enquanto em 2000 a população era de apenas 595.429 habitantes.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

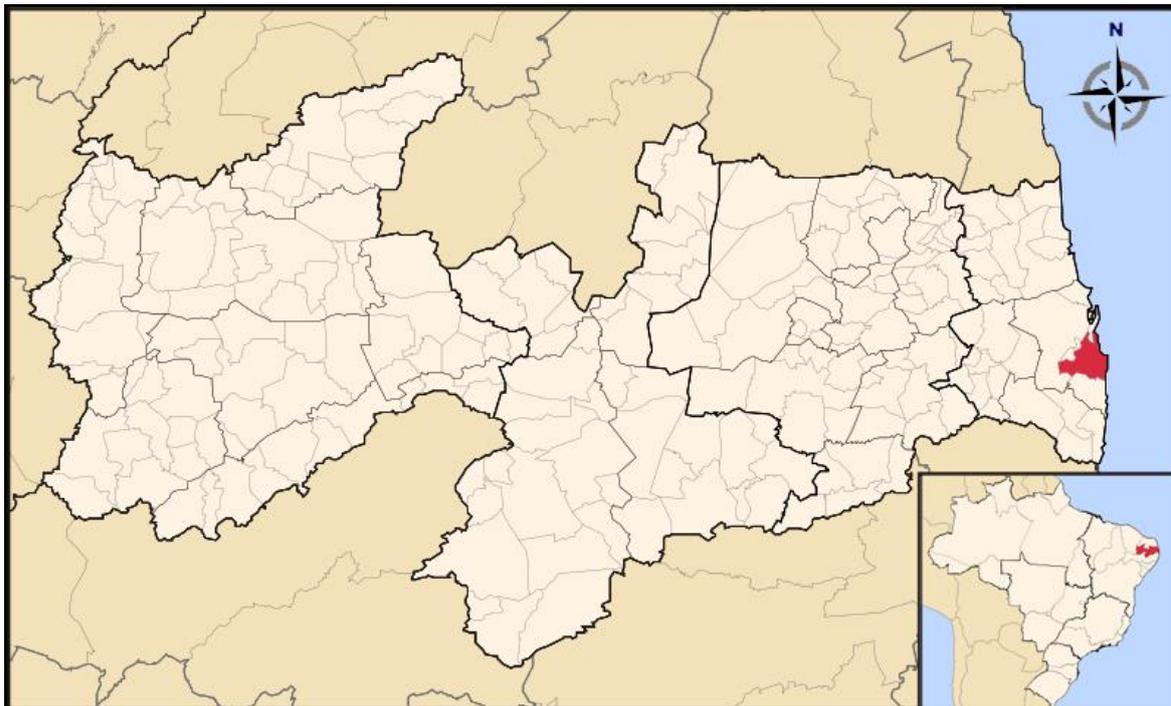


Figura 1-1: Localização João Pessoa/ PB.
Fonte: Wikipédia

O clima é quente e úmido, com temperatura média anual de 25° C e umidade relativa do ar média anual de 80% (Atlas do Estado da Paraíba *apud* SILVA, 1999) caracterizando-se por temperaturas médias anuais elevadas, assim como elevada umidade relativa do ar e intenso regime pluviométrico. O período de maiores chuvas compreende os meses de março a agosto, os meses mais secos vão de outubro a dezembro. De acordo com a classificação bioclimática de Köppen, o clima de João Pessoa é do tipo mediterrâneo ou nordestino sub-seco, classificado como 3d th, (Figura 1.2).

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

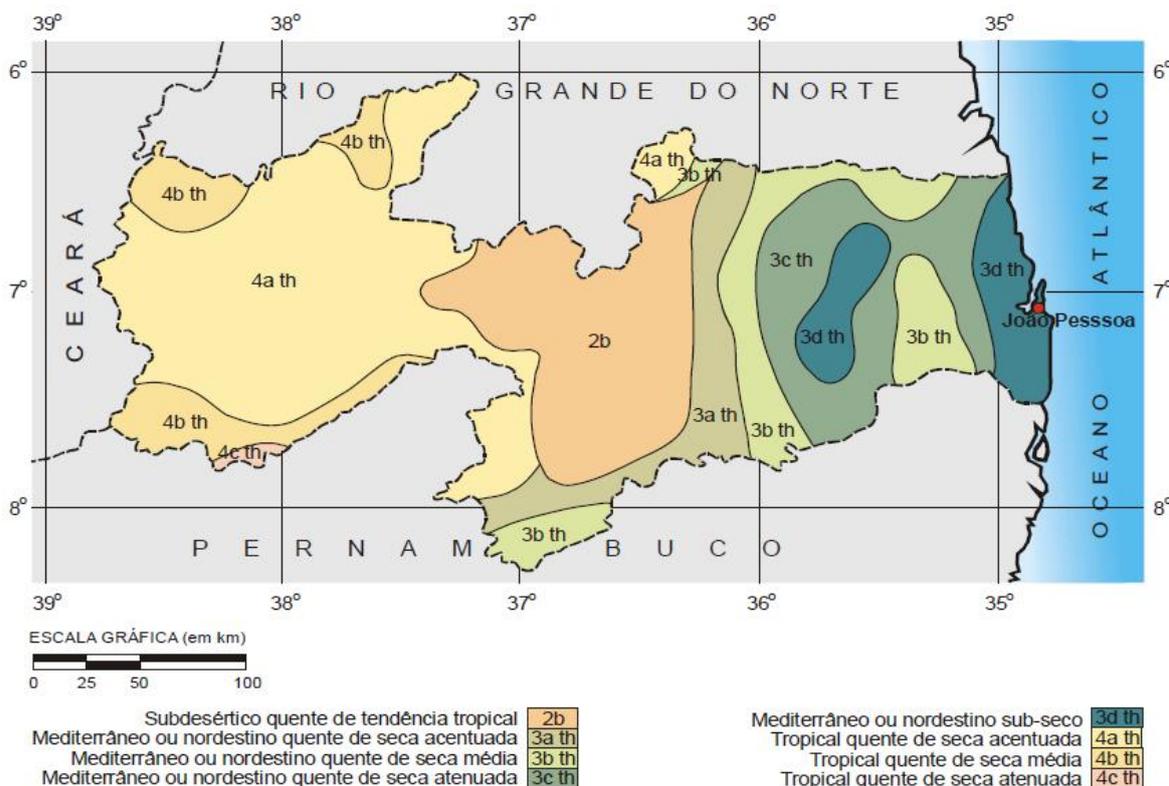


Figura 1-2: Regiões bioclimáticas do Estado da Paraíba segundo a classificação de Köppen.
Fonte: Atlas do Estado da Paraíba *apud* SILVA, 1999. p.18.

Além das características do macroclima regional, para o estudo do espaço urbano faz-se necessário o conhecimento do comportamento climático local. Optou-se, assim, pela observação das normais climatológicas obtidas através do cálculo das médias de alguns parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial.

Nesta pesquisa, a determinação dos períodos de coleta de dados foi proposta a partir das normais climatológicas identificadas por Carvalho (2001), ao analisar os dados da estação meteorológica do Aeroporto Castro Pinto, referentes a um período de dez anos, 1985 a 1994 (Figura 1.3). Constatou-se que os meses de novembro a abril obtiveram média superior a 26°C, configurando-se nos meses mais quentes do ano, enquanto os meses de junho a setembro tiveram média inferior a 25°C. Observa-se também que o mês de julho apresentou a segunda maior média para umidade relativa do ar, inferior apenas ao mês de junho, enquanto o mês de novembro apresentou a terceira menor média, superior aos meses de dezembro e janeiro.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

MÊS	MÉDIA	MAX ABS	MIN ABS	AMPL ABS	MED MÁX	MED MÍN	AMPL MED	UMID REL	NEB MED	DIR VEN	VEL VEN
JAN	27,00	33,2	19,4	13,8	30,6	23,3	7,3	76,54	3,91	150	3,53
FEV	26,99	33,2	20,7	12,5	30,6	23,4	7,2	77,92	4,16	150	3,36
MAR	26,93	33,4	20,4	13,0	30,6	23,5	7,1	80,44	4,43	150	3,17
ABR	26,45	32,4	20,4	12,0	30,0	23,4	6,6	83,13	4,72	150	3,3
MAI	25,80	31,7	20,0	11,7	29,5	22,6	6,9	84,33	4,57	150	3,45
JUN	24,82	32,6	18,6	14,0	28,6	21,7	6,9	86,03	4,85	210	3,85
JUL	24,13	32,6	18,5	14,1	27,9	21,0	6,9	85,61	5,03	180	4,05
AGO	24,23	30,4	16,5	13,9	28,2	20,7	7,5	82,82	4,34	180	4,21
SET	24,94	31,2	18,0	13,2	28,8	21,3	7,5	80,22	3,86	180	4,13
OUT	25,71	31,4	18,6	12,8	29,4	22,0	7,4	78,09	3,75	150	3,93
NOV	26,28	31,8	20,4	11,4	29,9	22,8	7,1	77,51	3,93	150	4,01
DEZ	26,72	31,8	18,8	13,0	30,3	23,1	7,2	76,18	3,84	150	3,73
ANO	25,81	33,4	16,5	16,9	29,5	22,4	7,1	80,85	4,3	150	3,73

Legenda: MÉDIA – Média das temperaturas; MÁX ABS – Temperatura máxima do período; MÍN ABS – Temperatura mínima do período; AMPL ABS – Amplitude entre as temperaturas máxima e mínima absolutas; MED MÁX – Média das temperaturas máximas diárias; MED MÍN – Média das temperaturas mínimas diárias; AMPL MED – Amplitude entre as médias das temperaturas máxima e mínima; UMID REL – Média das umidades relativas do ar; NEB MED – Média das nebulosidades; DIR VEN – Direção do vento mais freqüente; VEL VEN – Velocidade média do vento.

Figura 1-3: Normais Climatológicas para João Pessoa– 1985 a 1994.

Fonte: Carvalho, 2001.

1.5.2 Mata do Buraquinho

João Pessoa apresenta uma peculiaridade em relação às outras capitais brasileiras, pois em seu centro geográfico, e incrustado em sua malha urbana, existe um remanescente de Mata Atlântica com 515 hectares de extensão, hoje classificada como Área de Preservação Permanente - APP. Em 2000, parte dessa área (343 ha) foi destinada a criação do Jardim Botânico Benjamin Maranhão, com o intuito de promover a pesquisa, a educação, o lazer e a cultura de forma integrada.

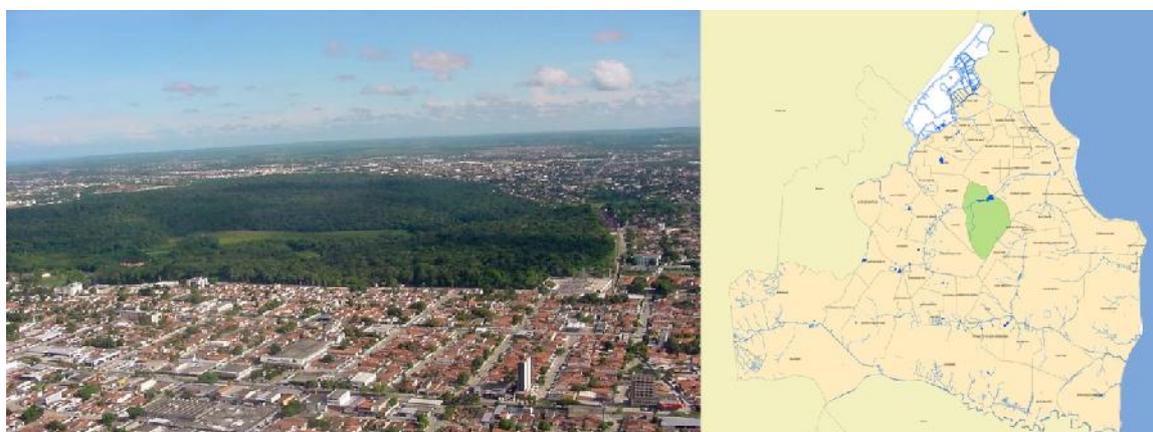


Figura 1-4: Área de Preservação Permanente Mata do Buraquinho, João Pessoa / PB.

Fonte: Araújo, 2008 e PMJP, 2010.

De acordo com Barbosa (1996), no Estado da Paraíba não existe remanescente de Mata Atlântica com área superior a 1500 hectares devido ao desmatamento. A retirada de madeira e o aumento das áreas cultiváveis para cana-de-açúcar reduziram esta formação a pequenas ilhas, bastante vulneráveis, e que, hoje, não representam mais do que 0,4% da área total do Estado. Percebe-se então, a importância da preservação da Mata do Buraquinho que, com 515 ha, constitui uma das áreas mais representativas da Mata Atlântica paraibana.

Localizada a sudeste do centro comercial de João Pessoa e a uma altitude média de 45m, a Mata do Buraquinho é cortada ao meio pelo rio Jaguaribe que, represado em seu interior, forma o açude do Buraquinho. O Jaguaribe é o maior rio do município, atravessando toda a cidade e formando um grande corredor verde. De acordo com Barbosa (1996), foi graças à proteção desse manancial que houve a preservação desta área.

Sete bairros delimitam a Mata do Buraquinho: Torre, Jaguaribe, Varjão, Cristo Redentor, Água Fria, Bancários e Castelo Branco. Bairros predominantemente residenciais de classe média e baixa, que apresentam predomínio de edificações térreas, com exceção de Bancários e Água Fria que passam por rápido processo de verticalização, com edificações de até quatro pavimentos.

1.6 Estrutura do Trabalho

Esta pesquisa foi estruturada em cinco capítulos. O capítulo inicial apresenta uma breve discussão sobre o tema, em seguida apontam-se: os objetivos da pesquisa; a justificativa do trabalho, ressaltando a sua relevância; a contribuição esperada; o universo de análise, com uma breve explanação sobre a cidade de João Pessoa e suas características climáticas, assim como sobre a Mata do Buraquinho, objeto de estudo desta pesquisa; e, por fim, é apresentada a estrutura geral do trabalho.

O segundo capítulo destina-se a fundamentação teórica através da análise de conceitos e métodos de pesquisa. Tem início a partir da definição do clima urbano, em seguida, debate-se a importância das áreas verdes urbanas e, por fim,

apresentam-se os estudos antecedentes, enfatizando o estado da arte, as diferentes metodologias adotadas e os resultados alcançados.

O terceiro capítulo expõe a metodologia aplicada, indicando e esclarecendo as estratégias e ferramentas adotadas. Seis etapas são descritas, da revisão bibliográfica ao encerramento, enfatizando as etapas de planejamento e de análise dos dados de pesquisa.

No quarto capítulo encontra-se a análise e a discussão sobre os resultados obtidos, em quatro etapas. Inicialmente, foi realizada a caracterização física das áreas de implantação dos pontos de coleta de dados. Em seguida, procedeu-se um comparativo entre o comportamento das médias horárias de temperatura e umidade relativa do ar entre os doze pontos urbanos, o interior da Mata do Buraquinho e o aeroporto Castro Pinto. Na terceira etapa, foram analisados os comportamentos das amplitudes diárias de temperatura e umidade, com a identificação das temperaturas máxima e mínima, assim como o horário de ocorrência. Por fim, realizou-se o comparativo entre o comportamento climático dos treze pontos analisados.

O quinto capítulo destina-se as considerações finais, apontando os avanços alcançados, assim como também as limitações existentes. Em seguida, são feitas algumas sugestões e recomendações para a realização de trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

2.1 Clima Urbano

Como se sabe, os ambientes urbanizados geram microclimas próprios que modificam o macroclima regional, com magnitude proporcional à intensidade e tipo de intervenção humana realizada. Nesse sentido, Monteiro (1976) define clima urbano como um sistema que engloba o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.

Adiante serão expostos alguns conceitos referentes ao estudo do clima urbano cuja compreensão se fez necessária para o desenvolvimento desta pesquisa com o intuito de propiciar a homogeneização dos conceitos empregados durante a sua realização.

Inicialmente, destaca-se o conceito de clima proposto por Hann (1903) para quem clima é definido como a soma total dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em qualquer local da superfície terrestre. No mesmo sentido, Koenisberger (1977) define clima como a integração no tempo dos estados físicos do ambiente atmosférico, característicos de certa localidade geográfica.

O tempo atmosférico, de acordo com Hann (1903), é um estágio da sequência de fenômenos que completam o ciclo, repetindo com maior ou menor uniformidade todo ano, constituindo assim, o clima de uma localidade. Koenisberger (1977), novamente e de forma mais sucinta, define-o como o estado momentâneo do ambiente atmosférico em certa localidade.

Nesta sequência, um terceiro conceito torna-se fundamental para a climatologia urbana, o conceito sobre ritmo. Proposto inicialmente por Sorre e desenvolvido posteriormente por Monteiro (1976), compreende o processo interativo entre a circulação atmosférica e os elementos do clima, tratados em sua sequência temporal.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

Além dos fenômenos atmosféricos, os estudos climatológicos incorporam a análise da interação entre os diversos fatores geomorfológicos e espaciais (globais e locais) e a caracterização dos elementos climáticos. Dessa forma, a conceituação sobre os fatores e os elementos climáticos torna-se essencial para o desenvolvimento desta pesquisa. Neste sentido, Romero (2000) define fatores e elementos climáticos de forma bastante simplificada:

- a. Fatores climáticos globais: são aqueles que condicionam, determinam e dão origem ao clima nos seus aspectos macro ou mais geral (radiação solar, latitude, longitude, altitude, ventos e massas de água e de terra) (Figura 2.1).
- b. Fatores climáticos locais: são aqueles que condicionam, determinam e dão origem ao microclima (topografia, vegetação e superfície do solo) (Figura 2.1).
- c. Elementos climáticos: são aqueles que representam os valores relativos a cada tipo de clima (temperatura, umidade do ar, precipitações e movimentos do ar) (Figura 2.1).

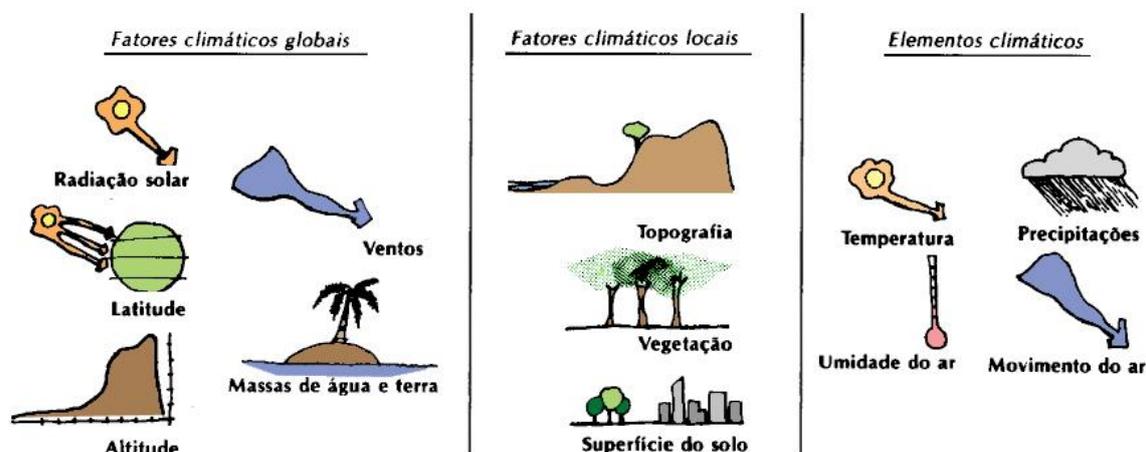


Figura 2-1: Fatores e elementos climáticos.
Fonte: Romero (2000).

Outro importante aspecto que deve ser discutido dentro do universo do estudo do clima urbano refere-se ao entendimento das escalas climáticas, pois sua compreensão auxiliará na determinação de áreas realmente representativas do fenômeno a ser analisado. Atualmente, a classificação mais utilizada entre os estudos de climatologia urbana foi proposta por Oke (1978, 2004), na qual se sugere a existência de dois tipos de escala: horizontal e vertical.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

A escala horizontal abrange deslocamentos no plano horizontal, desde a influência de edificações até toda a cidade. Nas áreas urbanas são três tipos de escalas de interesse: a micro-escala estende-se de um a centenas de metros, corresponde à influência de prédios, árvores, estradas; a escala local varia de um a vários quilômetros, representa os climas dos arredores com características similares de desenvolvimento urbano; e a meso-escala abrange dezenas de quilômetros e corresponde a toda a cidade (Figura 2.2).

A escala vertical abarca desde a superfície do solo até a atmosfera alterada pela cidade. Também é composta por três escalas: PBL – Planetary Boundary Layer, UBL – Urban Boundary Layer e a UCL – Urban Canopy Layer. A UCL, ou camada intraurbana, tem início na superfície do solo e se estende até a linha de cobertura dos edifícios. A UBL, ou camada limite urbana, é a região onde as características climáticas são alteradas pelo contato com a UCL, envolvendo toda a cidade e a atmosfera alterada por ela, conforme Figura 2.2.

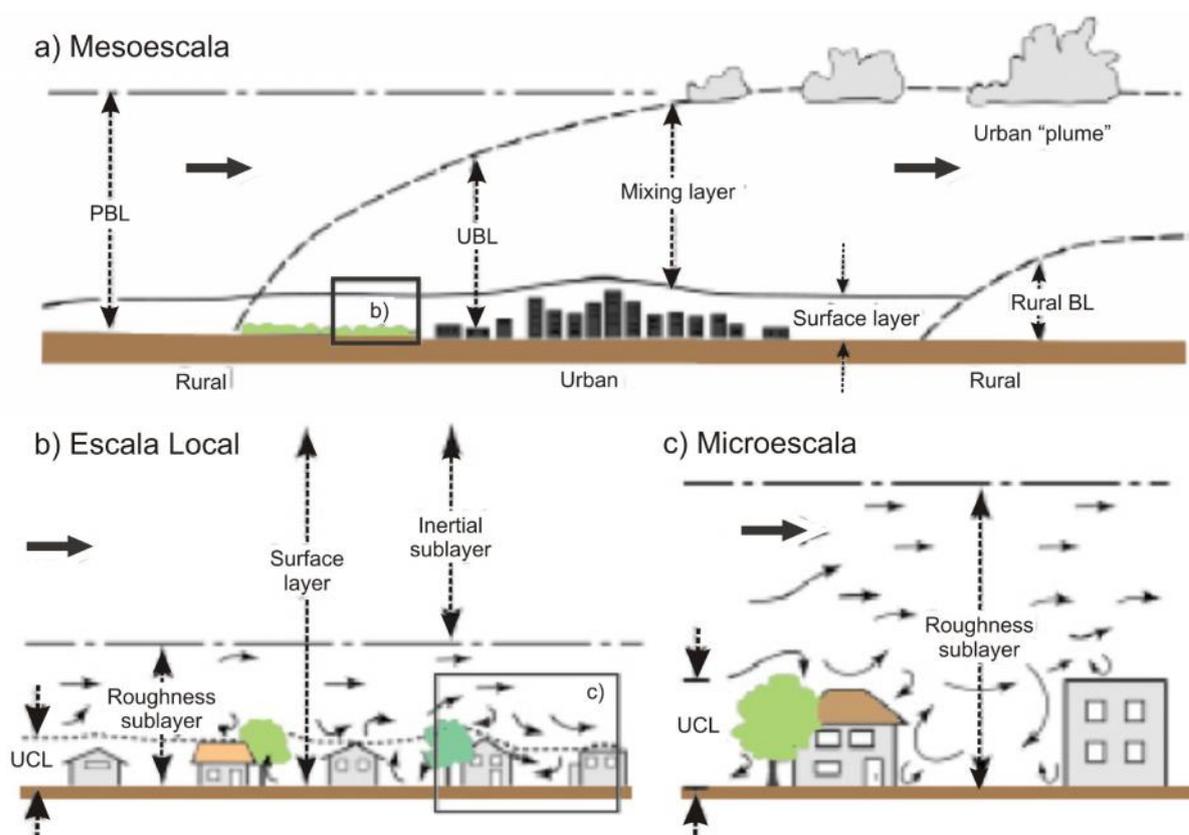


Figura 2-2: Esquema da escala climática e camadas verticais encontradas na área urbana: (a) Mesoescala, (b) Escala Local e (c) Microescala.

Fonte: OKE (2004).

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

De acordo com Landsberg (1981), a interação entre as escalas atua como uma gangorra, em alguns momentos as condições do tempo da mesoescala exercem influência dominante; e, em outros momentos, as condições da escala local prevalecem, embora ambas estejam sempre presentes. Dos fatores sinópticos, a ventilação exerce o maior controle sobre a escala local.

Segundo Koenisberger (1977), os principais fatores urbanos que podem condicionar os elementos climáticos regionais na composição do clima urbano são:

- a) Mudança de qualidade de superfícies: Aumento da absorção da radiação solar e redução da evaporação.
- b) Edifícios: projetam sombras, atuam algumas vezes como barreiras e em outras canalizam os ventos, além de absorver o calor, devolvendo-o ao ambiente lentamente à noite.
- c) Infiltração da energia: aparelhos aquecedores e refrigeradores de ar, motores de combustão interna, utensílios elétricos, fornos.
- d) Poluição atmosférica: resíduos domésticos, industriais e de automóveis, compostos por fumaças e vapores que reduzem a radiação solar direta, mas que aumentam a difusa e são uma barreira para a radiação refletida.

A interação dos elementos acima citados resulta na formação do fenômeno atualmente conhecido por Ilha de Calor Urbana, caracterizado pelo aumento da temperatura do ar no interior da cidade em relação ao seu entorno rural. Este fenômeno foi definido por Gartland (2010) como um “oásis invertido”, próprio das áreas urbanas e suburbanas que possuem temperatura do ar e das superfícies superiores a das suas áreas rurais circundantes.

De acordo com a proposta metodológica desenvolvida por Monteiro (1976), conhecida por Sistema do Clima Urbano - SCU, as consequências da intervenção humana no espaço urbano, apesar de indissociáveis, podem ser ordenadas em três subsistemas identificados a partir dos canais da percepção humana: conforto térmico, qualidade do ar e impacto meteórico. Esses três subsistemas correspondem, respectivamente, aos subsistemas: termodinâmico, percebido pelas ilhas de calor e pelas alterações na ventilação e precipitação; físico-químico,

referente à poluição do ar; e, por fim, hidromecânico, através da intensificação das tempestades, tornados, furacões, nevasdas e aguaceiros.

Além dos aspectos conceituais, alguns aspectos históricos são necessários para o entendimento do cenário atual da climatologia urbana. Acredita-se que a primeira investigação sobre os contrastes entre a atmosfera urbana e a do campo, foi realizada em 1661, a partir dos trabalhos desenvolvidos por Evelyn sobre a poluição do ar em Londres. Porém, o primeiro estudo sobre o clima urbano foi realizado apenas em 1833, por Luke Howard, também na cidade de Londres, ao analisar os contrastes meteorológicos entre a metrópole e diversos pontos em torno dela (Monteiro, 1976).

Desde então, os estudos sobre o clima urbano se multiplicaram, inicialmente nas cidades industrializadas da Europa ocidental e, depois, na América do Norte. No Brasil, a climatologia urbana se estruturou a partir de 1970, a partir dos estudos realizados por Monteiro e a proposição do SCU, originando assim a chamada escola brasileira de climatologia urbana. Esta percepção do clima como um sistema foi uma importante contribuição metodológica para o desenvolvimento dos novos estudos e para a solidificação desta ciência no Brasil.

Em um dos principais estudos sobre climatologia urbana no Brasil, Lombardo (1984) analisou o fenômeno da ilha de calor urbana na cidade de São Paulo, através de imagens de satélite e de medições de campo. A pesquisadora constatou que, na cidade de São Paulo, a área central era o local urbano onde as temperaturas atingiram os valores mais altos, enquanto os valores mais baixos foram encontrados nas áreas verdes e nos reservatórios de água, reafirmando a forte influência dos elementos artificiais urbanos na formação do clima urbano.

Atualmente, as pesquisas científicas sobre climatologia urbana podem ser enquadradas em três categorias, de acordo com o método empregado: medições de campo; análise de dados e imagens obtidos por satélite; e através da utilização de modelos numéricos com a aplicação de modelos computacionais. É importante lembrar que em muitas vezes os estudos são realizados a partir da união de dois ou

todos os métodos citados, como os estudos realizados por Lombardo (1984) e Yu e Hien (2006).

Para as pesquisas sobre o clima urbano que utilizam as medições de campo como fonte de dados, assim como a presente pesquisa, é fundamental o conhecimento sobre os equipamentos e ferramentas utilizados para a coleta de dados, além da clareza do objetivo da pesquisa, pois são estes fatores que determinam a escolha certa dos locais de implantação dos instrumentos de pesquisa, evitando o comprometimento dos dados.

Com estas orientações, em 2006, foi publicado o *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urbans Sites* pela World Meteorological Organization – WMO. Desenvolvido pelo professor Tim Oke, esta publicação fornece subsídios para a escolha dos locais de medição: enfatizando a necessidade da compreensão das diferentes escalas do clima urbano (verticais e horizontais); orientando a implantação do ponto de medição, através da natureza física do terreno, ao delimitar áreas homogêneas e de transição; e, por fim, apontando a importância do conhecimento do tipo de sensor utilizado, para a melhor orientação e implantação, destacando a importância sobre a realização de manutenção adequada.

2.2 Áreas Verdes

De acordo com Macedo (1995), área verde designa toda e qualquer área na qual, por um motivo qualquer, exista vegetação. Para Lima *et al* (1994), é necessário o predomínio de vegetação arbórea, porém, desconsideram-se os espaços com árvores locadas sobre pisos impermeáveis.

Percebe-se que o termo área verde é bastante amplo, pode englobar desde pequenas áreas, como jardins e quintais, estendendo-se até grandes áreas, tais como parques, bosques e matas. A amplitude conceitual desse termo faz com que ele se enquadre bem nos estudos sobre climatologia urbana, pois para os fenômenos climáticos não há diferenciação na natureza do espaço analisado, se público, potencialmente coletivo ou privado.

De acordo com Mascaró (2004), as áreas verdes exercem funções fundamentais para o bem estar da população no contexto urbano, são elas: climática, paisagística e ecológica. Quanto à função climática, a vegetação pode contribuir com o controle da temperatura e umidade do ar, ação dos ventos e da chuva e, também, para a amenização da poluição do ar. A função paisagística atua simultaneamente sobre o lado físico e mental do homem, seja pela composição estética ou por proporcionar a realização de atividades recreativas. Por fim, a função ecológica tem o papel de manter e promover o equilíbrio da fauna e da flora urbana.

Segundo Landsberg (1981), as superfícies verdes têm a função de mitigar os aspectos indesejáveis do clima urbano. Dentro de suas fronteiras e um pouco mais, amenizam os efeitos produzidos pela ilha de calor, diminuem os níveis de ruído, filtram determinados poluentes do ar, além de equilibrarem o balanço de água, reduzindo a ocorrência de enchentes no espaço urbano.

Como mencionado no item 2.1, a presente pesquisa se insere dentro do universo do subsistema termodinâmico, sendo assim, este estudo se restringiu apenas a análise das contribuições climáticas da vegetação no espaço urbano, em especial, sobre as variáveis temperatura e umidade do ar, sem desconsiderar a existência das demais influências. Por isso, será debatida apenas a influência da vegetação sobre os aspectos climáticos.

Como se sabe, a presença de áreas verdes no espaço urbano configura-se em uma importante estratégia climática para a formação de microclimas urbanos agradáveis. As áreas verdes possuem propriedades térmicas que ajudam a equilibrar o balanço energético urbano, em oposição aos materiais artificiais que armazenam maior quantidade de calor. Além disso, quando bem inseridas na malha urbana, estes espaços podem amenizar as consequências dos rigores climáticos, tais como, altos índices de temperatura, precipitação e ventos.

De acordo com Gartland (2010), a vegetação reduz a formação de ilhas de calor urbana de duas maneiras: através do sombreamento das superfícies urbanas, mantendo-as mais frescas e reduzindo o calor que é transmitido para o ar; e através da evapotranspiração, utilizando a energia solar para evaporar a água.

O sombreamento proporcionado pela vegetação desempenha um importante papel na composição dos microclimas urbanos, diminuindo a incidência de radiação nas superfícies artificiais urbanas e, assim, atenuando as condições ambientais adversas (Figura 2.3).

Porém, conforme exposto por Lamberts, Dutra e Pereira (1997), mesmo áreas compostas apenas por superfícies gramadas também proporcionam importantes contribuições climáticas por irradiar menor quantidade de calor que qualquer outra superfície artificial e neutralizar grande quantidade de radiação solar devido à realização da fotossíntese. Afinal, como se sabe, a radiação solar de onda curta incidente na superfície foliar é absorvida ou retransmitida como radiação difusa. A vegetação utiliza parte dessa radiação absorvida para o seu metabolismo (fotossíntese) e transforma o restante em calor. O movimento de ar entre as folhas retira grande parte do calor absorvido do sol.

Segundo Collischonn e Tassi (2011), a evapotranspiração é o conjunto de dois processos: evaporação e transpiração. O primeiro processo ocorre através da transferência de água líquida para vapor de ar diretamente de superfícies líquidas. A transpiração envolve a retirada da água do solo pelas raízes das plantas, o transporte da água até as folhas e a passagem da água para a atmosfera através dos estômatos. Dessa forma, a evapotranspiração constitui-se em um importante processo para redução da temperatura por utilizar a energia térmica para a mudança de fase da água contida na superfície terrestre, o que inclui desde a água armazenada no solo até a água resultante do processo de fotossíntese.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

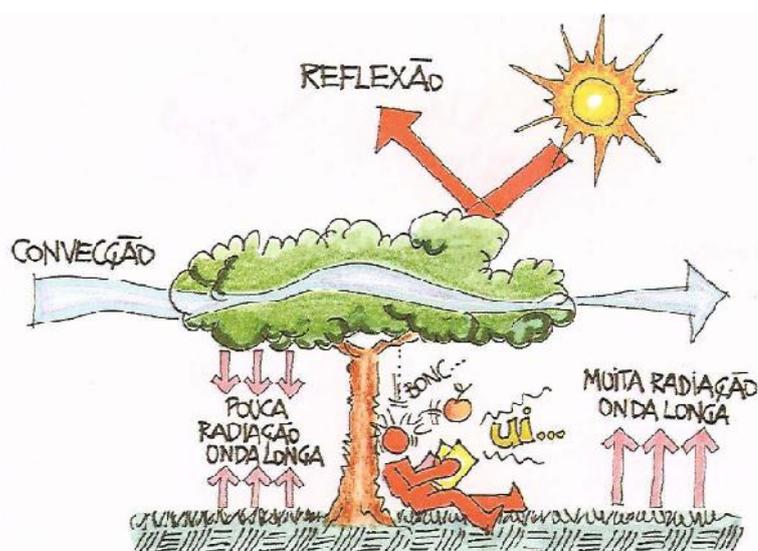


Figura 2-3: Árvore e Radiação Solar.
Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997).

Nesse sentido, Mascaró (2004) aponta que o potencial da vegetação na amenização climática varia de acordo com a morfologia (tipo, porte, densidade, albedo, transparência, cor e espessura foliar), idade, período do ano e, também, da morfologia do agrupamento arbóreo. O alcance e magnitude da influência dependerão também das condições climáticas locais e das características do entorno construído, tais como tipos de superfícies, permeabilidade do solo e densidade construída (ASAEDA e ABU, 1999; YU e HIEN, 2005; BAR e HOFFMAN, 1999).

Diante do exposto, percebe-se a dificuldade de estabelecer parâmetros para a compreensão do efeito de amenização climática proporcionada pela vegetação no espaço urbano. Dessa forma, diversos autores buscaram compreender estes fenômenos relacionando-os com a sua realidade local, o que implicou em diversas formas de abordagem e diferentes resultados.

Alguns estudos averiguaram a permeabilidade da vegetação à radiação solar. Givoni (*apud* LAMBERTS, 1997), por exemplo, afirma que em locais arborizados a vegetação pode interceptar entre 60 e 90% da radiação solar, ocasionando uma redução substancial da temperatura da superfície do solo. De acordo com Oke (*apud* Mascaró, 2004) apenas 20% do fluxo incidente sobre a cobertura vegetal atinge o solo.

Abreu (2008) investigou a influência de cinco diferentes espécies arbóreas no microclima da cidade de Campinas/ SP e constatou que as espécies com maior atenuação da radiação e maiores taxas de evapotranspiração são aquelas que proporcionam maior redução da temperatura do microclima urbano. No mesmo sentido, Bartholomei (2003) observou que, além da atenuação da radiação proporcionada pela sombra da árvore, outros fatores são fundamentais para o conforto térmico e devem ser considerados. É o caso da velocidade do ar que pode ser reduzida pela presença de vegetação, não sendo recomendada a utilização de indivíduos arbóreos com copa densa e baixa e com folhas largas justamente por dificultar o fluxo de ventos no nível do transeunte.

Outros estudos analisaram a influência das áreas verdes no espaço urbano ao investigar o alcance e a magnitude da amenização climática provocada por esses espaços na área urbana. Parte desses estudos visou contribuir diretamente com o planejamento urbano, propondo índices de áreas verdes ou fornecendo ferramentas de avaliação da qualidade ambiental urbana (GOMES e LAMBERTS, 2009; DUARTE e SERRA, 2003). E, por vezes, algumas pesquisas quantificaram a economia de energia relativa à refrigeração do ar nas edificações circunvizinhas. (YU e HIEN, 2004).

Makarieva e Gorshkov (2006) constataram a influência de grandes áreas verdes a nível global. Investigando o papel das florestas sobre a distribuição de precipitação e dos ventos ao redor do planeta, perceberam que, além das contribuições já conhecidas, as florestas também são responsáveis pela entrada de umidade no continente. Observaram que em áreas não florestadas, a precipitação decai com o distanciamento do oceano, não alcançando assim, mais que algumas centenas de quilômetros, diferentemente das áreas florestadas, onde o transporte da umidade alcança alguns milhares de quilômetros como, por exemplo, a Amazônia.

O mecanismo estudado, denominado bomba biótica de umidade, funciona da seguinte maneira: a evaporação de água pelas folhas das árvores é superior à observada no mar, ao subir, o vapor d'água encontra camadas de ar frio e se condensa, formando nuvens. Na condensação a água passa do estado gasoso para

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

o líquido, diminuindo o volume. Dessa forma, o ar acima das florestas se torna mais rarefeito, o que gera uma queda da pressão atmosférica. A queda na pressão faz com que o ar de superfícies vizinhas seja puxado, assim, o ar do oceano é sugado, trazendo a umidade, conforme demonstrado na Figura 2.4.



Figura 2-4: Bomba Biótica.

Fonte: Bioscience.

Constata-se assim, que a importância das áreas verdes não é percebida apenas a nível local, mas também global. As funções climáticas, paisagísticas e ecológicas desempenhadas por estas áreas são fundamentais para a construção de cidades mais humanizadas, energeticamente eficientes e ecologicamente equilibradas. Outro importante aspecto observado é que, de acordo com a dimensão, a contribuição climática pode ser local, regional e até mesmo global. No tópico a seguir, são analisadas algumas pesquisas que investigaram a interação entre clima e vegetação.

2.3 Estudos Antecedentes

O equilíbrio climático no espaço urbano é um importante fator para o alcance da qualidade ambiental e eficiência energética nas cidades de pequeno, médio e grande porte. Para o alcance do mencionado equilíbrio a energia solar recebida deve ser equivalente à emitida para o espaço, obtendo-se assim, uma temperatura média constante. Porém, como se sabe, a cidade passa por constantes e acelerados processos de mutação de suas características morfológicas e de superfícies, produzindo, conseqüentemente, alterações em seu balanço energético.

Como visto no tópico anterior, o uso da vegetação é uma importante estratégia para neutralização da radiação solar no espaço urbano. Com este intuito, diversos estudos voltados ao conforto dos espaços públicos, das edificações

isoladas e da cidade, foram e continuam sendo realizados através da aplicação das mais diversas estratégias de pesquisa. Neste sentido, a seguir, são relatados alguns estudos que buscam analisar a influência da vegetação no clima urbano através da aplicação de diferentes metodologias, destacando-se individualmente as diferentes linhas de pesquisa e os principais resultados obtidos.

Inicialmente, abordam-se as pesquisas que utilizam medições de campo para o registro das variáveis ambientais temperatura e umidade relativa do ar, através da implantação de transectos previamente propostos dentro da área de análise. Os transectos podem ser descritos como percursos que atravessam a área em análise nos quais se distribuem diversos pontos de coleta de dados, lineares ou não, com o intuito de caracterizá-la através do registro de algumas variáveis de acordo com o objetivo de pesquisa, sendo as mais comuns no estudo da climatologia urbana a temperatura e a umidade.

De acordo com Romero (2000), existem dois tipos de transecto: o primeiro refere-se ao transecto móvel, no qual, no mínimo um equipamento de medição é utilizado para a coleta sequencial em diferentes pontos. O segundo, conhecido por transecto fixo, utilizam-se vários equipamentos com registradores de dados simultaneamente, sendo um equipamento para cada ponto. O transecto móvel possibilita um menor custo de execução, por propiciar a utilização de um menor número de equipamentos. Por outro lado, o segundo método apresenta duas importantes características: registro completo da sequência de dados e a possibilidade de realização simultânea da coleta de dados em todos os pontos, evitando assim, a necessidade de correção estatística, que é inerente ao primeiro método, devido ao tempo necessário para o deslocamento entre o primeiro e o último ponto de estudo.

Através de medições móveis, Faria e Mendes (2004) investigaram a influência de diversos parâmetros urbanísticos, em especial vegetação e fator de visão do céu, em duas diferentes cidades: Bauru / Brasil e Braga / Portugal. Durante o experimento constataram que era possível estimar estatisticamente as temperaturas do ar do conjunto em horários comuns, correlacionando os dados de todos os

pontos com um ponto de referência, validando o método empregado. Quanto aos parâmetros urbanísticos, observou-se que maior presença de edifícios e ausência de cobertura vegetal faz com que as trocas de calor determinante sejam secas, aumentando a correlação entre temperatura e geometria local. Por outro lado, a presença de cobertura vegetal, com o aumento da influência de calor latente, reduz essa correlação. Constatou-se, ainda, que em ruas muito estreitas em relação ao gabarito das edificações circundantes, mesmo com geometria semelhante e pouca vegetação, a temperatura do ar na altura do pedestre passa a depender da exposição ao sol, sendo o comportamento da temperatura local condicionado pela orientação da via.

Fontes e Debin (2002) verificaram a influência climática de um bosque em seu entorno imediato na cidade de Bauru / BR, utilizando-se de medições móveis horárias das 7h às 18h, em dois pontos no interior da área verde e mais sete no seu entorno. Perceberam que no início da manhã não houve grandes diferenças entre a área verde e seus arredores. Porém, a partir das 9h, as diferenças apareceram, chegando a alcançar 2°C entre o interior da área em estudo e seu entorno imediato, e até 4°C em relação a pontos mais afastados. Observou-se também que o aquecimento diferenciado das superfícies resultou em variações climáticas significativas, ficando os pontos favorecidos pelo sombreamento das árvores e ventos locais com menor temperatura.

Oliveira *et al* (2008) analisaram, em Lisboa / Portugal, a influência de dois espaços verdes de pequenas dimensões, com diferentes características morfológicas, nas condições climáticas locais e no conforto de seus usuários. Utilizou-se, para tal, transectos fixos e móveis para registro de dados de temperatura e umidade e a aplicação de questionários para a identificação do comportamento e das preferências dos seus usuários. Constatou-se que até mesmo pequenas áreas verdes podem proporcionar temperaturas substancialmente mais baixas do que as de suas áreas envolventes, chegando a alcançar uma diferença máxima de 8,5°C entre a temperatura interna do jardim (sombra) e o ponto de coleta mais afastado (ao sol). Quanto ao comportamento dos usuários, observou-se que os locais de

permanência na praça variam de acordo com as condições meteorológicas e a estação do ano.

Duarte (2010) investigou o comportamento microclimático de uma Praça em João Pessoa/ Brasil e sua influência sobre o seu entorno imediato. Foram realizadas medições móveis em doze pontos internos e externos à praça, através do emprego de três estações meteorológicas portáteis. De acordo com os resultados obtidos, a cobertura vegetal existente na praça não foi suficiente para amenizar o microclima local, pois as variáveis morfológicas analisadas, como obstrução do céu visível e horas de insolação, exerceram maior influência sobre o comportamento da temperatura que a proximidade da vegetação existente.

Utilizando transectos fixos, Shashua-Bar e Hoffman (2000) analisaram o efeito de resfriamento de onze áreas arborizadas que apresentavam diferentes morfologias em Tel-Aviv / Israel. Dentre as áreas estudadas estavam parques, praças, avenidas e ruas arborizadas. Em todos os locais analisados, o efeito máximo de resfriamento foi obtido às 15h, geralmente no ponto central de cada transecto. Neste horário, o maior resfriamento foi obtido em um parque com pequenas dimensões, enquanto o menor foi registrado em uma rua arborizada, com respectivamente, 4° e 1,3°. Dessa forma, pode-se constatar que mesmo pequenas áreas verdes proporcionaram significativos efeitos de resfriamento que puderam ser observados a até 100m do local. Duas componentes foram descobertas para explicar cerca de 70% da variação de temperatura do ar observada dentro das áreas estudadas, são elas: o sombreamento proporcionado pela copa das árvores e a temperatura do ar circundante sem vegetação.

Em Singapura, Yu e Hien (2004) analisaram o impacto da influência de duas grandes áreas verdes, com 12 e 36 ha, em seu entorno construído. Os pontos de coleta foram dispostos linearmente e equidistantes, com cinco pontos dentro e cinco pontos fora da área verde. No maior parque, observou-se que as temperaturas no seu interior eram relativamente semelhantes, variando entre 25,2 e 25,5°C entre os pontos 1 e 4. O ponto 5, na borda e ligeiramente mais aquecido, provavelmente pelo calor antropogênico fornecido pela proximidade ao estacionamento e a rodovia.

Dentro do espaço urbano, ocorreu um sequencial aquecimento nos demais pontos, indicando que o resfriamento proporcionado pelo parque é limitado. O ponto mais aquecido foi o 9, que apresentou cerca de 1,3°C superior ao 6, que era o ponto mais próximo ao parque, dentre os pontos urbanos analisados. Outra importante constatação refere-se ao desvio padrão obtido no interior da área verde, inferior ao calculado para a área construída, demonstrando a capacidade da vegetação de estabilizar a flutuação de temperaturas, em oposição aos materiais de construção. Percebeu-se ainda, que o efeito de resfriamento obtido na área construída depende da direção do vento, geometria do entorno e da densidade foliar da vegetação. Por fim, utilizando-se de simulações computacionais, concluíram que construções próximas ao parque poderiam reduzir em até 10% do seu consumo energético destinado ao resfriamento.

Ca, Asaeda e Abu (1998), analisaram a influência de um parque urbano com aproximadamente 0,6 km² em seus arredores na cidade de Tama New Town / Japão. O estudo indicou que a vegetação pode alterar significativamente o clima da cidade, pois o parque estudado apresentou temperaturas mais frias que o seu entorno durante o dia e a noite. Com o auxílio de fortes ventos o ar fresco do parque pode ser levado para a cidade, amenizando a ilha de calor urbana. Os pesquisadores observaram que, ao meio dia, a temperatura encontrada nos estacionamentos e nas áreas comerciais vizinhas foi superior a 2°C em relação à temperatura do ar no parque. E, ao mesmo tempo, a temperatura de superfície do gramado do parque alcançou 44,3°C, sendo 19°C mais baixa do que a do asfalto e 15°C inferior a do concreto. Depois do por do sol, a temperatura do gramado volta a ser inferior a temperatura do ar, enquanto as superfícies artificiais se mantem mais aquecidas até tarde da noite. Por fim, conclui-se que a área verde em análise, ao meio dia, pode reduzir em até 1,5°C a temperatura do ar a uma distância de um quilômetro a favor do vento dentro de uma densa área comercial.

Utilizando-se de modelos numéricos, Honjo (*apud* YU e HIEN, 2004), estimou o efeito térmico proporcionado pela presença de áreas verdes em seu entorno construído. A pesquisa indicou que a área de influência do resfriamento proporcionado pela área verde está relacionada ao seu tamanho e ao intervalo entre

elas. A área média de influência foi em torno de 300m quando a sua dimensão era de 100m² e de apenas 400m quando sua área era de 400m², concluindo-se assim, que áreas verdes menores com adequado intervalo são mais indicadas para o resfriamento do entorno. O distanciamento ideal para as áreas verdes deve ser inferior a 300m.

Outros estudos visaram contribuir de forma direta para o planejamento urbano ao analisarem as relações entre as características do clima urbano com algumas variáveis que poderão ser facilmente regulamentadas pelo planejamento urbano, tais como, densidade construída, índice de áreas permeáveis e superfícies de revestimento.

Gomes & Lamberts (2009) analisaram o comportamento higrotérmico das áreas verdes e das áreas construídas em Montes Claros / Brasil, com especial interesse sobre a interface entre o estudo do clima urbano e a legislação urbanística, correlacionando os microclimas e as variáveis relacionados ao uso do solo, tais como proporção de áreas verdes, densidade construída e geometria urbana. Constatou-se que, como esperado, a temperatura do ar decaiu com o aumento das áreas verdes e subiu proporcionalmente ao aumento das áreas impermeáveis, porém estes resultados foram mais significativos à noite. Outra importante observação refere-se às variáveis urbanísticas: densidade construída e fator de visão de céu, pois se percebeu que, para a área central, a variável FCV exerceu maior influência no aquecimento noturno do que a densidade construída, demonstrando assim, a importância da geometria urbana para a dissipação do calor.

Duarte & Serra (2003) correlacionaram o microclima urbano a algumas variáveis do planejamento que poderiam ser regulamentadas pela legislação municipal, tais como: densidade construída, arborização e superfícies d'água. Os resultados demonstraram que as variáveis de ocupação e aproveitamento do solo apresentaram correlações sempre positivas em relação à temperatura do ar e com maior intensidade no período noturno. Quanto à arborização e superfícies d'água, as correlações foram negativas e aparentemente uniformes em todos os horários analisados. Na sequência, os pesquisadores propuseram um indicador que tem a

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

função de analisar a proporção ideal entre espaço construído e os elementos naturais a fim de orientar as medidas necessárias para a amenização do rigor climático local. Por fim, ao analisar sete casos em Cuiabá, definiu-se como padrão ideal de ocupação dentre os espaços analisados, o padrão com característica predominantemente horizontal, ou seja, edifícios de um ou dois pavimentos, com alguns edifícios altos isolados, com abundante vegetação.

O efeito térmico inverso, ou seja, do entorno construído no interior da área verde, foi investigado por Figueiró e Netto (2007) ao analisar a influência do espaço construído sobre as bordas florestais. Partiu-se do pressuposto que a pressão urbana na zona de interface floresta-cidade modificaria a dinâmica do efeito de borda, alterando em especial a temperatura interna desses espaços. Através da execução de três transectos móveis, foram registrados dados de temperatura e umidade, com início no entorno da mata partindo em direção ao seu interior. Confirmou-se que as bordas da floresta apresentavam maiores temperaturas que o seu interior, com diferenças de até 3,5°C no transecto borda-centro. Outra importante constatação refere-se às trilhas e aos caminhos abertos dentro da mata: percebeu-se que estas intervenções também contribuíam para o desequilíbrio climático dentro da área verde, pois aumentam a incidência da radiação solar e da ventilação, resultante da diminuição da cobertura vegetal e conseqüentemente das barreiras vegetais.

Como se pode perceber durante as análises apresentadas, os estudos realizados alcançaram diferentes resultados que, em alguns momentos podem ser percebidos como complementares e, em outros casos, divergentes. Esta constatação não pode ser explicada apenas pelas diferenças entre as metodologias de pesquisa adotadas, mas, principalmente, devido à diversidade existente entre os elementos e fatores climáticos atuantes, que variam de um local para outro, tais como, latitude, altitude, topografia, presença de massas d'água, densidade construída, tipos de superfícies, geometria urbana, densidade da vegetação, ventilação, temperatura e umidade do ar, entre muitas outras.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

Sendo assim, diante do exposto, percebe-se a necessidade da realização de estudos voltados à compreensão da realidade local, pois cada cidade apresenta peculiaridades climáticas que impossibilitam a generalização dos resultados obtidos. Como se sabe, quando se refere ao espaço urbano, não existe solução padrão. Dessa forma, a compreensão da realidade local, além de uma necessidade, torna-se cada vez mais um conhecimento fundamental para o alcance do adequado planejamento urbano e ambiental.

3. Metodologia

Neste capítulo discute-se os procedimentos metodológicos adotados na presente pesquisa ao relatar, detalhar e justificar todas as atividades executadas, agrupando-as em etapas seqüenciais. A segmentação por etapas fez-se necessária por razões didáticas, pois, apesar de complementares, em muitos momentos as atividades ocorreram simultaneamente, conforme exposto no detalhamento a seguir.

3.1 ETAPA 01 - Pesquisa bibliográfica

Na primeira etapa foram realizadas leituras, análises e interpretações de textos e dados publicados em periódicos científicos, livros, dissertações, teses, artigos de congresso, boletins, manuais, jornais, revistas e em sites na internet com o intuito de conhecer as contribuições científicas existentes sobre o tema, a fim de dar suporte às diversas fases de pesquisa. Esta etapa foi desenvolvida durante toda a pesquisa, simultaneamente às demais fases.

3.2 ETAPA 02: Caracterização da área

A caracterização da área de estudo teve início com o levantamento físico do local através de visitas in loco e do reconhecimento visual da área de pesquisa, por meio da análise de fotografias, imagens aéreas e da base cartográfica do local, visando compreender as diversas relações existentes entre o objeto de estudo e a cidade de João Pessoa.

Em seguida, o estudo florístico e fitossociológico da Mata do Buraquinho realizado por Barbosa (1996) foi investigado a fim de caracterizar o perfil e a morfologia da vegetação existente, com especial interesse na altura média e máxima das copas das árvores. Estas informações, quando cruzadas aos dados sobre orografia e gabarito das edificações, fornecem importantes subsídios para a compreensão do comportamento dos ventos locais.

A delimitação do recorte urbano estudado foi realizada de modo a contemplar situações a sotavento da mata, sendo composto por eixos ao norte, noroeste e

oeste, respectivamente os bairros Torre, Jaguaribe e Rangel. A definição desses eixos baseou-se na frequência de ocorrências e na distribuição dos ventos que, segundo Silva (1999), em João Pessoa concentram-se no quadrante sudeste, entre 150° e 180°, havendo ainda uma grande dispersão nas outras orientações. Cada eixo foi composto por quatro pontos de medição equidistantes e não lineares para abranger a frequente variação na direção dos ventos, totalizando doze pontos inseridos na malha urbana. No interior da mata e próximo a sede do Jardim Botânico, outro equipamento de coleta, com datalogger, foi instalado com o objetivo de registrar o comportamento climático interno local.

Após a escolha dos eixos de implantação de cada transecto, partiu-se para a definição do espaçamento entre os pontos de coleta. Como visto anteriormente, a área de alcance do efeito de mitigação do calor proporcionado pelas áreas verdes é bastante inconstante, podendo variar de alguns metros a dezenas de metros, de acordo com os elementos e fatores climáticos locais e, em especial, devido à morfologia da área verde e às características de ocupação de seu entorno (CA, ASAEDA e ABU, 1999; YU e HIEN, 2005; BAR e HOFFMAN, 1999). Neste estudo, para o monitoramento do comportamento climático dentro do recorte urbano analisado, optou-se por adotar uma área com diâmetro de 150 metros ao redor de cada ponto, estabelecida por Katzschner (1997) como representativa da variação climática urbana.

Com distanciamento entre pontos de 150 metros a partir da mata, cada transecto foi composto por quatro pontos com início na borda da mata. A área estudada, representativa da zona de transição climática mata-cidade, estendeu-se até aproximadamente 0,5 km em direção ao interior da malha urbana. Como pode ser observado na figura 3.1, foram locados treze pontos de coleta de dados, sendo doze na área urbana distribuídos em três transectos, A, B e C com quatro registradores espaçados a 0, 150, 300 e 450m e um no interior da mata.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.



Figura 3-1: Imagem aérea ortorretificada indicando os pontos de coleta de dados.
Fonte: Produzido a partir de PMJP (2008).

Com a definição dos pontos de coleta, partiu-se para a caracterização da área de entorno de cada equipamento através da identificação das principais variáveis de ocupação urbana, tais como: densidade construída, superfícies de revestimento, arborização e geometria urbana. Objetivou-se com essa caracterização fornecer subsídios para a compreensão do comportamento das variáveis ambientais temperatura e umidade relativa do ar ao longo dos transectos.

A identificação das características nos diversos pontos foi realizada a partir do reconhecimento visual, utilizando o programa de computador AutoCAD 2010, de imagens aéreas ortorretificadas obtidas em 2008 pelo satélite Quickbird, combinadas a uma base cartográfica digital, ambas fornecidas pela Prefeitura Municipal de João Pessoa - PMJP. Os mapas gerados nesta etapa foram atualizados através de visitas aos locais de estudo.

Em seguida, foram elaboradas treze fichas com o detalhamento das características locais para cada um dos treze pontos de medição, conforme a Figura 3.3. Foi estabelecida uma área circular com raio de 75 metros em torno de cada ponto, na qual foram analisados: arborização urbana; densidade construída, calculada através da taxa de ocupação e do índice de aproveitamento; e, por fim, os materiais predominantes de superfícies horizontais. Constam ainda nas fichas as características locais dos pontos de instalação dos equipamentos, tais como: tipo de revestimento do piso e das paredes circundantes; presença de vegetação e horas de insolação através dos diagramas solares utilizados também para identificação do Fator de Céu Visível, fornecendo importantes informações para a compreensão da interferência do local e da geometria do entorno.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

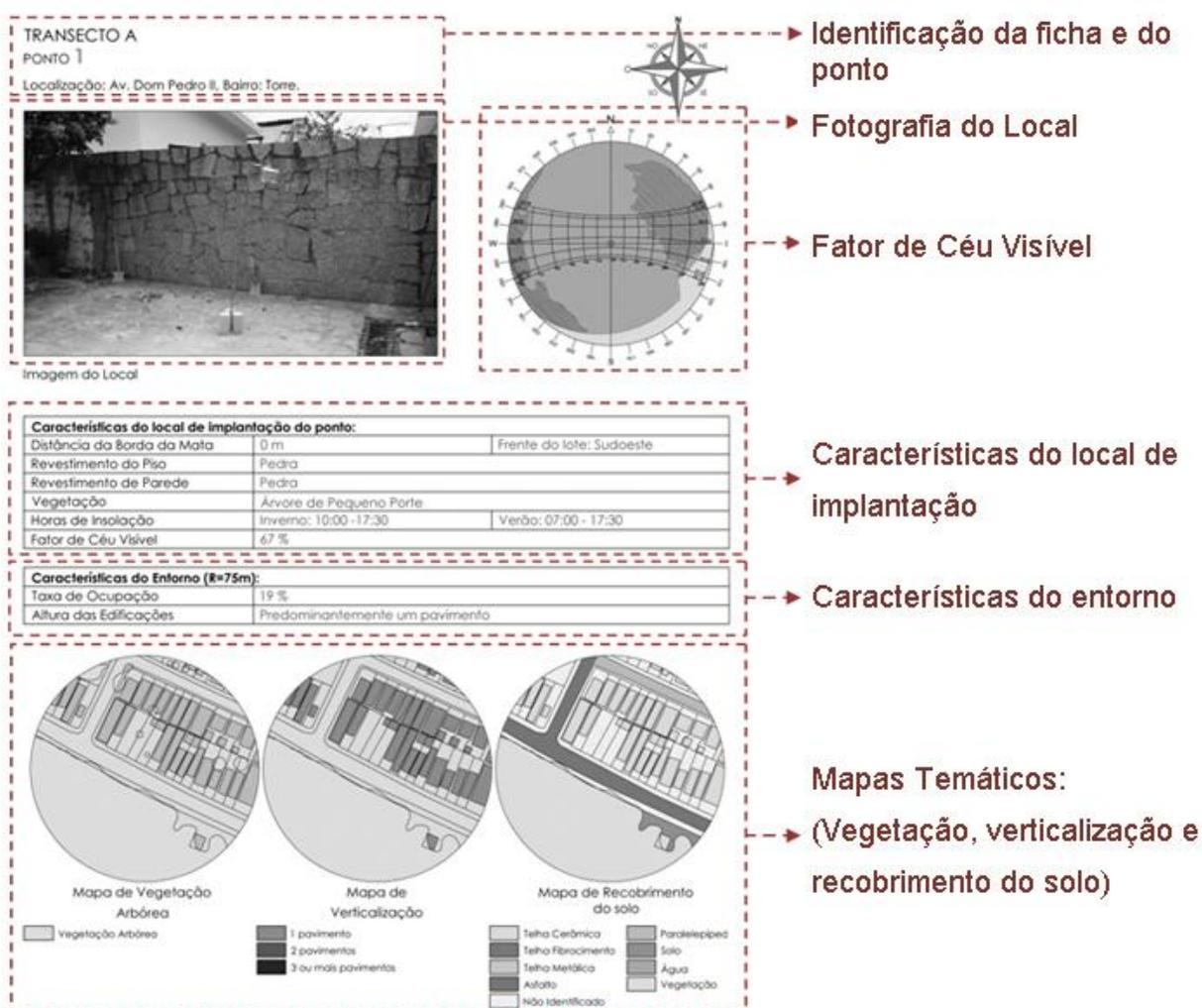


Figura 3-2: Ficha de caracterização do ponto de coleta de dados.

Os diagramas solares foram elaborados a partir de fotografias obtidas por um conjunto composto por uma lente olho mágico acoplado a uma câmera compacta comum, modelo DIGIMAX 360, marca SAMSUNG, simulando uma câmera fotográfica com lente objetiva olho-de-peixe (Figura 3.4). Ressalta-se que tal procedimento de análise é simplificado e apresenta algumas limitações. Tais limitações foram desconsideradas, uma vez que os dados obtidos foram utilizados apenas na comparação entre pontos. Ou seja, as limitações são recorrentes em todos os pontos, não gerando problemas que inviabilizassem a metodologia adotada. Os diagramas foram elaborados e analisados através do software AutoCAD, versão 2010.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.



Figura 3-3: Câmera digital compacta DIGIMAX 360

Figura 3-4: Lente adaptada, composta por olho mágico.

3.3 ETAPA 03: Planejamento das medições

A definição dos dias de coleta de dados foi proposta de modo a contemplar os períodos representativos da estação chuvosa e da estação seca, com o intuito de investigar o comportamento dos locais de estudo expostos a características climáticas extremas. Adotou-se como parâmetro o tratamento estatístico realizado por Carvalho (2001), ao analisar uma série de dados climáticos medidos na estação meteorológica do Aeroporto Castro Pinto referentes ao período de 1985 a 1994, exposto no item 1.4 do capítulo 1.

A coleta de dados referente à estação chuvosa foi realizada durante o período de 10 de julho de 2010 a 30 de julho de 2010, totalizando uma sequência de vinte e um dias de dados contínuos hora a hora. Foram instalados treze registradores de temperatura e umidade, sendo um no interior da Mata do Buraquinho e doze distribuídos em três eixos a sotavento da mata, conforme exposto no item anterior. O segundo período de coleta, representativo do período da estação seca, ocorreu de 09 de novembro de 2010 a 10 de dezembro de 2010, registrando uma sequência de trinta e dois dias de dados ininterruptos, hora a hora.

Os doze pontos de medição de temperatura e umidade na área urbana foram instalados em residências horizontais que apresentam características comuns de modo a homogeneizar o ambiente ao qual estavam expostos e uniformizar as possíveis interferências. Sendo assim, optou-se por instalar os equipamentos nos afastamentos frontais das residências que apresentavam piso em pedra, ausência

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

de cobertura e distanciamento mínimo de um metro das superfícies verticais, paredes.

Para a coleta de dados foram utilizados, nos treze pontos de medição, aparelhos registradores de temperatura e umidade, marca ONSET, modelo H8 (Figura 3.2(a)). Como os sensores adotados não possuíam proteção contra chuva e radiação solar direta e indireta, fez-se necessário a confecção de abrigos a fim de proteger os equipamentos da ação direta e indireta do sol e da chuva, Figura 3.2(b) e (c). O processo de concepção do abrigo de proteção desenvolvido durante esta pesquisa encontra-se detalhado por Amorim, Duarte e Leder (2010), os quais destacaram a eficiência, a rapidez e o baixo custo de confecção do abrigo em questão, executado com materiais simples de fácil aquisição, tais como bandejas de isopor e papel alumínio.

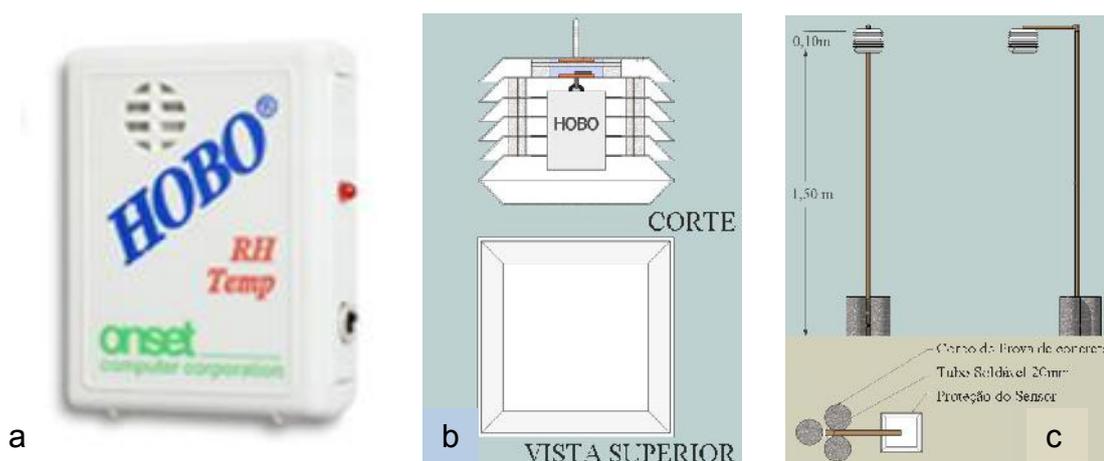


Figura 3-5: (a) Datalogger de Temperatura e Umidade, (b) e (c) Abrigo para o sensor higrotérmico. Fonte: www.onsetcomp.com e Amorim, Duarte e Leder, 2010.

Além dos pontos citados, outros dois pontos de coleta de dados compostos por duas estações meteorológicas com medidores de temperatura e umidade do ar, radiação solar, UV, ventilação (10m) e precipitação estavam previstos a barlavento e a sotavento da mata, com o objetivo principal de caracterizar a ventilação antes e depois de permear o interior da vegetação. Porém, devido a dificuldades técnicas encontradas no primeiro período de coleta e problemas com o console no segundo período, não foi possível a utilização desses dados na análise dos resultados.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

Uma solução alternativa seria a adoção da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET localizada na Universidade Federal da Paraíba - UFPB, a pouco mais de 120 metros a leste da mata. Porém, devido a problemas ocorridos com o registro dos dados exatamente no período julho e novembro/dezembro, não foi possível a sua utilização para esta pesquisa. Sendo assim, a opção restante foi o uso da estação meteorológica do Aeroporto Castro Pinto, localizado a aproximadamente 8 km da mata.

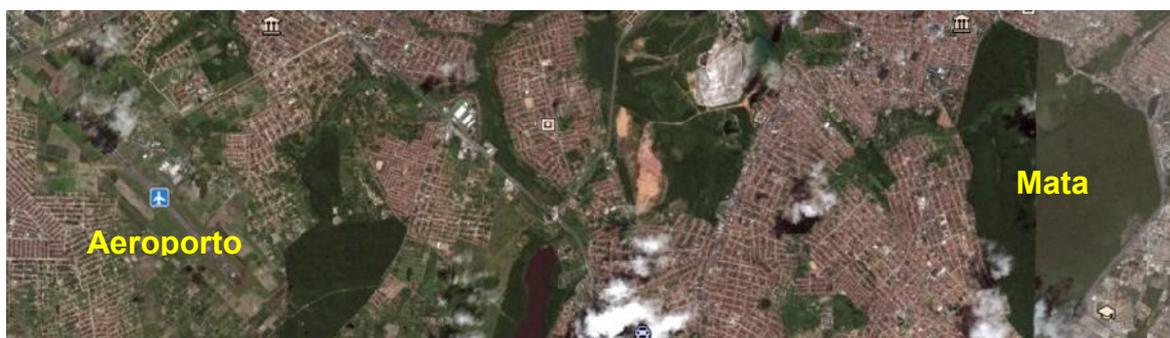


Figura 3-6: Localização do Aeroporto em relação à Mata.
Fonte: Google Earth

3.4 ETAPA 04: Tratamento e análise dos dados

A fase inicial desta etapa teve como objetivo descrever as características físicas locais de cada ponto de coleta de dados através da interpretação das fichas de caracterização dos pontos de medição contidas no apêndice A e, assim, subsidiar a compreensão das prováveis interferências ocasionadas pelo seu entorno. Buscou-se compreender como os diversos elementos locais interagiram e influenciaram os resultados obtidos.

Em sequência, realizou-se a análise exploratória dos dados obtidos pelos registradores de temperatura e umidade, através da aplicação do software Excel da Microsoft, versão 2007, com o intuito de facilitar a manipulação, visualização e compreensão da base de dados. A tabulação dos dados foi realizada de modo a fornecer subsídios para as fases posteriores de análise que consideraram, entre outras coisas, as inter-relações existentes entre as variáveis ambientais e urbanas.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

Na segunda fase de análise, procedeu-se um comparativo entre o comportamento das médias horárias de temperatura e umidade relativa do ar entre os doze pontos urbanos, o interior da Mata do Buraquinho e o aeroporto Castro Pinto, nos dois períodos de coleta, chuvoso e seco. Nesse comparativo foram observadas as curvas das médias horárias das variáveis ambientais em análise.

Nas terceira e quarta fase de análise, contou-se com o auxílio de gráficos do tipo Box-plot para o comparativo entre o comportamento climático dos pontos em estudo com o intuito de proporcionar uma ampla leitura das principais propriedades apresentadas pela sequência de dados coletados: tendência central, variação e formato.

Optou-se pela utilização da mediana como medida de tendência central na concepção dos gráficos, pois, como se sabe, este valor não se altera com o aparecimento de observações extremas contidas no conjunto de dados. Esta propriedade torna-se bastante útil ao se trabalhar com sequências de dados do clima urbano que frequentemente apresentam valores extremos, resultantes de dias atípicos na amostra, algumas vezes identificados como *outliers*¹. A medida de variação indica a proximidade entre os valores coletados e sua mediana, apontando a magnitude da dispersão. Quanto mais compacto o gráfico, maior semelhança entre os dados coletados. Por fim, o formato revela como os dados estão distribuídos, de forma simétrica ou assimétrica em torno da medida central, indicando se os dados seguem uma distribuição normal.

A terceira análise avaliou o comportamento das amplitudes diárias de temperatura e umidade em todos os pontos de coleta simultaneamente, destacando o valor mediano das amplitudes e a diferença entre os valores extremos registrados durante os períodos de análise. Em seguida, procedeu-se a correlação entre os resultados obtidos e as variáveis urbanas, com o propósito de identificar a influência da mata no equilíbrio climático local.

¹ Outliers são observações inconsistentes ou que apresentam um grande afastamento das demais, também denominadas *anormais*, *contaminantes*, *estranhas* ou *extremas*.

Na quarta e última análise, procedeu-se o comparativo entre o comportamento climático dos treze pontos em análise por transecto. Foram elaborados dois tipos de gráficos. O primeiro, tipo linha, apresenta o resumo do comportamento nos diferentes transectos em função dos horários selecionados através da exposição dos valores médios calculados. Já o segundo, do tipo boxplot, apresenta a distribuição de todos os valores registrados durante o período de coleta por cada transecto. Devido à quantidade de gráficos gerados, optou-se por inserir o segundo tipo de gráfico apenas no apêndice B.

Cada gráfico apresenta as variáveis ambientais, temperatura ou umidade, em função da distância da borda da mata, sendo apresentados inicialmente os valores coletados no interior da mata e, em seguida, os valores obtidos pelos pontos urbanos localizados nas distâncias de 0, 150, 300 e 450 metros da borda da mata.

Os horários de análise foram estabelecidos de acordo os resultados obtidos na segunda e terceira fase desta mesma etapa, nas quais foram identificadas as temperaturas extremas diárias, assim como os seus horários de ocorrência, 05h e 13h. Os demais horários, 09h, 17h e 21h, foram selecionados com um intervalo de quatro horas, objetivando assim, detalhar o ciclo de aquecimento e resfriamento diário da temperatura do ar atuante no espaço urbano. Deve-se ressaltar que o horário adotado para esta pesquisa corresponde à hora legal e não à hora solar.

Por fim, procedeu-se a correlação entre as variáveis ambientais coletadas, temperatura e umidade relativa do ar, com as variáveis urbanas apresentadas nas fichas do apêndice A.

3.5 ETAPA 05: Finalização da Pesquisa

Nesta etapa foram realizadas as atividades finais de pesquisa: as considerações e reflexões sobre o desenvolvimento da pesquisa, redação final do texto, revisão e diagramação da dissertação.

4. Análise dos Resultados

4.1 Caracterização dos pontos de medição

Para caracterização dos pontos de medição considerou-se inicialmente o contexto geral dos três bairros estudados: Torre, Jaguaribe e Rangel, por meio da análise das informações obtidas através de plantas cadastrais, mapas, visitas in loco e pesquisa bibliográfica. Em seguida, procedeu-se a observação das características locais dos pontos de coleta de dados e do seu entorno.

Na Figura 4.1 observa-se a inserção da Mata do Buraquinho no tecido urbano da cidade de João Pessoa. Destaca-se a dimensão da área verde estudada e os aspectos morfológicos do terreno através da observação das curvas de nível e da inserção do rio Jaguaribe, que atravessa a porção norte da mata. Observa-se ainda, a distribuição dos transectos A, B e C, em torno da mata, assim como a localização do ponto de coleta de dados no seu interior.

A caracterização da área de estudo teve início com a observação da orografia, pois, por condicionar o comportamento dos ventos, configura-se em um importante fator climático para o estudo do clima urbano. Observa-se através das curvas de nível apresentadas na Figura 4.1, a irregularidade do relevo local. A área a barlavento da mata – referente aos bairros Água Fria, Bancários e Castelo Branco – encontra-se sobre uma área situada entre 40 e 50 metros acima do nível do mar. No interior da Mata, ao norte, há um declínio no terreno que alcança a cota mínima de 10 metros, por onde passa o rio Jaguaribe. Por fim, a sotavento da mata, onde foram instalados os transectos A, B e C, retorna-se a uma altitude entre 40 e 50 metros acima do nível do mar. O transecto A foi situado entre 40 e 45 metros de altitude, enquanto os demais transectos foram inseridos numa altitude entre 45 e 50 metros acima do nível do mar.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

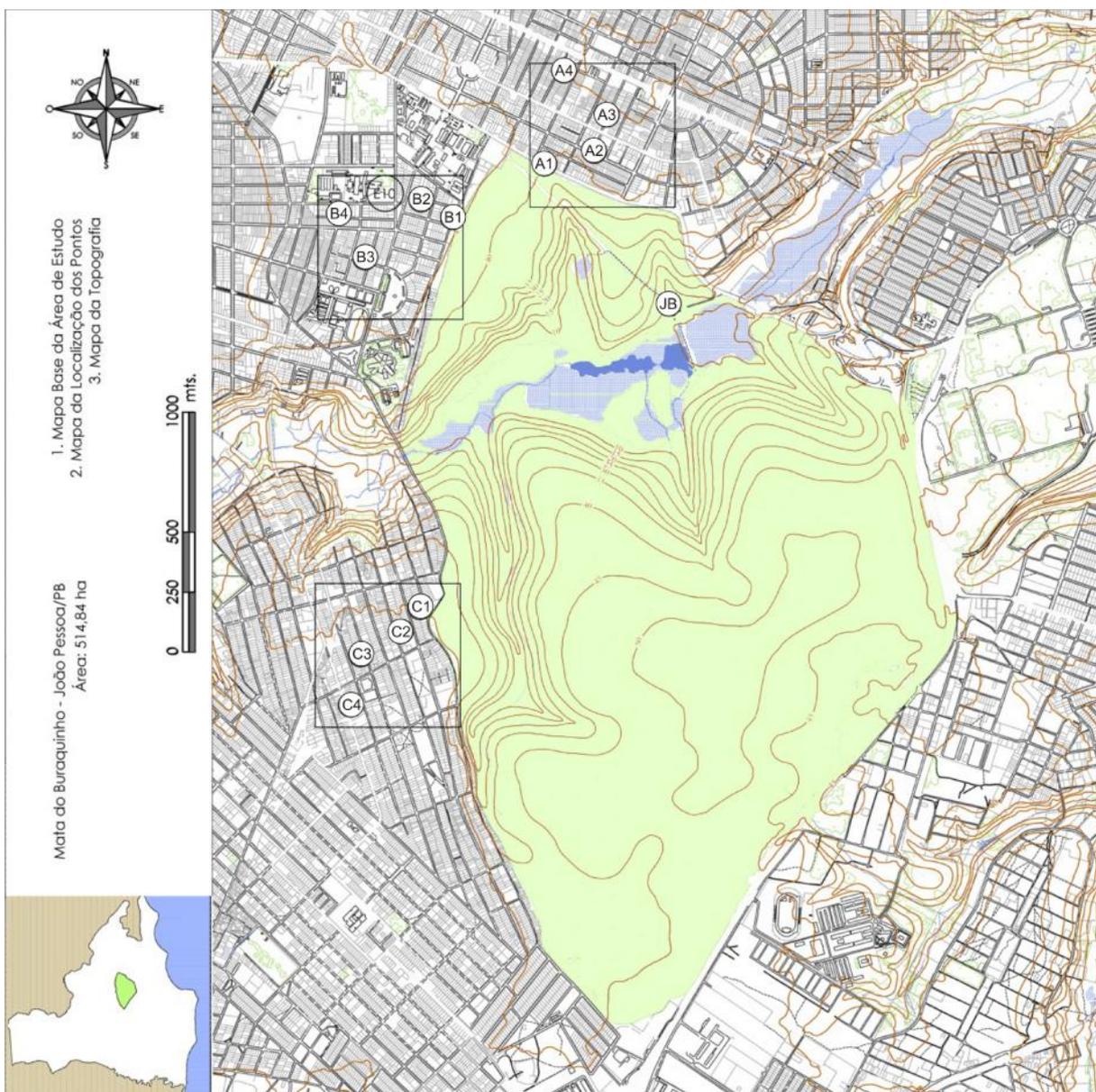


Figura 4-1: Mapa Base da Área de estudo com indicação dos pontos de medição.

Fonte: PMJP

O Bairro da Torre, onde está localizado o transecto A, situa-se ao norte da Mata do Buraquinho (Figura 4.2). Caracteriza-se pelo uso misto do solo, com predomínio do uso residencial e comercial. Por interligar o centro aos bairros da zona sul e aos bairros litorâneos através das avenidas Dom Pedro II, José Américo de Almeida e Epitácio Pessoa, encontra-se em rápido e constante processo de alteração de suas características morfológicas, destacando-se o recobrimento asfáltico de diversas ruas. No recorte urbano selecionado para implantação do

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

transecto A, há ainda o predomínio do uso residencial com construções de apenas um pavimento.



Figura 4-2: Vista aérea de um trecho do bairro da Torre, referente ao transecto A e planta cadastral com a localização dos pontos de coleta e sua respectiva distância da mata.

Fonte: PMJP.

O Bairro Jaguaribe, a noroeste da Mata, onde está localizado o transecto B, caracteriza-se pelo uso predominantemente residencial e por grande número de edifícios institucionais. Destaca-se, no recorte urbano estudado, o Hospital Laureano, o Tribunal de Contas da Paraíba e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, além de um mercado público (Figura 4.3).



Figura 4-3: Vista aérea de um trecho do bairro Jaguaribe, referente ao transecto B e planta cadastral com a localização dos pontos de coleta e sua respectiva distância da mata.

Fonte: PMJP.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

O Bairro Rangel, onde está localizado o transecto C, também conhecido por Varjão, situa-se a oeste da mata. Destaca-se dos demais devido a algumas características urbanas, tais como: menor dimensão dos lotes, presença de ruas não pavimentadas e ausência de esgotamento sanitário em alguns trechos, conforme a Figura 4.4. Assim como nos demais bairros, há o predomínio do uso residencial com construções de pavimento único, porém, na região oeste da área de estudo delimitada, há um intenso comércio favorecido pelo Mercado Público do Rangel.



Figura 4-4: Vista aérea de um trecho do bairro Rangel referente ao transecto C e planta cadastral com a localização dos pontos de coleta e sua respectiva distância da mata.

Fonte: PMJP.

A caracterização dos locais de implantação de cada ponto de coleta foi realizada através da leitura e interpretação das treze fichas, apresentadas no apêndice A, elaboradas a partir da observação das principais características locais e do entorno do ponto. Neste capítulo, para cada transecto, foi elaborada uma tabela com o resumo das características mais influentes, tais como: taxa de ocupação, posição do lote, tipo de pavimentação da rua frontal, existência e tipo de vegetação no lote, tipo de revestimento de piso e parede e Fator de Céu Visível.

O primeiro ponto observado foi o inserido no interior da mata do buraquinho. Por caracterizar a temperatura interna à mata, este ponto tornou-se referência para os três transectos estudados. Com o intuito de simular as características locais dos demais pontos, o equipamento de registro de dados foi instalado ao lado da

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

edificação sede do Jardim Botânico, sobre um tampo de concreto em meio a uma ampla área de solo (Figura 4.5). Buscou-se afastar o equipamento de medição das árvores circundantes com o intuito de manter o FCV semelhante ao dos pontos urbanos. Como pode ser observado na figura A.1 do apêndice A, o FCV obtido foi de 69%. Porém, por se tratar de um espaço não urbano, a taxa de ocupação calculada foi de 10%. Destaca-se, ainda, a ausência de grandes superfícies artificiais nos seus arredores e a menor altitude de implantação entre todos os pontos do conjunto, cerca de 10m acima do nível do mar, conforme a figura 4.5.



Figura 4-5: Vista aérea do trecho da Mata do Buraquinho referente ao ponto de referência, e planta cadastral com a localização do ponto de coleta.
Fonte: PMJP.

Nos demais pontos observa-se a homogeneização de algumas características urbanas como uma predominância de construções térreas e de cobertura cerâmica nas edificações. Por outro lado há uma diversidade quanto ao tipo de pavimentação utilizado no recobrimento das ruas circundantes entre os transectos, destacando-se o asfalto, o paralelepípedo² e o solo, respectivamente nos eixos A, B e C, conforme as fichas de 02 a 13 no apêndice A.

A tabela 4.1 contém o resumo das principais características urbanas apresentadas nas fichas referentes aos pontos do transecto A. Observa-se que no primeiro ponto de coleta, assim como nos transectos B e C, a taxa de ocupação é consideravelmente inferior a dos demais, apenas 19%. Porém, como pode ser percebido nas fichas 02, 06 e 10 do apêndice A, o padrão de ocupação do entorno não se altera, uma vez que tal situação é resultante da inclusão de parte da borda da mata no cálculo da área delimitada para análise.

² Paralelepípedo em granito.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

Todos os equipamentos do transecto A foram instalados nos recuos frontais das residências. O ponto A2 apresenta dois recuos frontais por se tratar de um lote de esquina, dessa forma, optou-se por locar o equipamento na porção noroeste por apresentar características físicas semelhantes a dos demais pontos: piso em pedra e parede pintada na cor branca. Apenas no ponto A1 as paredes laterais são revestidas por pedra. Quanto ao FCV, o transecto A se enquadra dentro do padrão médio: 67%, 68%, 67% e 77%.

Quadro 4-1: Resumo das características físicas dos pontos A1, A2, A3 e A4.

	Ocupação (%)	Posição do lote	Tipo de pavimentação da Rua	Tipo de Vegetação	Revestimento		FCV (%)
					Piso	Parede	
1	19	Sudoeste-nordeste	Asfalto	Arbórea (pequena)	Pedra	Pedra	67
2	43	Sudoeste-nordeste (esquina)	Asfalto/ Paralelepípedo	Gramma/ Arbustiva	Pedra/ Cimento	Pintura Branca	68
3	36	Sudeste - noroeste	Paralelepípedo	Arbustiva	Pedra	Pintura Branca	67
4	38	Noroeste-sudeste	Paralelepípedo	Inexistente	Pedra	Pintura Branca	77

Na Tabela 4.2 é apresentada uma síntese das principais características analisadas nas fichas 06, 07, 08 e 09 do apêndice A, referentes aos pontos do transecto B. Percebe-se que os pontos B1, B2 e B3 possuem taxa de ocupação dentro do padrão dos demais transectos; enquanto o ponto B4, com apenas 30%, encontra-se abaixo da média. Esta diferença pode ser explicada pela proximidade ao Hospital Laureano, pois sua inclusão dentro da área de caracterização do entorno contribui para a alteração do padrão de ocupação típico desta área.

Dentre todos os pontos analisados, o ponto B2 foi o único a não ser instalado no recuo frontal do lote, pois, devido à falta de segurança, optou-se por locar o equipamento no recuo dos fundos sem alterar as demais características, ou seja, tipos de revestimento, FCV e baixa presença vegetação. O ponto B1 diverge dos demais quanto ao uso do chapisco para revestimento das paredes envoltórias e o ponto B4 pelo uso de placas de concreto no piso. Quanto ao FCV, o transecto B se enquadra dentro do padrão médio esperado: 74%, 69%, 72% e 61%.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

Quadro 4-2: Resumo das características físicas dos pontos B1, B2, B3 e B4.

	Ocupação (%)	Posição do lote	Tipo de pavimentação da Rua	Tipo de Vegetação	Revestimento		FCV (%)
					Piso	Parede	
1	16	Sudeste - noroeste	Asfalto	Arbórea (pequena)	Pedra	Chapisco	74
2	36	Nordeste - sudoeste	Paralelepípedo	Arbustiva	Pedra	Pintura Branca	69
3	37	Noroeste - sudeste	Paralelepípedo	Inexistente	Pedra	Pintura Branca	72
4	30	Sul - norte	Paralelepípedo	Inexistente	Concreto	Pintura Branca	61

Na Tabela 4.3 são reunidas as principais características apresentadas nas fichas 10, 11, 12 e 13 do apêndice A sobre o transecto C. Este recorte urbano apresenta algumas características peculiares, destacando-se a ausência de pavimentação nas ruas circundantes aos pontos C1, C2 e C3 e lotes com menores dimensões. A taxa de ocupação de 25% no ponto C1 é superior à taxa dos pontos iniciais dos demais transectos, devido à presença de habitações na borda da mata.

O ponto inicial do transecto C foi instalado em lotes diferentes nos dois períodos de coleta de dados, pois no segundo período o recuo frontal do primeiro lote estava em reforma, impossibilitando a instalação do equipamento e do levantamento das características físicas locais. Sendo assim, uma segunda residência, vizinha à primeira, foi eleita para abrigar o ponto C1.

No transecto C ocorreu a maior variação do FCV entre os pontos de um mesmo transecto, respectivamente 39% e 81% nos pontos C1 e C2. O ponto C1 apresenta obstrução do céu consideravelmente superior à média devido à presença de vegetação arbórea de pequeno porte próxima ao sensor.

Quadro 4-3: Resumo das características físicas dos pontos C1, C2, C3 e C4.

	Ocupação (%)	Posição do lote	Tipo de pavimentação da Rua	Tipo de Vegetação	Revestimento		FCV (%)
					Piso	Parede	
1	25	Nordeste - Sudoeste	Inexistente	Arbórea (pequena)	Pedra/Solo	Pintura Branca	39
2	35	Sudoeste-nordeste	Inexistente	Ausente	Pedra	Pintura Branca	81

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

3	34	Nordeste - Sudoeste	Inexistente	Ausente	Pedra	Pintura Branca	76
4	38	Sudoeste-nordeste	Asfalto	Ausente	Pedra	Pintura Azul	68

4.2 Comparativo entre as medições de temperatura e umidade do ar nos pontos urbanos, na mata e no aeroporto

Nas figuras 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 é estabelecido, graficamente, um comparativo entre o comportamento das médias horárias de temperatura e umidade entre os pontos urbanos, o interior da mata e o aeroporto Castro Pinto, nos períodos de inverno e verão. Visando simplificar a leitura dos dados, os pontos urbanos foram representados por linhas contínuas na cor cinza claro enquanto o ponto da mata por linha contínua na cor verde e o ponto do aeroporto por linha tracejada na cor azul.

Na Figura 4.6 são evidenciadas as curvas médias diárias do comportamento térmico dos pontos em estudo no período de inverno. Percebe-se um intenso agrupamento entre as curvas representativas dos pontos urbanos, indicando forte semelhança no desempenho térmico nestes pontos. Às 9h as curvas de temperatura se separaram moderadamente, alcançando maior variação às 13h, voltando a se agrupar às 17h. Em todos os pontos a temperatura mínima foi atingida por volta das 05h, enquanto a máxima foi alcançada entre às 12h e 13h. O ciclo de aquecimento do ar teve início às 6h, devido à presença de insolação, e término às 13h, dando início ao ciclo de resfriamento.

Como observado anteriormente, a maior variação entre os valores registrados nos pontos urbanos ocorreu às 13h, atingindo amplitude máxima de 3°C entre pontos com maior e menor temperatura, C4 e B1, com respectivamente, 30,3°C e 27,3°C conforme demonstrado na Figura 4.6 e Figura 4.8.

O ponto B1, inserido na borda da mata, registrou menor temperatura dentre os pontos analisados. Este ponto caracterizou-se pela menor taxa de ocupação do conjunto e conseqüentemente menor densidade construída, já que em todos os locais estudados houve predomínio de edificações térreas. Observou-se, também, que, dentro do recuo frontal do lote, onde foi instalado o datalogger, além da

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

superfície impermeável em pedra, havia alguns pequenos trechos permeáveis, com vegetação arbustiva e arbórea de pequeno porte. Dessa forma, percebe-se que, além da proximidade com a mata, outros fatores, tais como densidade construída e presença de vegetação podem ter exercido influência sobre a amenização da temperatura registrada neste ponto.

O ponto C4, localizado a 450 metros da borda da mata e inserido em uma área de intenso comércio, registrou a maior temperatura. Este ponto, se comparado aos demais, destaca-se pela acentuação das características urbanas: maior densidade construída, menor presença de arborização e áreas permeáveis e intenso tráfego de veículos. Como se sabe, os elementos mencionados condicionam as variáveis climáticas, podendo potencializar o rigor climático local.

Quanto ao aeroporto, observa-se que a curva gerada a partir de seus dados apresenta maior similaridade com as curvas dos pontos urbanos em relação ao ponto instalado no interior da mata. Como demonstrado na Figura 4.6, a temperatura média no ponto da mata se manteve inferior a do aeroporto e a dos demais pontos urbanos em todos os horários, com exceção do ponto B1, que apresentou menor temperatura entre todos os pontos analisados. A partir das 13 horas, os pontos B1 e da mata apresentaram resfriamento mais intenso que os demais.

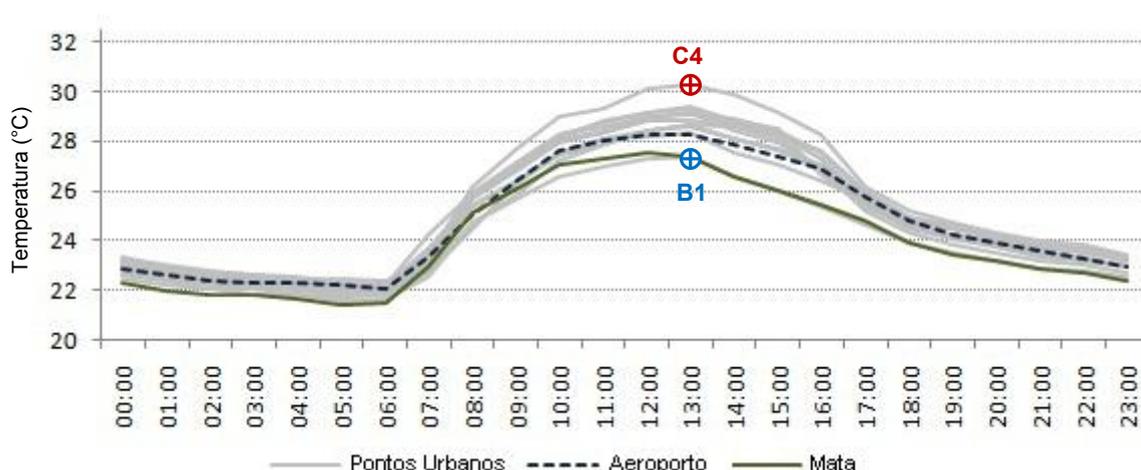


Figura 4-6: Comparativo entre a temperatura dos pontos urbanos, da mata e do aeroporto no período de inverno.

Na Figura 4.7, são apresentadas as curvas médias diárias de umidade relativa do ar no período de inverno. Os diferentes perfis de umidade apresentaram

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

comportamento semelhante entre si, alcançando maior índice às 06h e menor entre 12h e 13h. Houve grande dispersão entre as curvas dos diferentes pontos, indicando uma variação média de dez pontos percentuais, durante todos os horários, entre locais com maior e menor umidade relativa. O ponto locado no interior da mata manteve índice de umidade superior ao conjunto dos pontos urbanos em todos os horários, sendo apenas superado pelos pontos localizados na borda da mata: A1, B1 e C1. Os pontos C3 e C4 apresentaram menor umidade relativa do ar entre os pontos analisados. Em ambos, os lotes apresentavam superfícies impermeáveis sem a presença de vegetação.

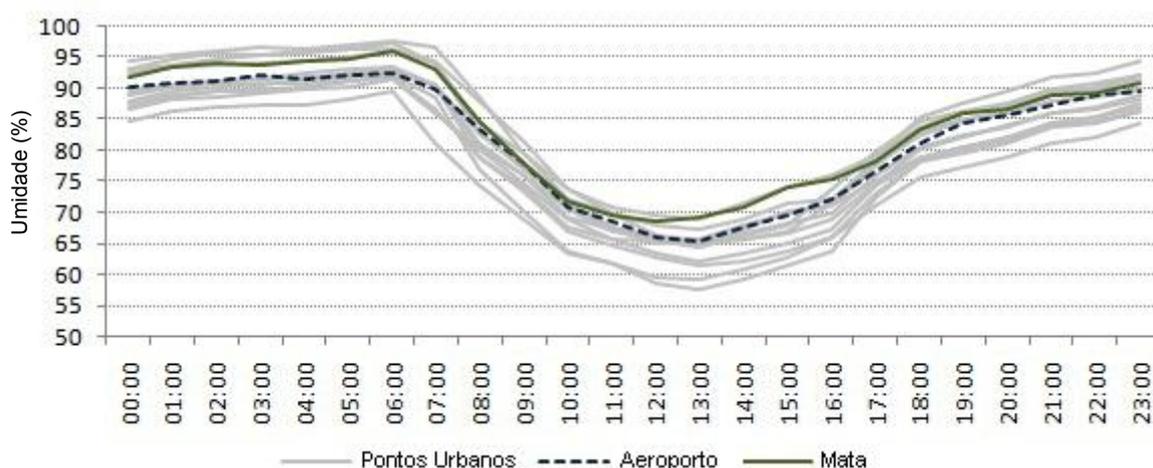


Figura 4-7: Comparativo entre a umidade dos pontos urbanos, da mata e do aeroporto no período de inverno.

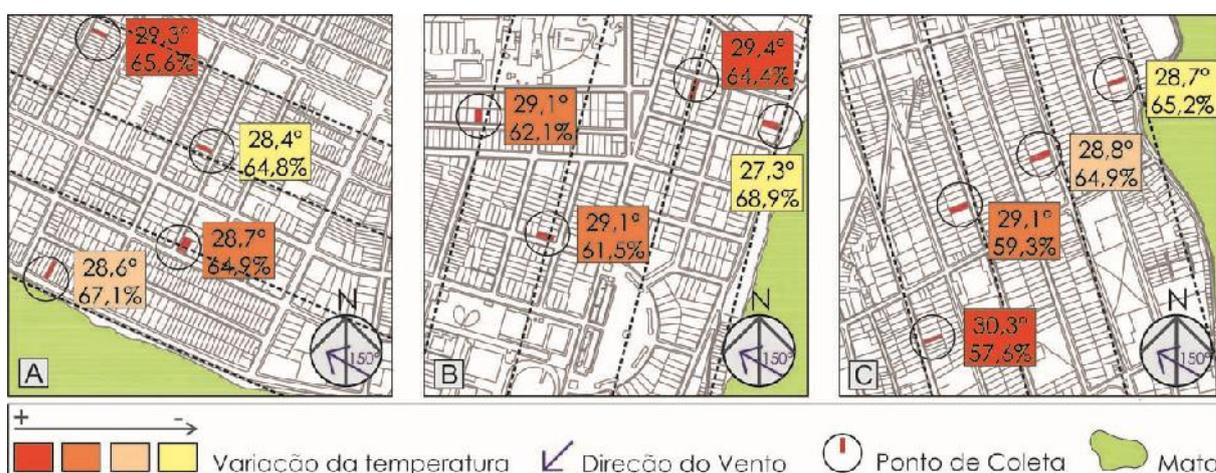


Figura 4-8: Espacialização da temperatura e umidade nos transectos A, B e C às 13h do inverno.

Nas Figuras 4.9 e 4.10, observa-se que as curvas de temperatura e umidade do ar apresentam comportamento inversamente proporcional, nas quais o aumento

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

da temperatura acarreta a diminuição do índice de umidade relativa do ar. Com o intuito de analisar a variação da quantidade real de vapor d'água contida no ambiente, foi proposta, no Quadro 4.4, a comparação entre os índices de umidade absoluta, relação entre massa de vapor d'água por unidade de volume (g/m^3), acompanhados pelos valores de temperatura e umidade relativa do ar nos dias de menor e maior temperatura do inverno, às 5h e às 13h, nos pontos extremos de menor e maior temperatura, respectivamente, pontos B1 e C4.

Nos dois horários de análise dos dias de maior e menor temperatura expostos no Quadro 4.4, o ponto B1 (borda da mata) registrou umidade absoluta superior ao ponto C4 (450m) em todos os momentos. Observou-se também, que às 5h ocorreu menor variação entre os valores registrados de vapor d'água em relação às 13h. No dia de maior temperatura do período de inverno, às 13h, foi registrada diferença significativa entre os pontos B1 e C4, amplitude de $1,8 \text{ g}/\text{m}^3$, que deve ser atribuída a dois processos distintos. O primeiro refere-se à evapotranspiração, ao aumentar a concentração de vapor d'água no ar; e o segundo a impermeabilização das superfícies urbanas que diminui o armazenamento de água no solo. Dessa forma, percebe-se que, apesar da mata aumentar a concentração de vapor d'água no ar, o aumento da umidade apresenta alcance de poucos metros, resultante da interação entre insolação e as características de ocupação urbana.

Quadro 4-4: Umidade absoluta nos pontos extremos nos dias e horários de maior e menor temperatura no inverno.

	C4 (maior temp.)						B1 (menor temp.)					
	5:00 h			13:00 h			5:00 h			13:00 h		
	Temp (°C)	U. R.. (%)	U. A. (g/m^3)	Temp (°C)	U. R.. (%)	U. A. (g/m^3)	Temp (°C)	U. R.. (%)	U. A. (g/m^3)	Temp (°C)	U. R.. (%)	U. A. (g/m^3)
24/07 (menor temp.)	21,0	92,0	16,9	26,0	70,1	17,1	21,0	92,0	16,9	25,0	76,9	17,8
14/07 (maior temp.)	24,0	80,5	17,6	34,0	42,6	16,1	22,0	92,1	18,0	30,0	58,6	17,9

Na Figura 4.9 é apresentado o comportamento térmico do ar nos pontos de coleta no período de verão. Percebe-se, neste período, que as curvas de temperatura dos pontos em análise apresentaram maior dispersão em relação ao comportamento registrado no inverno durante os horários de maior insolação, 8h às 16h.

No verão, houve um aumento substancial das temperaturas máximas e mínimas, acentuando a divergência entre o comportamento térmico do ar no interior da mata e nos demais pontos, assim como entre pontos, resultante da maior interação entre as características físicas do entorno com a insolação, em especial, a capacidade de absorver, armazenar e dissipar calor. Neste período, as linhas características do comportamento da temperatura do ar oscilaram entre 23,7°C e 34°C, enquanto no inverno a variação foi entre 21,4°C e 30,3°C.

As menores temperaturas médias dos pontos em análise foram obtidas às 05h, enquanto as maiores temperaturas médias foram registradas entre 13h e 14h. O ciclo de aquecimento e resfriamento registrou os mesmos intervalos apresentados no período de inverno, porém, com maior intensidade. A maior variação de temperatura entre os pontos analisados ocorreu às 14h, atingindo amplitude máxima de 4°C, entre os pontos B4 e o interior da mata, respectivamente 34°C e 30°C. Entre os pontos urbanos, o ponto C1 registrou a menor temperatura, 31,2°C, amplitude de 2,8°C, inferior à amplitude obtida no inverno.

O ponto C1, representativo da borda da mata, apresentou características morfológicas que contribuem para a atenuação do desempenho térmico registrado neste ponto. Dentre as características mais atuantes, destaca-se: presença de vegetação arbórea de pequeno porte, presença de vegetação arbustiva espalhada em áreas permeáveis próximas ao sensor e uma ausência de pavimentação na rua limítrofe. Porém, apesar destes elementos e do menor índice de FCV do conjunto devido à obstrução ocasionada pela vegetação (cerca de 40%), a curva de temperatura do ponto C1 foi bastante similar aos pontos A1 e B1, localizados na borda da mata.

O ponto B4, que apresentou maior temperatura do conjunto neste período, também estava locado a 450 metros da mata. Além da distância da borda, outro fator em comum com o ponto C4 (ponto de maior temperatura no inverno) refere-se à ausência de áreas permeáveis e de vegetação dentro do lote. Como característica singular a este ponto, ressalta-se o revestimento do piso em placas de concreto.

No interior da mata, o comportamento térmico divergiu dos demais pontos. Até às 12h a curva de temperatura da mata ocupou um espaço intermediário dentro do conjunto dos pontos. Porém, a partir das 13h as temperaturas registradas na mata declinaram acentuadamente, de forma mais intensa que nos demais pontos. Ao observar as características físicas do sítio, em especial o FCV, percebe-se que este resfriamento foi gerado pela obstrução do céu visível, assim como, pelo sombreamento do entorno, proporcionado pelas árvores circundantes que ocasionaram uma interrupção abrupta da radiação solar no ponto em análise.

Na estação meteorológica do Aeroporto Castro Pinto, a temperatura registrada se manteve inferior ao conjunto em todos os momentos, exceto no período das 13h às 17h, quando a temperatura interna da mata registrou um intenso resfriamento. Esperava-se que a temperatura no interior da mata apresentasse, constantemente, valores inferiores ao Aeroporto. Atribui-se a temperatura inferior obtida no aeroporto a dois fatores: maior ventilação no Aeroporto e recobrimento do solo no ponto locado na Mata, destacados a seguir.

O equipamento de registro de dados no Aeroporto localiza-se em uma área aberta à 65m acima do nível do mar, susceptível a ação dos ventos, enquanto o equipamento de pesquisa no Jardim Botânico estava locado no vale do rio Jaguaribe, à 10m acima do nível do mar, e circundado por árvores que alcançam 20 metros de altura, obstruindo a ação dos ventos e limitando o potencial de retirada de calor por convecção.

O equipamento de medição no interior da Mata foi montado sobre um tampo em concreto com cerca de 3m de diâmetro, circundado por solo exposto. No aeroporto, o piso era recoberto completamente por vegetação rasteira.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

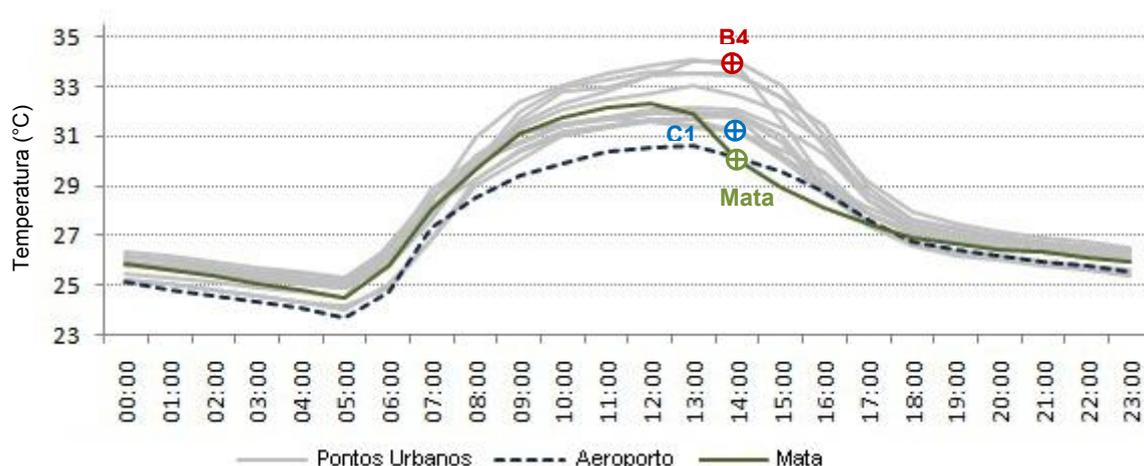


Figura 4-9: Comparativo entre as temperaturas dos pontos urbanos, da mata e do aeroporto no período de verão.

Como esperado, com maior temperatura e menor precipitação nos meses de novembro e dezembro, o período de coleta de verão apresentou índice de umidade inferior ao período de coleta de inverno. As linhas características do comportamento da umidade relativa do ar oscilaram dentro dos limites de 40% e 85% no período de verão, enquanto no período de inverno esta faixa situou-se entre 55% e 100%.

Na Figura 4.10, referente ao período de verão, observa-se menor dispersão entre as curvas de umidade relativa do ar em relação ao inverno, indicando maior semelhança entre os pontos. O índice máximo de umidade relativa foi alcançado às 05h e o mínimo às 14h, enquanto no inverno os valores extremos foram alcançados às 6h e 13h.

Observa-se que o comportamento da umidade relativa do ar no interior da mata ocupou uma posição intermediária entre as curvas referentes aos pontos urbanos, exceto no intervalo de 13h às 17h, quando este ponto passou a apresentar menor temperatura do ar do conjunto. Os pontos C3, C4 e B4, como esperado, ao mesmo tempo em que apresentaram maiores temperaturas do ar, registraram os menores índices de umidade relativa do ar. Em comum entre estes pontos, a ausência de vegetação e de áreas permeáveis no lote.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

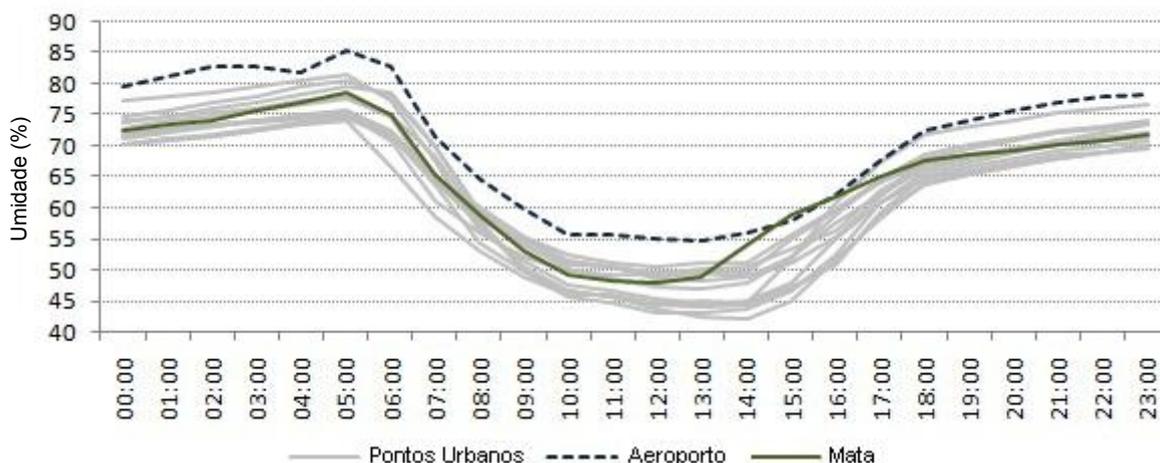


Figura 4-10: Comparativo da umidade relativa do ar dos pontos urbanos, da mata e do aeroporto no período de verão.

Na Figura 4.11, são apresentados espacialmente os valores de temperatura e umidade relativa do ar nos transectos A, B e C às 13h do período de verão, horário em que foi registrada a maior diferença de temperatura entre pontos urbanos. Observa-se que os pontos iniciais de cada transecto registraram valores inferiores a 32°C, enquanto os demais pontos registraram valores superiores a 33°C, exceto nos pontos A3 e A4, onde foram obtidos os menores valores de temperatura dentre os pontos analisados, 31.4°C e 31.3°C. No ponto B2 foi registrado o maior valor de temperatura, 34,1°C, o que demonstra o importante papel da ventilação na manutenção da temperatura, haja vista, a pouca ventilação do ponto, devido à configuração física local, semelhante a um claustro.

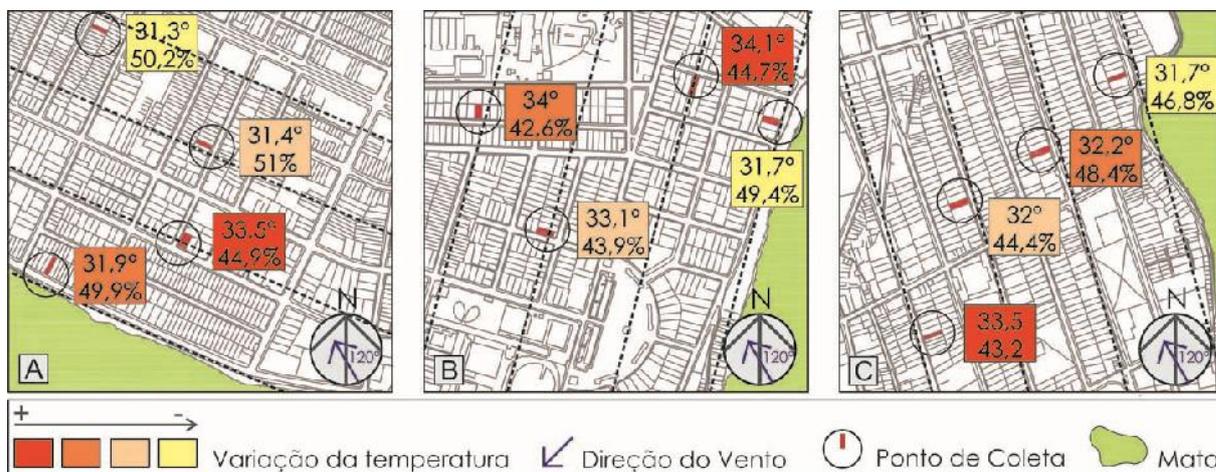


Figura 4-11: Espacialização da temperatura e umidade nos transectos A, B e C às 13h do inverno.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

Quanto à umidade absoluta, assim como no período de inverno, foram selecionados os pontos urbanos de maior e menor temperatura, nos dias e horários de temperaturas extremas. No Quadro 4.5, são apresentados os valores obtidos nos pontos B4 (450m) e C1(borda da mata), observa-se que, diferentemente do inverno, os valores de vapor d'água registrados são bastante semelhantes, exceto às 5h do dia mais frio, que apresentou amplitude de 0,8 g/m³. Percebe-se também que, apesar da umidade relativa do ar ter sido sempre superior em C1, em alguns momentos o ponto B4 apresentou maior umidade absoluta do ar.

Quadro 4-5: Umidade absoluta nos pontos extremos nos dias e horários de maior e menor temperatura no verão.

	B4 (maior temp.)						C1 (menor temp.)					
	5:00 h			13:00 h			5:00 h			13:00 h		
	Temp (°C)	U. R.. (%)	U. A. (g/m ³)	Temp (°C)	U. R.. (%)	U. A. (g/m ³)	Temp (°C)	U. R.. (%)	U. A. (g/m ³)	Temp (°C)	U. R.. (%)	U. A. (g/m ³)
18/11 (menor temp.)	23,2	79,3	16,6	34,0	40,8	15,4	23,2	83,5	17,4	32,8	43,3	15,3
06/12 (maior temp.)	25,2	78,0	18,2	32,3	44,2	15,2	24,4	80,5	18,0	33,2	43,5	15,7

A análise das curvas diárias de temperatura e umidade realizada nesta etapa possibilitou a melhor compreensão da dinâmica do comportamento das variáveis ambientais estudadas dentro do recorte urbano selecionado, servindo como parâmetro para a definição dos diferentes horários de análise adotados no item 4.4.

4.3 Análise da amplitude térmica diária nos diferentes pontos

Nesta etapa são analisados os principais elementos que caracterizam a amplitude térmica diária. Nos Quadros 4.6 e 4.7 é apresentada o valor médio das temperaturas máximas e mínimas com seus respectivos horários de ocorrência, enquanto nas Figuras 4.10 e 4.11 foi resumido o comportamento da amplitude térmica diária, através de gráficos do tipo boxplot, nos diferentes pontos de coleta durante o período de inverno e verão.

Em cada gráfico foram dispostos no eixo X os treze pontos de coleta de dados, organizados de acordo com o transecto analisado. A leitura dos gráficos é bastante simples, os valores máximos e mínimos das amplitudes diárias registradas

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

dentro do período de coleta são representados pelos bigodes, enquanto a distribuição desses valores é demonstrada através de caixas. A caixa inferior, cor cinza escuro, representa o segundo percentil; a caixa superior, cor cinza claro, representa o terceiro percentil; e a linha central entre essas caixas representa o valor da mediana de cada ponto.

No período de inverno, como exposto na Tabela 4.4, a temperatura mínima foi alcançada às 05h em todos os pontos analisados. Neste horário, o ponto C3 registrou a menor média dentre as temperaturas mínimas diárias, 21,2°C, enquanto o ponto C2 obteve maior média, 22,4°C, totalizando uma diferença de 1,2°C. É importante observar que os pontos com valores extremos são vizinhos em um mesmo transecto, distanciando-se cerca de 150 metros, fato que evidencia a influência das características locais no comportamento térmico.

A temperatura máxima foi alcançada às 13h na maioria dos pontos de coleta, enquanto nos pontos B1, C2 e interior da mata o auge de temperatura foi alcançado antecipadamente, às 12h. A maior média entre as temperaturas máximas diárias foi registrada no ponto C4, enquanto a mais baixa foi obtida no ponto B1, respectivamente 30,3°C e 27,3°C, totalizando uma amplitude de 3°C, conforme relatado no item 4.2.

Quadro 4-6: Média das temperaturas máximas e mínimas diárias no inverno.

		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	Mata
Máx.	Temp.	28,6	28,7	28,4	29,3	27,3	29,4	29,1	29,1	28,7	28,9	29,1	30,3	27,6
	Horas	13:00	13:00	13:00	13:00	12:00	13:00	13:00	13:00	13:00	12:00	13:00	13:00	12:00
Mín.	Temp.	21,7	22,0	22,2	21,9	21,6	22,1	22,1	22,0	21,8	22,4	21,2	22,3	21,4
	Horas	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00

Para melhor descrever o conjunto de dados coletados sobre amplitude térmica nos pontos urbanos, optou-se pela adoção da mediana como medida de tendência central devido à distribuição assimétrica dos dados coletados e à existência de *outliers* no conjunto analisado.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

No Quadro 4.7 foram expostas as medianas de amplitude diária de todos os pontos analisados. Observa-se que os valores obtidos foram em torno de 8°C, com exceção do ponto B1 que apresentou valor inferior a média do conjunto, apenas 5,8°C. Observa-se, ainda, que os pontos a 450 metros da mata obtiveram valores superiores aos demais pontos de cada transecto, destacando-se o ponto C4 que obteve maior amplitude do conjunto com 9°C.

Quadro 4-7: Mediana das amplitudes diárias por ponto no inverno.

A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	Mata
7,8	8,2	7,4	8,6	5,8	8,3	8,2	8,6	8,3	7,5	7,9	9,0	7,3

Apesar da proximidade entre os valores das medianas nos pontos analisados, percebe-se, na Figura 4.12, que a variação diária da amplitude em cada ponto é bastante irregular, indicando maior oscilação entre as condições climáticas diárias durante este período. A influência das variáveis ambientais, tais como ventilação, nebulosidade e precipitação, são percebidas através da observação da diferença entre as amplitudes diárias registradas em um único ponto, durante os dias de registro de dados de um mesmo período. Por exemplo, o ponto A4 alcançou amplitudes diárias entre 2,7°C e 11,5°C no inverno.

A menor amplitude térmica diária no período de inverno foi obtida no dia 22/07/2010 em todos os pontos analisados, com valores que variaram entre 2,3°C e 3,1°C, bastante inferior aos demais dias de coleta, indicando, assim, um dia atípico no universo analisado. Segundo dados meteorológicos registrados no Aeroporto Castro Pinto, neste dia ocorreu a maior precipitação do período de coleta do inverno, sendo bastante superior aos demais dias.

Por outro lado, os valores de amplitude máxima em cada ponto foram alcançados em dias diferentes. Dentre os pontos estudados, destaca-se o ponto C4 que apresentou maior valor máximo de amplitude no conjunto, aproximadamente 13°C.

Quanto à distribuição dos valores obtidos para amplitude, destacam-se os pontos A3 e B2, respectivamente, menor e maior dispersão. No ponto A3, a distribuição compacta da caixa referente ao segundo e ao terceiro percentil indicou

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

pouca variação do valor de amplitude durante o período de coleta, a menor do conjunto; enquanto no ponto B2, o alongamento da caixa sugere a maior diversificação entre as amplitudes calculadas. Observa-se ainda que a distribuição dos valores de amplitude térmica no inverno ocorreu de forma assimétrica em todos os pontos de medição

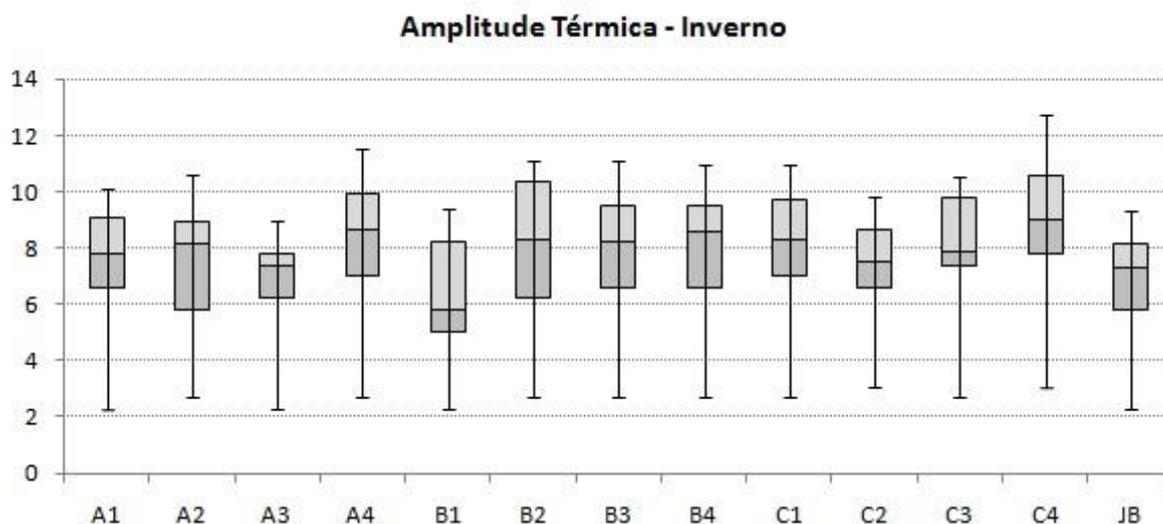


Figura 4-12: Variação da amplitude térmica no período de inverno.

No período de verão, as temperaturas máximas e mínimas obtidas nos pontos de coleta de dados foram aproximadamente 3°C mais elevadas que as temperaturas registradas no período de inverno, em média. Em relação à temperatura máxima, em alguns pontos a diferença entre as médias nos dois períodos de coleta foi superior a $4,5^{\circ}\text{C}$.

Quanto ao registro das temperaturas máximas, não houve um horário de ocorrência comum aos diversos pontos, pois estes valores foram registrados no intervalo das 12h às 13h, com exceção dos pontos A4 e B1 que atingiram temperatura máxima diária, respectivamente, às 11h e 14h. Percebe-se, novamente, como a influência da interação entre as características físicas locais e a insolação tem a capacidade de retardar ou antecipar o aquecimento do ar. Por outro lado, assim como no período de inverno, a temperatura mínima média foi alcançada às 5h em todos os pontos, último horário de coleta antes da entrada da radiação solar.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

Os pontos B2 e B4 registraram os valores mais altos para a temperatura média máxima do ar dentre os pontos analisados, 34,1°C e 34°C, enquanto os pontos C1 e A3 apresentaram a menor média do conjunto, 31,7°C, amplitude entre pontos de 2,4°C. Quanto às temperaturas médias mínimas, os pontos A3 e B4 obtiveram maior média, 25,3°C, enquanto o ponto B1 registrou a menor média, 24°C, totalizando 1,3°C de amplitude.

Quadro 4-8: Média das temperaturas máximas e mínimas diárias no verão.

		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	Mata
Máx.	Temp.	31,9	33,6	31,7	31,8	31,8	34,1	33,0	34,0	31,7	32,2	32,0	33,5	32,3
	Horas	12:00	12:00	12:00	11:00	14:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00
Mín.	Temp.	24,9	25,1	25,3	25,0	24,0	24,9	25,1	25,3	24,1	24,9	24,5	25,1	24,5
	Horas	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00

No Quadro 4.9 foram expostas as medianas de amplitude diária no período de verão. Houve grande variação entre os valores obtidos, que oscilaram entre 6,8°C no ponto A3 e 9,9°C no ponto B2. Um importante aspecto a ser mencionado é que não foi observada, como esperada, relação direta entre o afastamento da borda da mata e a diminuição da amplitude térmica diária. O ponto do interior da mata registrou a quinta maior amplitude entre os pontos de coleta, o que demonstra que a estabilização climática é obtida principalmente em função das características físicas do local, ressaltando que o ponto da mata apresentava obstrução do céu visível semelhante aos pontos urbanos.

Quadro 4-9: Mediana das amplitudes diárias por ponto no verão.

A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	Mata
7,5	9,3	6,8	7,2	8,7	9,9	8,4	9,6	8,1	7,6	8,0	9,2	8,8

Observa-se na Figura 4.13 que as principais características analisadas (tendência central, variação e formato) são bastante diferentes entre os pontos. Em relação ao período de coleta de inverno, houve maior disparidade entre os valores máximos, mínimos e medianos. Percebe-se, assim, que no verão, com menor umidade e maiores índices de radiação solar, as características físicas do meio urbano, tais como capacidade de absorver, armazenar e transmitir calor, são mais

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

determinantes na composição do microclima estudado que no período anterior de análise.

Os meses de novembro e dezembro são caracterizados pelos menores índices anuais de nebulosidade e precipitação, resultando em dois importantes comportamentos observados na Figura 4.13. O primeiro refere-se ao agrupamento mais compacto dos valores de amplitude diária, indicando uma menor variação entre esses valores, enquanto o segundo indica maior simetria na distribuição das amplitudes diárias em torno da mediana, indicando desempenho mais uniforme dos elementos climáticos durante os dias de coleta.

O ponto localizado no interior da mata apresentou maior dispersão entre as amplitudes térmicas registradas durante o período de verão dentre os pontos analisados, enquanto o ponto C2 sofreu menor dispersão, indicando maior semelhança entre as amplitudes diárias registradas, apesar da grande diferença entre as amplitudes máxima e mínima.

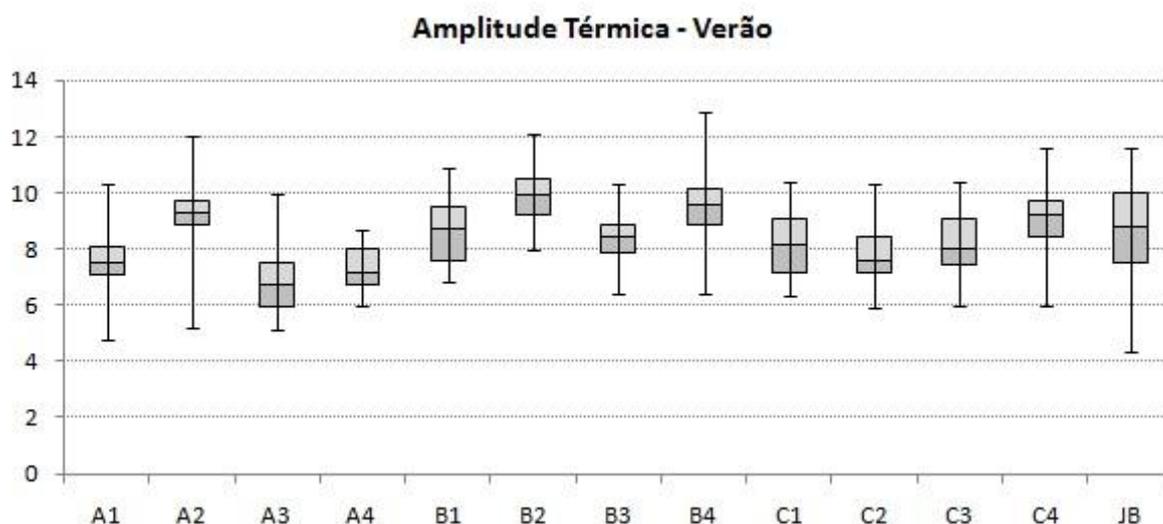


Figura 4-13: Variação da amplitude térmica no período de verão.

4.4 Análise do comportamento climático por transecto

Nesta etapa, os dados foram estruturados de modo a ilustrar o comportamento climático diário nos transectos A, B e C nos períodos de coleta de inverno e de verão. Cinco horários foram selecionados baseados nas análises anteriores, visando contemplar os horários mais representativos do ciclo diário de aquecimento e resfriamento do ar. A seguir, serão apresentadas as análises realizadas, de acordo com os períodos de coleta, inverno e verão.

4.4.1 Inverno

Como observado nas etapas anteriores, a menor temperatura do ar foi registrada às 05h nos dois períodos de coleta. Dessa forma, este horário foi determinado como ponto inicial de análise do comportamento climático diário nos transectos estudados. No inverno, às 5h, a umidade relativa do ar média registrada variou entre 88,9% e 97,7%, enquanto a temperatura média entre 21,4°C e 22,2°C nos pontos do interior da mata e C4, respectivamente, com uma amplitude inferior a 1°C.

As temperaturas médias dos pontos analisados ocorreram de forma bastante similar ao longo dos transectos A, B e C. Os pontos iniciais, locados na borda da mata, registraram temperatura média levemente superior a obtida no interior da mata, em torno de 0,2°C. Em seguida, no segundo ponto, houve um acréscimo em torno de 0,5°C, ocorrendo em sequência a estabilização dos valores, com uma suave variação entre os pontos, conforme mostra a Figura 4.14.

Por outro lado, não houve grande semelhança entre o comportamento da umidade relativa do ar entre transectos. Na borda da mata foram registrados valores de umidade relativa do ar superiores as do interior da mata nos transectos A e C, enquanto no B manteve-se constante. Em seguida, houve um declínio da umidade no terceiro e quarto ponto, nos percursos A e C, seguido por uma suave recuperação no quarto e último ponto, locado a 450 metros da borda. O percurso B divergiu do comportamento dos demais apenas no segundo ponto, por apresentar

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

um aumento do índice de umidade relativa do ar em relação ao primeiro, conforme a Figura 4.15.

Além dos valores médios de temperatura e umidade, fez-se necessária a compreensão da distribuição dessas variáveis durante os vinte e um dias de coleta de dados de inverno. No Apêndice B, os gráficos do tipo boxplot demonstram a distribuição desses valores, nos quais se observam as temperaturas máximas e mínimas registradas, além da distribuição dos percentis (25%, 50%, 75%), do valor da mediana e da média dos valores obtidos durante o período de coleta.

Nos gráficos referentes ao período de inverno, expostos no Apêndice B, observa-se que no horário das 5h, dentre todos os analisados, ocorreu à menor diferença entre os valores máximos e mínimos de temperatura e umidade registrada em um único ponto durante o intervalo de medição. Quanto à distribuição desses valores, às 5h registrou-se a menor dispersão entre valores de umidade relativa e a segunda menor dispersão entre os valores de temperatura.

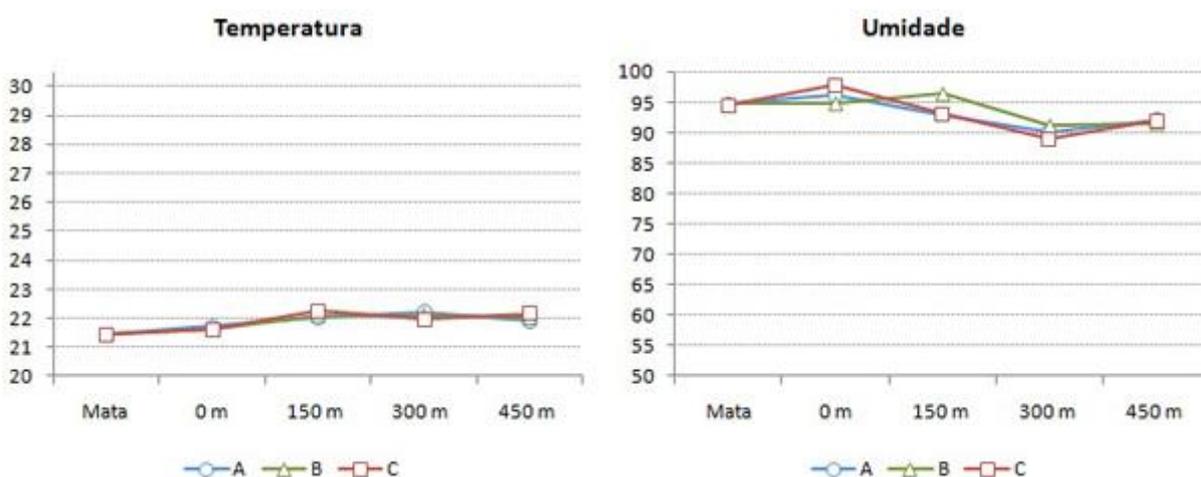


Figura 4-14: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 5h.

Figura 4-15: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 5h.

O segundo horário de análise, referente às 9h, foi selecionado com o intuito de detalhar o desenvolvimento do ciclo de aquecimento diário das superfícies urbanas, por representar o intervalo intermediário entre os horários com menor e maior temperatura do ar, respectivamente 5h e 13h. Neste horário, a temperatura média do ar variou entre 25,7°C e 27,7°C, nos pontos B1 e C4, totalizando uma

amplitude de 2°C. A umidade relativa média do ar variou entre 69% e 81%, entre os diversos pontos analisados.

Observa-se que, a partir deste horário, ocorreu uma ampliação da diferença de temperatura entre os pontos analisados, decorrente do início da interação entre a insolação e as características físicas locais. Os transectos A e C apresentaram comportamento bastante similar com o aquecimento do ar, na medida em que os pontos se afastaram da borda da mata, ocorrendo com maior intensidade no transecto C em relação ao A. Divergindo dos demais, o ponto inicial do transecto B registrou temperatura inferior a encontrada no interior da mata, em seguida ocorreu no segundo ponto um acentuado aquecimento, voltando a se resfriar no terceiro e quarto ponto, conforme a Figura 4.16.

A umidade relativa do ar apresentou tendência de comportamento semelhante entre os transectos, com diferentes intensidades. Inicialmente, houve aumento do índice de umidade na borda da mata em relação ao interior, em seguida, perda gradual de umidade no segundo e terceiro ponto, com maior intensidade em A. Por fim, no quarto e último ponto, ocorreu uma sensível recuperação.

Percebe-se, neste horário, forte dispersão entre os valores diários registrados de temperatura e umidade durante o período de coleta em todos os pontos, conforme as Figuras do Apêndice B, B.7 a B.12. O ponto C4 apresentou a maior diferença entre o valor máximo e o mínimo de temperatura, com amplitude de aproximadamente 8°C, enquanto o ponto B2 registrou a maior amplitude entre os valores de umidade relativa do ar, cerca de 50%. Estas constatações demonstram a diversidade de ocorrência das características climáticas no período de inverno, ocasionada pela variação dos elementos climáticos. O ponto C4, como mencionado nos itens anteriores, apresenta características físicas urbanas mais acentuadas que nos demais pontos. O ponto B2 foi o único, dentre os pontos analisados, a ser instalado em um recuo de fundos do lote, sendo a geometria do local semelhante a um claustro, apenas com abertura superior, dificultando a permeabilidade dos ventos.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

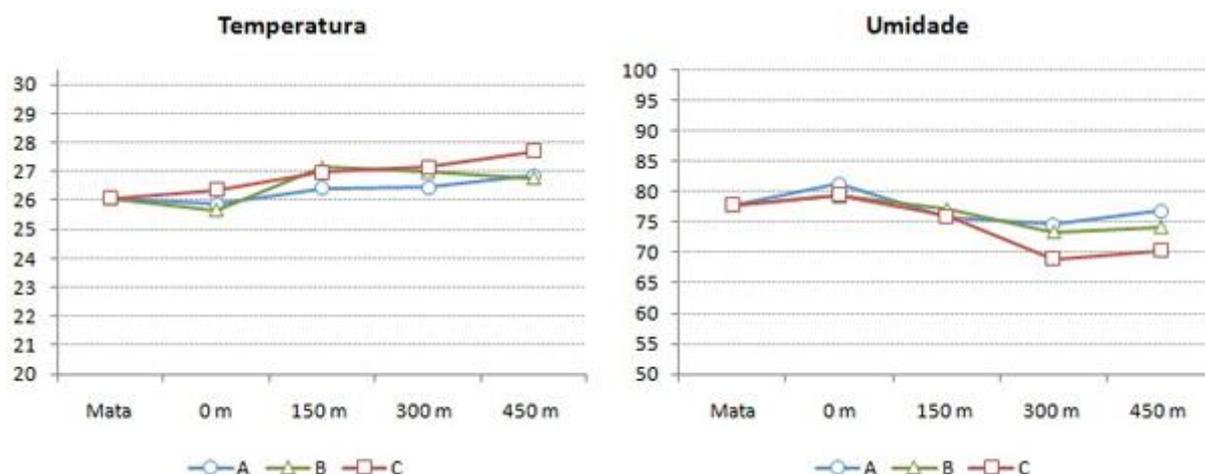


Figura 4-16: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 9h.

Figura 4-17: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 9h.

No período de inverno, os pontos de coleta de dados atingiram, em sua maioria, temperatura máxima às 13h, encerrando o ciclo diário de aquecimento da temperatura do ar e dando início ao ciclo de resfriamento, fato que demonstra a importância fundamental que este horário de análise representa para a compreensão da dinâmica do comportamento climático local.

Entre todos os pontos urbanos, a maior temperatura média foi alcançada no ponto C4, 30,3°C, enquanto a menor temperatura média foi obtida no ponto B1, 27,3°C, totalizando uma amplitude de 3°C. O maior índice de umidade foi encontrado no ponto B1 e o menor no ponto C4, respectivamente 68,9% e 57,6%.

Neste horário, houve maior disparidade entre as curvas de comportamento térmico dos pontos analisados (Figura 4.18). Nos transectos A e C, ocorreu um aumento de aproximadamente 1°C entre o interior e a borda da mata. No segundo ponto urbano, a temperatura permaneceu estável, e a partir de então houve uma sequência divergente entre o desempenho térmico destes pontos, enquanto em C a temperatura subiu gradativamente, houve em A redução de temperatura, voltando a subir no último ponto. O transecto B, assim como nos horários anteriores, apresentou comportamento bastante irregular. No primeiro ponto, a temperatura ficou um pouco inferior a do interior da mata; no segundo, houve um súbito aumento, registrando a maior temperatura do transecto B e a maior temperatura entre os

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

segundos pontos de todos transectos; e, então, no terceiro e quarto ponto, ocorreu uma sequência gradual de resfriamento.

Como nos demais horários, com o distanciamento da borda da mata, houve às 13h uma tendência decrescente do índice de umidade relativa do ar nos diversos pontos dos transectos A, B e C. Porém, quando observado com mais precisão, este comportamento apresenta algumas pequenas alterações, pois, em A, o índice de umidade permaneceu estável a partir do segundo ponto urbano, apesar da oscilação dos valores de temperatura, enquanto em B, a umidade relativa do ar diminuiu, mesmo com a redução da temperatura ocorrida nos terceiro e quarto pontos. Dessa forma, percebe-se a redução da umidade absoluta do ar, o que sugere a influência do meio urbano sobre o comportamento da umidade local, conforme as Figuras 4.18 e 4.19.

Além das mais altas temperaturas diárias, ocorreram também maiores dispersões entre as temperaturas registradas durante o período de coleta, como pode ser observado através da distribuição dos percentis nos gráficos apresentados nas Figuras B.13 a B.18 do apêndice B. O ponto C4 apresentou maior diferença entre as temperaturas máxima e mínima, com uma variação de 9,26°C. A menor amplitude foi encontrada no interior da mata com diferença de 6°C. Observa-se ainda que nos pontos finais de cada transecto foram encontradas as maiores dispersões entre os valores obtidos de temperatura.

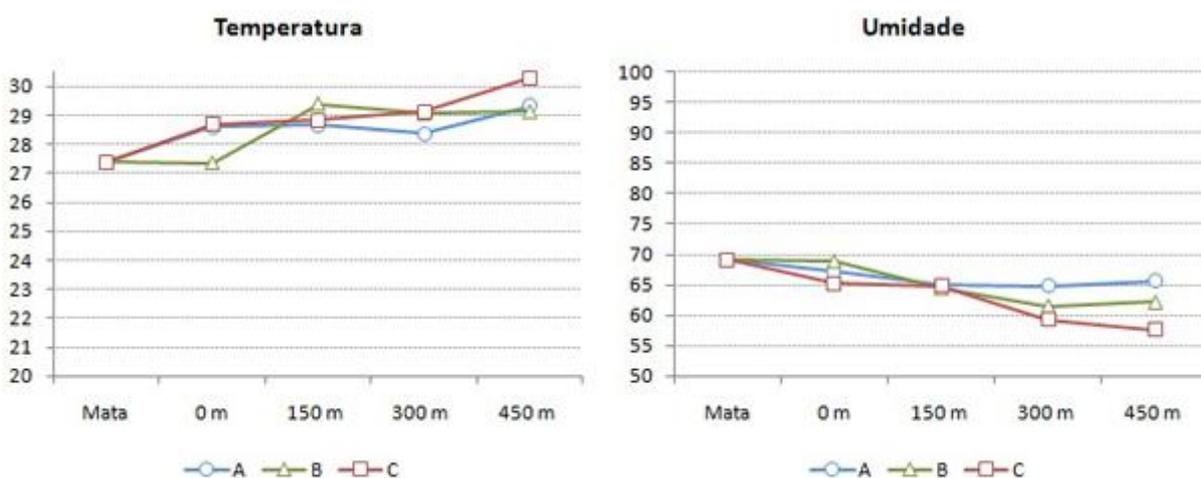


Figura 4-18: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 13h.

Figura 4-19: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 13h.

O quarto horário de análise, estabelecido às 17h, visa o detalhamento do ciclo de resfriamento do ar que, a partir desse momento, será caracterizado pela capacidade de perder o calor absorvido no ciclo anterior, pois neste horário a influência da variável insolação no clima urbano encontra-se bastante reduzida. A menor temperatura média foi obtida no ponto B1 e a maior no ponto C4, respectivamente 24,6°C e 26,1°C, resultando em uma amplitude de 1,5°C. A umidade relativa do ar variou entre 71,1% e 79,8%, respectivamente nos pontos C3 e B2 (Figura 4.19 e 4.20).

Neste horário, as curvas de temperatura média voltaram a se agrupar, apresentando maior aproximação entre o comportamento térmico nos diversos pontos de coleta. No transecto A, a temperatura permaneceu constante nos diversos pontos, enquanto nos transectos B e C houve um discreto aquecimento com pequenas variações, alcançando uma diferença de 1°C entre os pontos com maior e menor temperatura de um mesmo transecto.

Nos pontos iniciais dos transectos A, B e C, a umidade relativa do ar permaneceu constante em relação ao interior da mata, desenvolvendo comportamentos diferentes nos demais pontos. Apesar da oscilação do índice de umidade entre pontos, observa-se uma tendência geral de redução de umidade ao longo dos transectos, acompanhando inversamente o comportamento da temperatura.

A distribuição dos valores de temperatura registrados durante o período de coleta apresentou-se de forma mais compacta em relação ao horário anterior, indicando maior aproximação entre os valores registrados. Quanto à umidade relativa do ar, a distribuição do segundo e terceiro percentil foram semelhantes ao horário anterior, mas com menor diferença entre os valores extremos registrados.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

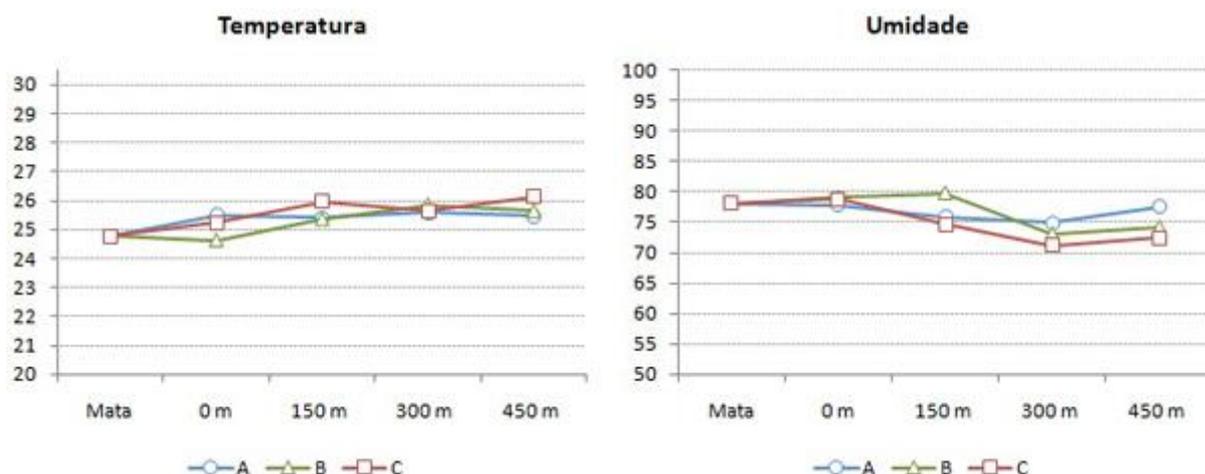


Figura 4-20: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 17h.

Figura 4-21: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 17h.

O último horário de análise, correspondente às 21h, encerrou a sequência de avaliação do comportamento climático nos diversos pontos de coleta. Este horário representa um comportamento intermediário do ciclo de resfriamento diário do espaço urbano, que tem início após o pico às 13h e se encerra à 05h. A maior temperatura foi alcançada no ponto C4 com 24°C e a mais baixa no interior da mata com 22,7°C. Dentre os pontos urbanos a menor temperatura foi obtida no ponto B1, 22,9°C. O maior e menor índice de umidade foi obtido no transecto C, pontos C1 e C3, respectivamente, 91,8% e 81,1%.

Os transectos A, B e C apresentaram comportamento térmico semelhante entre os pontos analisados. Observou-se um leve aquecimento entre o primeiro e segundo ponto urbano e, em seguida, a estabilização desses valores entre os demais pontos. O índice de umidade relativa do ar apresentou uma tendência geral decrescente, mas com visível oscilação entre os valores internos do transecto.

Dentre os horários analisados, a menor variação dos valores de temperatura durante o período de inverno foi alcançada às 21h, resultando graficamente na menor dispersão entre os valores observados nos gráficos do apêndice B. A maior diferença entre os valores máximos e mínimos foi obtida no interior da mata, com amplitude de 4,6°C, e a menor no ponto C1, com variação inferior a 2°C. A dispersão dos valores de umidade relativa do ar repetiu o padrão observado nos horários anteriores, mas com maior aproximação dos valores extremos.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

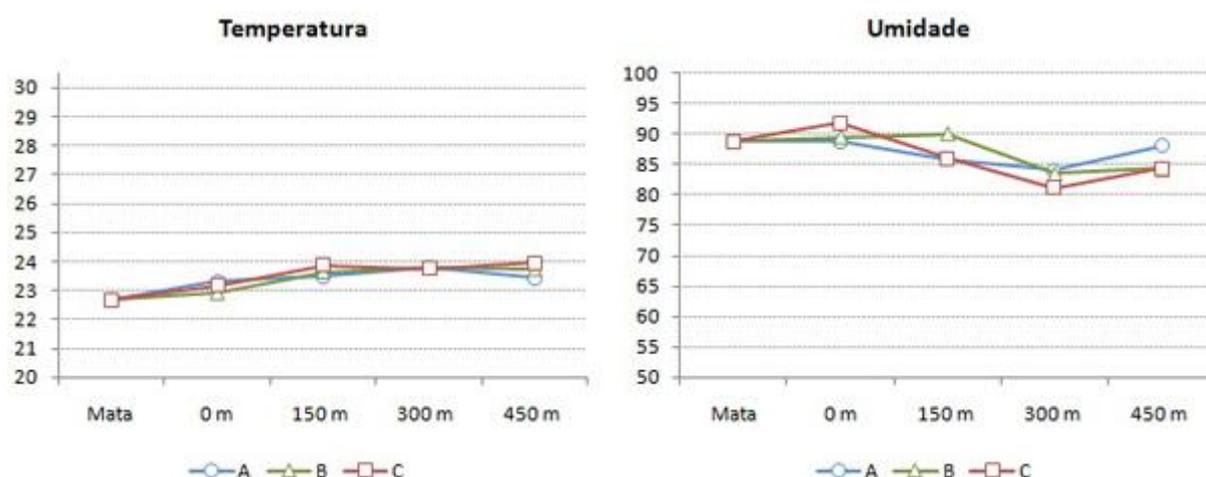


Figura 4-22: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 21h.

Figura 4-23: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 21h.

4.4.2 Verão

No período de coleta de verão, assim como no de inverno, as menores temperaturas médias diárias foram registradas às 5h. Neste horário, a temperatura do ar foi em média 3°C superior a obtida no inverno, variando entre 24°C e 25,3°C, respectivamente, pontos B1 e B4, com amplitude entre pontos de 1,3°C. O índice de umidade relativa do ar alternou entre 74.1% e 80.6%, enquanto no inverno este índice foi superior a 90%, conforme as Figuras 4.24 e 4.25.

O comportamento da temperatura nos transectos A, B e C foi bastante similar, apresentando tendência predominante de aquecimento ao longo dos percursos. O interior da mata registrou temperatura superior aos pontos localizados na borda, exceto pelo ponto A1. O transecto C destacou-se dos demais por apresentar maior oscilação entre os valores registrados de temperatura.

Como esperado, o índice de umidade relativa do ar apresentou comportamento inversamente proporcional à variação da temperatura, porém, no ponto B2 houve maior índice de umidade apesar do aumento da temperatura. Outro aspecto importante refere-se à aparente manutenção do índice de umidade relativa entre o terceiro e quarto ponto nos três transectos.

Analisando individualmente cada ponto, percebe-se que às 5h no período de verão houve pouca variação diária de temperatura do ar. Observa-se ainda que

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

neste horário os pontos iniciais de cada transecto apresentaram os maiores valores de amplitude e dispersão entre todos os pontos urbanos. A maior amplitude foi registrada no ponto do interior da mata, aproximadamente 5°C, enquanto a menor amplitude foi obtida no ponto C4, inferior a 3°C, conforme exposto nas Figuras B.31 B.33 e B.35 do Apêndice B.

Quanto à variação do índice de umidade relativa do ar, o ponto do interior da mata apresentou maior amplitude às 5h durante o período de coleta, variando entre 57% e 95%, e também a maior dispersão entre os valores registrados. O ponto C4 foi o que apresentou a menor dispersão dentre os pontos analisados.

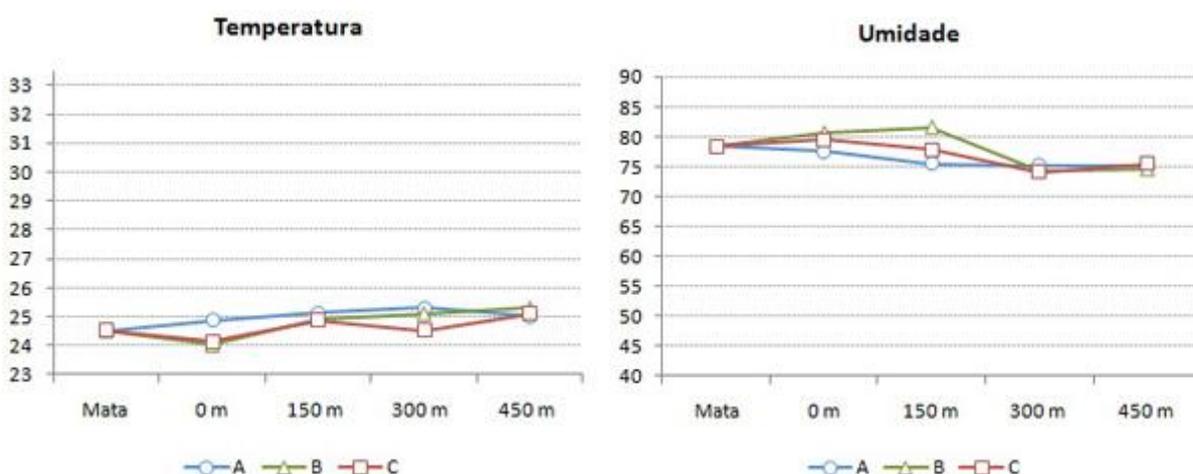


Figura 4-24: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 5h.

Figura 4-25: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 5h.

Às 9h no período seco, em relação ao chuvoso, houve maior disparidade entre os comportamentos térmicos nos treze pontos analisados, enquanto o comportamento da umidade do ar apresentou-se mais estável (Figuras 4.26 e 4.27). Com o aumento da incidência de insolação às 9h sobre as superfícies urbanas, as características físicas locais passam a exercer maior influência sobre as condições climáticas locais, devido ao potencial de cada material que compõe a superfície urbana de absorver, armazenar e transmitir calor, somada às características da geometria urbana.

A maior temperatura entre os transectos foi obtida no ponto B2 e a menor no ponto C1, respectivamente 32,4°C e 30,1°C, com amplitude de 2,3°C. O índice de

umidade variou entre 49% e 55,5% nos pontos C3 e B1, sendo cerca de vinte pontos percentuais inferiores à umidade relativa registrada no período de inverno para o mesmo horário. Como dito anteriormente, o ponto B2 estava inserido em local de pouca ou nula ventilação, diminuindo, assim, o potencial de perda de calor por convecção, enquanto o ponto C1 estava inserido em um local com vegetação próxima e com maior obstrução do céu visível do conjunto.

Os transectos A, B e C apresentaram comportamento térmico bastante divergente. Em A, a temperatura inicial foi superior a do interior da mata. No segundo ponto ocorreu acréscimo de cerca de 1°C. Já no terceiro ponto houve um declínio da temperatura, que voltou a subir no quarto ponto. Em B, a temperatura inicial foi inferior a do interior da mata, assim como em C, em seguida, ocorreu um aumento em torno de 2°C, no terceiro ponto houve uma redução da temperatura que se manteve estável até o ponto final. Em C, houve uma sequência crescente de da temperatura ao longo dos quatro pontos de medição. O índice de umidade relativa do ar apresentou baixa oscilação ao longo dos transectos, acompanhando o comportamento térmico dos pontos analisados.

No verão houve menor dispersão entre os valores de temperatura e umidade registrados durante os dias de coleta em relação ao inverno, o que indica maior uniformidade entre as condições climáticas. A menor diferença entre temperatura máxima e mínima foi encontrada no ponto B2, amplitude de 5,8°C, enquanto a maior dispersão foi registrada no interior da mata. A dispersão do índice de umidade relativa do ar não apresentou grandes diferenças entre os pontos.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

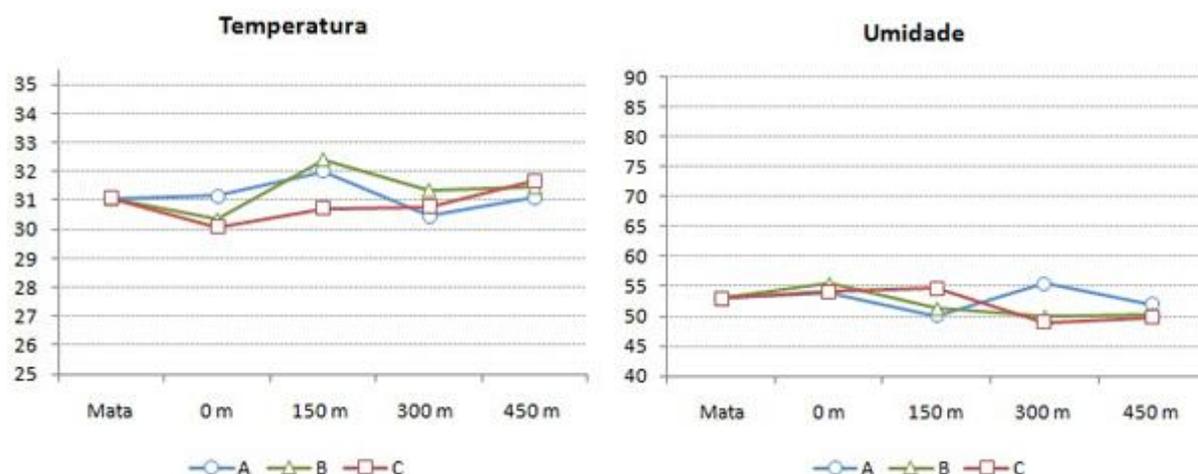


Figura 4-26: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 9h.

Figura 4-27: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 9h.

Assim como no período de inverno, no verão as temperaturas máximas foram registradas, em sua maioria, às 13h. Neste horário, foi registrada a mais expressiva diferença entre a maior e a menor temperatura média dos pontos em análise, totalizando uma amplitude de $3,8^{\circ}\text{C}$ entre os pontos C4 e A4. A umidade relativa do ar variou entre 51% e 42,6%, nos pontos A3 e B4.

Conforme observado na Figura 4.28, o comportamento térmico se apresentou de forma bastante irregular. Os pontos iniciais, locados na borda da mata, registraram temperaturas similares ou pouco inferiores àquela encontrada no interior da mata, porém, a partir de então, cada transecto apresentou comportamento distinto: em A, a temperatura subiu $1,6^{\circ}\text{C}$ no segundo ponto, baixando $2,5^{\circ}\text{C}$ no terceiro e ainda um pouco mais no quarto e último ponto. Em B, a temperatura sofreu aumento de $2,4^{\circ}\text{C}$ no segundo ponto, diminuindo 1°C no terceiro e voltando a aumentar no quarto. Já em C, a temperatura no primeiro ponto foi inferior a do interior da mata, porém houve, em sequência, um leve aquecimento no segundo e terceiro ponto, seguido por um aquecimento mais intenso, de $1,5^{\circ}\text{C}$, no ponto final.

A umidade relativa do ar permaneceu predominantemente inferior a 50% em todos os pontos, enquanto no mesmo horário do inverno encontrava-se entre 68,9% e 57,6%, variando de acordo com o comportamento da temperatura do ar.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

Assim como nos demais horários, a maior dispersão dos valores registrados de temperatura foi encontrada no interior da mata, conforme as Figuras B.43, B.45 e B.47 no Apêndice B. A maior diferença entre os valores extremos de temperatura foi obtida no ponto B2, com temperatura máxima de 36,6°C e mínima de 29,1°C. Houve pouca dispersão entre os valores de umidade relativa do ar, sendo o interior da mata o local com maior dispersão. É importante observar que o índice de umidade alcançou valores inferiores a 35% nos pontos A2, B3, B4 e C4 (Figuras B.44, B.46 e B.48).

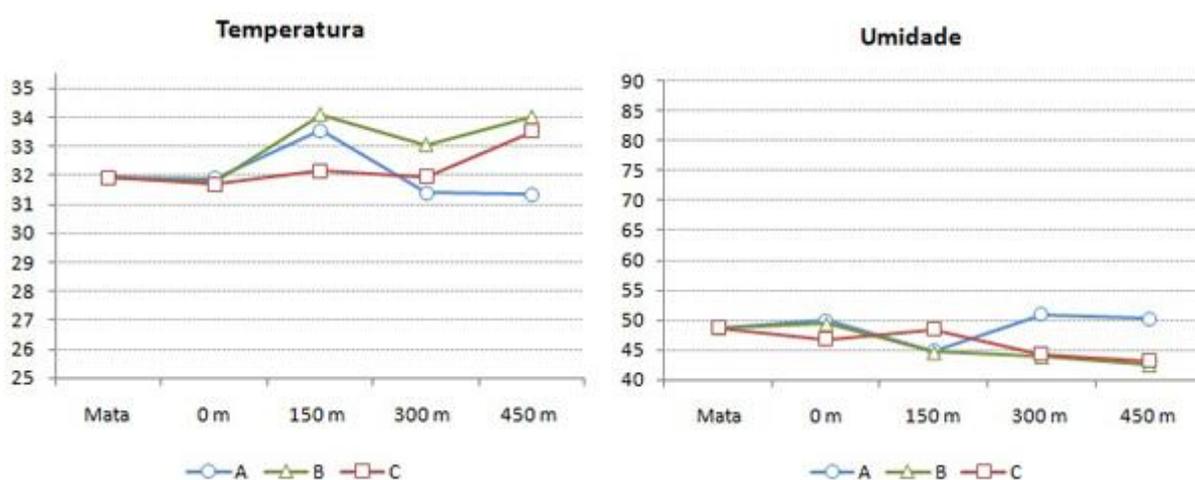


Figura 4-28: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 13h.

Figura 4-29: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 13h.

As temperaturas registradas às 17h foram visivelmente mais amenas que as do horário anterior, apresentando também menor amplitude entre os pontos. Observa-se na Figura 4.30 que a temperatura média variou entre 27,4°C e 29,2°C, respectivamente, nos pontos B1 e B4, resultando em uma amplitude de 1,8°C. Enquanto o índice de umidade relativa do ar variou entre 58,4% e 67,3%.

O comportamento térmico no transecto A continuou divergente dos demais, pois apresentou uma sequência de aquecimento nos dois primeiros pontos urbanos e, em seguida, um resfriamento sequencial nos dois últimos. No transecto B, ocorreu uma sequência quase linear de aquecimento ao longo do percurso, enquanto no transecto C, esta sequência foi interrompida apenas no ponto C3 que apresentou menor temperatura dentre os pontos do transecto.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

A umidade relativa do ar ocorreu, de uma forma geral, conforme esperado, apresentando curva de comportamento inversamente proporcional a temperatura. Em alguns pontos, entretanto, esta relação não foi observada. No ponto B2, apesar do aumento da temperatura, houve também aumento do índice de umidade relativa do ar, indicando aumento da umidade absoluta. Nos pontos B4 e C4, houve estabilização da umidade relativa do ar apesar do aumento de temperatura, o que indica acréscimo de vapor d'água (Figuras 4.30 e 4.31).

Observa-se, neste horário, baixa dispersão dos valores registrados de temperatura e umidade em um único ponto, como visto nas Figuras B.49 a B.54 do apêndice B. A maior diferença entre o valor máximo e mínimo de temperatura ocorreu no ponto C2, enquanto a maior dispersão foi encontrada no ponto B4. Em relação ao índice de umidade relativa do ar, a maior diferença entre os valores extremos foi registrada no ponto B4, em torno de 20%. Houve pouca dispersão entre os valores observados em cada ponto, em especial no interior da mata, que apresentou uma aproximação dos percentis de 25% a 75%, resultante da maior uniformidade entre os dados registrados.

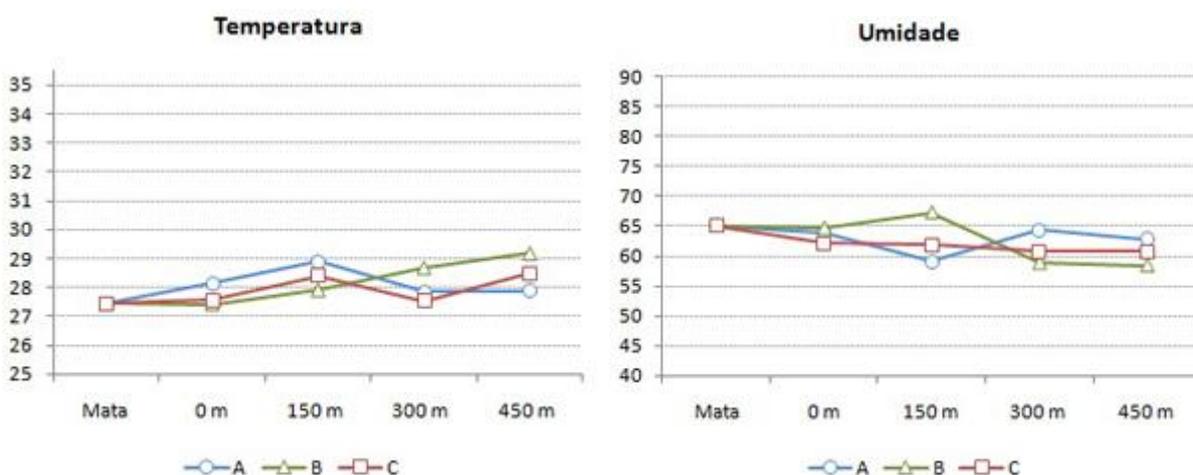


Figura 4-30: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 17h.

Figura 4-31: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 17h.

No último horário de análise, às 21h, houve a estabilização dos valores de temperatura e umidade. As temperaturas registradas variaram entre 25,8°C e 26,9°C, nos pontos B1 e B4, em média 3°C superior ao período de inverno, porém, apresentando o mesmo valor de amplitude, em torno de 1°C. O índice de umidade relativa do ar variou entre 67,9% e 75,1%.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

O comportamento térmico nos transectos A e C foi bastante estável, apresentando pouca diferença entre os valores registrados, mas com diferente oscilação da curva de temperatura (Figura 4.32). O transecto C apresentou temperatura inicial inferior a do interior da mata e, em seguida, desenvolveu uma tendência linear de aquecimento dos pontos ao longo do transecto, com variação de aproximadamente 1°C entre o primeiro e o último ponto.

Os valores de umidade relativa do ar registrados entre os pontos dos transectos A, B e C apresentaram pouca diferença, exceto nos pontos localizados a 150 metros da mata que apresentaram maior variação. No transecto A, a umidade permaneceu praticamente estável. Em C, houve pouca variação, e em B, foram registrados os valores extremos, máximo e mínimo, entre todos os transectos.

Neste horário, foi registrada a menor dispersão entre os valores de temperatura e umidade coletados durante o período de verão, demonstrando semelhança entre as condições climáticas diárias. A diferença entre a temperatura máxima e mínima foi bastante similar entre os pontos, em torno de 2,7°C, destacando-se o ponto B4 que apresentou menor amplitude, com apenas 0,8°C. Os valores de umidade também se apresentaram de forma constante, com variação média entre extremos em torno de 10%, conforme mostram as Figuras B.55 a B.60 do Apêndice B.

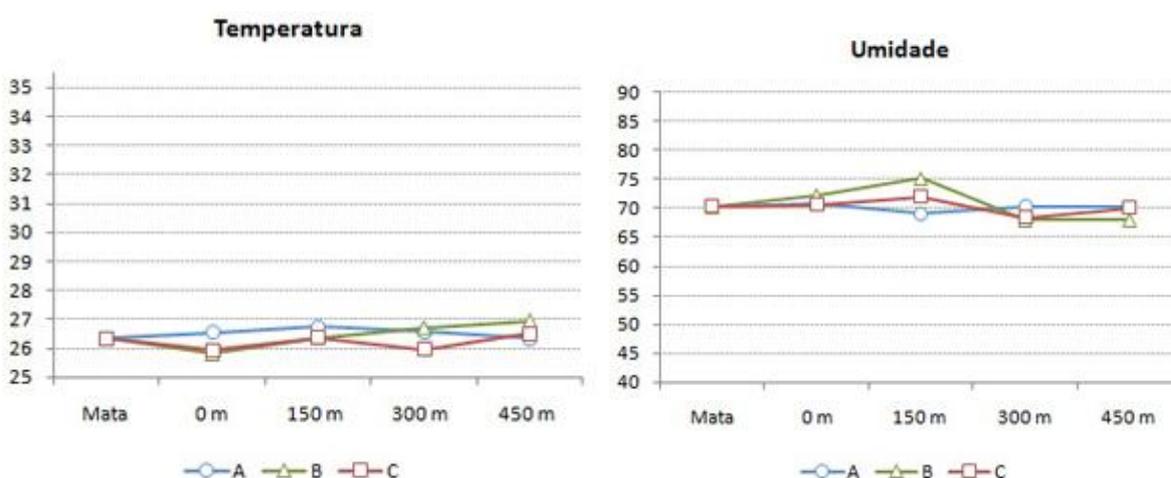


Figura 4-32: Variação de temperatura entre os transectos A, B e C às 21h.

Figura 4-33: Variação de umidade entre os transectos A, B e C às 21h.

5. Conclusões

As áreas verdes inseridas no contexto urbano exercem diferentes funções ambientais fundamentais para a manutenção da qualidade ambiental urbana, dentre as quais se destaca a atenuação do rigor climático devido à sua contribuição no controle da temperatura e umidade do ar, ventos, chuvas e poluição do ar.

Neste sentido, a presente pesquisa buscou compreender a influência da Mata do Buraquinho, localizada no centro geográfico da cidade de João Pessoa / PB, nas características climáticas do seu entorno ao monitorar as variáveis ambientais temperatura e umidade do ar nos períodos de inverno e verão em pontos dispostos em três transectos locados a sotavento da mata.

Os transectos e seus respectivos pontos foram locados em locais com índices similares de ocupação e adensamento, buscando-se encontrar espaços com morfologia semelhante. Quanto aos materiais de superfície, observou-se o predomínio de coberturas cerâmicas nos recortes urbanos estudados. No interior dos lotes de implantação dos pontos de coleta, houve predomínio de revestimento de piso em pedra, sendo em alguns momentos intercalado por vegetação ou solo exposto. Por outro lado, os transectos apresentaram diferenças quanto ao recobrimento do solo das ruas circundantes.

A análise das variáveis ambientais coletadas procedeu-se em três etapas sequenciais, observando os dois períodos de coleta, chuvoso e seco. Na primeira etapa, compararam-se as médias horárias de temperatura e umidade relativa do ar entre os doze pontos urbanos, o interior da Mata do Buraquinho e o Aeroporto Castro Pinto. Na segunda etapa, analisaram-se as amplitudes térmicas diárias em cada um dos treze pontos, identificando os principais elementos, tais como dispersão, distribuição e medida de tendência central, correlacionando-os as variáveis urbanas. Na etapa final de análise, procedeu-se o comparativo entre o comportamento climático nos transectos A, B e C em cinco horários sequenciais e representativos dos ciclos diários de aquecimento e resfriamento.

Observou-se inicialmente que as curvas diárias do comportamento de temperatura e umidade do ar apresentaram comportamento semelhante nos dois períodos de coleta, apresentando os mesmos horários de ocorrência para temperatura mínima e máxima, respectivamente 05h e 13h, enquanto a curva de umidade relativa do ar apresentou comportamento inversamente proporcional ao de temperatura, conforme esperado, pois, o índice de umidade relativa demonstra a relação entre a quantidade existente e a máxima de água contida no ar, sob a mesma temperatura.

No período de verão, as temperaturas médias do ar registradas foram aproximadamente 3°C superiores as do período de inverno. Os valores extremos diários de temperatura variaram entre 21,4°C e 30,3°C no inverno e 23,7° e 34°C no verão, enquanto a umidade relativa do ar variou entre 55% e 100% no inverno e 40% e 85% no verão. Com temperaturas mais altas em relação ao inverno, as curvas de temperatura se agruparam de forma mais dispersa no verão intensificando as diferenças entre o comportamento térmico de cada ponto, o que demonstra a maior influência da interação entre as características físicas do local com a insolação neste período.

Quanto à variação de temperatura registrada em um único horário, dentre os horários analisados, houve pouca diferença entre os valores obtidos nos pontos com maior e menor temperatura nos dois períodos de coleta, sendo a maior divergência observada às 13h, horário de maior temperatura diária, alcançando 3°C no inverno e 2,8°C no verão. Enquanto as menores amplitudes foram registradas às 21h, aproximadamente 1°C em ambos os períodos. Percebe-se, assim, no inverno e no verão, que as grandes diferenças de temperatura só se mantêm durante o período de ação da radiação solar, pois à noite as diferenças praticamente não existem, fenômeno que pode ser atribuído à ação da ventilação que retira o calor das superfícies urbanas por convecção, efeito característico das cidades litorâneas.

No Aeroporto Castro Pinto foram registrados valores similares aos pontos urbanos no inverno, identificando temperaturas mais elevadas que as obtidas no interior e na borda da mata. Porém, no verão, as temperaturas no aeroporto foram

predominantemente inferiores a todos os pontos analisados, incluindo o interior da mata. Este fenômeno deve ser atribuído a duas características locais do aeroporto: a maior susceptibilidade a ação dos ventos e ao recobrimento do solo por vegetação, pois enquanto a altitude no aeroporto é de 65m acima do nível do mar, o ponto na Mata foi locado em uma área de vale, alcançando a cota de 10m no local de implantação do equipamento. Observou-se também que o solo da estação de medição no aeroporto é recoberto completamente por vegetação rasteira, enquanto no local de medição da Mata o solo estava aparente, sem recobrimento.

No período de inverno, observou-se que os pontos em estudo registraram valor mediano para amplitude diária por volta de 8°C em todo o conjunto, com pouca variação entre pontos. Por outro lado, constatou-se bastante variação entre os valores de amplitude diária registrados em um único ponto durante o período de coleta. Como exemplo, cita-se o ponto A4 que registrou valores extremos de 2,7°C e 11,5°C, o que demonstra a inconstância entre as condições climáticas durante este período, devido às variações de precipitação e nebulosidade. Por fim, observou-se que os pontos mais afastados da mata, localizados a 450 metros, apresentaram os maiores valores de amplitude do conjunto, indicando maior desequilíbrio climático.

Inversamente ao período anterior, no período de coleta de verão observou-se maior semelhança climática entre os dias, resultando maior uniformidade entre os valores diários de amplitude registrados em cada ponto. Porém, com a intensificação da influência das características físicas locais na composição do microclima devido à ação da insolação, observou-se maior diferença entre as amplitudes médias diárias registradas nos pontos em análise, variando entre 6,8°C e 9,9°C. Observa-se ainda que neste período não foi possível visualizar relações claras entre a amplitude térmica local e o distanciamento da Mata, sendo assim, percebe-se que neste período as amplitudes são fortemente condicionadas pelas características físicas de cada ponto.

Na etapa final de análise, observou-se que, em geral, as temperaturas mais baixas foram encontradas nos pontos iniciais de cada transecto, enquanto as mais elevadas foram registradas nos últimos pontos, o que demonstra a influência da

Mata na amenização da temperatura urbana. Porém, não se observou uma tendência linear de aquecimento da temperatura do ar ao longo do transecto, que demonstraria a relação direta da amenização da temperatura com o distanciamento da Mata. Percebe-se, assim, que outros elementos urbanos possuem forte influência no contexto climático local, podendo anular ou intensificar o efeito mitigador da área verde, tais como susceptibilidade aos ventos, geometria do local e as características térmicas dos materiais de revestimento das superfícies.

Observa-se assim, que a maior atuação da contribuição climática de uma área verde ocorre sobre o seu entorno imediato, sendo o sombreamento fator fundamental para a ocorrência deste efeito, o que confirma as constatações obtidas por Fontes e Delbin (2002), em Bauru, e Oliveira *et al* (2008), em Lisboa. Porém, com o distanciamento da borda da mata, as características do espaço urbano, tais como, morfologia e tipos de superfícies, exercem maior influência sobre o comportamento climático local, assim como observado por Gomes e Lamberts e Ca, Asaeda e Abu (1998).

Do ponto de vista climático, a maior distribuição de pequenas áreas verdes sobre o espaço urbano, quando comparada a uma grande área concentrada, produz um efeito mitigador de maior eficiência, por aumentar a área de transição mata-cidade, acentuando assim, o efeito de borda. Como demonstrado por Honjo (apud Yu e Hien, 2004), a amenização climática proporcionada pelas massas de vegetação não aumenta na proporção do aumento de sua área, sendo a estratégia mais adequada para o espaço urbano, a implantação de áreas verdes menores, mas com adequado intervalo entre elas.

No sentido oposto, observa-se hoje, na cidade de João Pessoa, uma acentuada e acelerada redução da cobertura vegetal do espaço urbano, resultante de um inadequado processo de verticalização, onde quintais e jardins estão sendo substituídos frequentemente por superfícies impermeáveis. Quanto aos espaços públicos, pouco tem sido feito para o aumento da arborização das vias e praças, o que contribui ainda mais com a intensificação da temperatura urbana.

Com o encerramento dos procedimentos de pesquisa adotados, ratifica-se a dificuldade de se trabalhar no cenário urbano, considerando desde a definição dos pontos de implantação dos equipamentos de coleta de dados até a sua manutenção e segurança. Percebeu-se que a busca por espaços com características físicas semelhantes dentro do recorte urbano é uma tarefa minuciosa e concomitantemente árdua, assim como a fiscalização destes pontos. Nesta pesquisa observou-se, ainda, após a implantação dos equipamentos, que muitas características não observadas quando da escolha do local foram em alguns momentos mais determinantes na composição dos valores registrados que as características inicialmente observadas.

Por fim, reitera-se a necessidade de preservação da Mata do Buraquinho para a cidade de João Pessoa devido à sua importância na manutenção da qualidade ambiental urbana através de sua atuação nos subsistemas hidrometeorológico, físico-químico e, em especial, termodinâmico, foco de estudo da presente pesquisa. Contudo, a crescente expansão de áreas impermeáveis e adensadas tende a anular o efeito das áreas verdes, posto que, como visto neste trabalho, o alcance, da ação mitigadora do rigor climático, de grandes áreas verdes sobre as condições microclimáticas do entorno é limitada, a extensão desse alcance só pode ser ampliada através da distribuição da vegetação, preferencialmente de forma homogênea, sobre toda a área urbanizada.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

Referências Bibliográficas

ABREU, L. V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.

AMORIM, R. P. L.; DUARTE, M.; LEDER, M. S. **Proposta de Proteção alternativa para sensores higrotérmicos utilizados em medições de ambientes externos**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13, 2010, Canela/RS. Avanços científicos e impactos da pesquisa em tecnologia do ambiente construído: como avaliar? Canela, 2010.

BARBOSA, M. R. V. **Estudo florístico e fitossociológico da Mata do Buraquinho, remanescente de mata atlântica em João Pessoa, PB**. 1996. 143 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1996.

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da Vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003.

CA, V. T.; ASAEDA, T., ABU, E. M. **Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park**. *Energy and Buildings*. v. 29, p. 83-92, 1998.

CARVALHO, M. M. **Clima urbano e vegetação: Estudo analítico e prospectivo do parque das dunas em natal**. 2001. 288 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2001

CARVALHO, H. J. M. **Parâmetros climatológicos para o estudo do balanço termo-energético de edificações da cidade de João Pessoa – PB**. 2001. 89 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2001.

CHANG, C.; LI, M.; CHANG, S. **A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks**. *Landscape and Urban Planning*. V. 80, p. 386 -395, 2007.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. Apostila IPH/ UFRGS. 2008. 274 p. Disponível em: (<http://pt.scribd.com/doc/43435101/Apostila-Hidrologia>). Acesso em: 05 jan. 2011.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

DUARTE, M. L. F. **Comportamento microclimático urbano - Estudo de caso de um recorte urbano em João Pessoa**. 2010. 167 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2010.

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

FARIA, J. R. G.; MENDES, J. F. G. **Sobre o uso e ocupação do solo urbano e a temperatura do ar**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.4, n.3, p. 7-17, 2004.

FIGUEIRÓ, A. S.; NETTO, A. L. C. **Análise da variabilidade térmica em zonas de bordas florestais com interface urbana no maciço da Tijuca Rio de Janeiro-RJ**. Ciência e Natura, v. 29, p. 173-186, 2007.

FONTES, M. S. G. C.; DELBIN, S. **Efeito climático de uma área verde no ambiente urbano**. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 9, 2002. Foz do Iguaçu/ PR, 2002. p. 971-980.

FRANCO, M. A. **Desenho Ambiental: Uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico**. São Paulo: Annablume, 1997. 226 p.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248p.

GOMES, P. S.; LAMBERTS, R. **O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros, MG**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n.1, p. 73-91, 2009.

HANN, J. **Handbook of climatology**. Nova Iorque: The Macmillan Company, 1903. 458 p.

KATZCHNER, L. **Urban climate studies as tools for urban planning and architecture**. In: Encontro Nacional de conforto no ambiente, 5, Salvador, 1997. *Anais...* Salvador, 1997. p.49-58.

KOENISBERGER, O.H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madri: Paraninfo, 1977. 278 p.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: UFSC/Procel/ Eletrobrás, 1998.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981. 285p.

LIMA, A. M. L. P.; CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J. C.; SOUSA, M. A. L. B.; FIALHO, N. O. PICCHIA, P. C. D. **Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos**. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2., 1994. São Luís. *Anais...* São Luís, 1994. p. 539-553.

LOMBARDO, M. A. **A Ilha de Calor da Metrópole Paulistana**. 1984. 210 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 1984.

LOVELOCK, J. **A vingança de Gaia**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006. 159 p.

MACEDO, S. S. **Espaços Livres**. In: Revista Paisagem e Ambiente – Ensaios, v. 7, São Paulo: FAUUSP, 1994.

MAKARIEVA, A. M.; GORSHKOV, V. G. **Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land**. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, v. 3, p. 2621-2673, 2006.

MASCARÓ, L. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Editora 4, 2004. 200 p.

MCHARG, I. L. **Design with nature**. Nova Iorque: The Natural History Press. 1969. 197 p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. Série Teses e Monografias, nº25. São Paulo: IGEOG/ USP, 1976. 181 p.

OKE, T. R. **Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urbans Sites**. Instruments and observing methods, No. 81. World Meteorological Organization. Geneva, 2006. 51 p.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978. 464 p.

OKE, T. R. **Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites**. In: NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, 27, Banff, 2004. 14p.

Análise da magnitude da Influência climática de um remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido.

OLGYAY, V. *Arquitectura y Clima: Manual de Diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1998. 203 p.

OLIVEIRA, S.; ANDRADE, H.; ALCOFORADO, M. J.; VAZ, T. **O contributo potencial dos espaços verdes para a adaptação às alterações climáticas nas cidades**: O exemplo de dois jardins de Lisboa. In: Congresso Nacional sobre Alterações Climáticas, 1, Aveiro, 2008.

PARRY, M. L.; CANZIANI, O. F.; PALUTIKOF, J. P.; VAN DER LINDEN, P. J.; HANSON, C.E. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 2007. 976 p.

RIBEIRO, E. L.. **Cidades (in)sustentáveis**. João Pessoa: Editora Universitária, 2006. 162p.

ROMERO, Marta A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Proeditores, 2000. 128 p.

SHASHUA-BAR, Milo E.; HOFFMAN, Limor. **Vegetation as a climatic component in the design of an urban street**. An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and Buildings*, v. 31, p. 221- 235, 2000.

SILVA, F. A. G. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído**: uma aplicação ao Nordeste do Brasil. 1999. 207 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

WALKER, G.; Sir David K. **O tema quente**: como combater o aquecimento global e manter as luzes acesas. 1 ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2008. 286p.

YU, C.; HIEN, W. N. **Thermal benefits of city parks**. *Energy and Buildings*. v. 38, p. 105-120, 2006.