

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

**ANA PAULA XAVIER DE GONDRA BEZERRA**

**ANÁLISE MICROCLIMÁTICA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS EM ÁREAS  
URBANAS NA CIDADE DE RECIFE - PE**

Recife-PE  
2018

**ANÁLISE MICROCLIMÁTICA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS EM ÁREAS  
URBANAS NA CIDADE DE RECIFE - PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Hugo Baracuy da Cunha Campos

COORIENTADOR: Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda

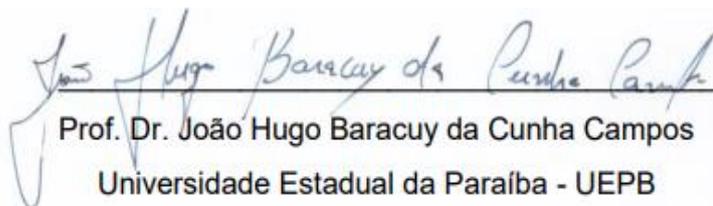
COORIENTADOR: Prof. Dr. Lincoln Eloi de Araújo

Recife-PE  
2018

ANA PAULA XAVIER DE GONDRA BEZERRA

**ANÁLISE MICROCLIMÁTICA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS EM ÁREAS  
URBANAS NA CIDADE DE RECIFE - PE**

Orientador:



Prof. Dr. João Hugo Baracuy da Cunha Campos  
Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

Coorientadores:

---

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda  
Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFPE

---

Prof. Dr. Lincoln Eloi de Araújo  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Joel Silva dos Santos  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

---

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Coordenador do PPEAMB:

---

Prof. Dr. José Ramon Barros Cantalice

Recife, Fevereiro de 2018.

## FICHA INSTITUCIONAL

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

B574a Bezerra, Ana Paula Xavier de Gondra.  
Análise microclimática das condições ambientais em áreas urbanas na cidade  
De Recife-PE / Ana Paula Xavier de Gondra Bezerra. – Recife, 2018.  
80 f.: il.

Orientador(a): João Hugo Baracuy da Cunha Campos.  
Coorientador(a): Romildo Morant de Holanda, Lincoln Eloi de Araújo.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, BR-PE, 2018.  
Inclui referências.

1. Desconforto térmico 2. Uso e ocupação do solo 3. Ilhas de calor I. Campos,  
João Hugo Baracuy da Cunha, orient. II. Holanda, Romildo Morant de, coorient.  
III. Araújo, Lincoln Eloi de, coorient. IV. Título

CDD 620.8

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, minha mãe e em especial ao meu esposo, Ivan,  
pela compreensão e apoio em todos os momentos difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por essa oportunidade na minha vida profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental pela oportunidade de realização de trabalho;

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE pela provisão da bolsa de mestrado.

Ao meu esposo, Ivan, que me deu apoio nessa etapa. Minha mãe que sempre me estimula a estudar e crescer profissionalmente.

Ao querido Prof. Romildo Morant pelo grande incentivo, confiança e cobrança, com certeza esses adjetivos foram bem aproveitados na minha vida de mestranda.

Ao meu orientador, Prof. João Hugo Baracuy, pelos incentivos e suas disponibilidades para me atender em períodos de férias e tirar dúvidas a longa distância.

Agradeço ao Prof. Lincol Eloi pela ajuda, disponibilidade e atenção. Realmente as suas considerações foram bastante produtivas e trouxe outro olhar no trabalho.

Ao grupo de pesquisa Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais - CITAR pela oportunidade de crescimento, pelas reuniões e discussões que me engradeceram profissionalmente.

As pessoas que me ajudaram, de alguma maneira, a desenvolver essa pesquisa, me ajudando a comprar e montar os equipamentos (Prof. Romildo Morant); fornecendo-me dados (Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP, em especial o Técnico Wanderson Santos e ao Profº Ênio Silva da Universidade Federal Rural de Pernambuco); cedendo-me a residência para realizar o experimento (Kátia

Canvalcanti, Madrinha Iraide Medeiros, Alex Lira e Prof. Romildo Morant); acompanhando-me nas medições de campo (Symone Falcão, Raimundo Mainar, Meu Fabricó Gabriel e Ítala Sobral); e na discussão sobre a dissertação.

Agradeço também ao Prof. Joel Santos por ter me cedido alguns sensores o que possibilitou uma abrangência significativa do meu trabalho.

A minha “filhotinha”, Symone Falcão, que me ajudou bastante na elaboração dos mapas e me trouxe muitos conhecimentos com sua pesquisa.

Em especial, aos meus colegas de mestrado, que viraram amigos para toda vida, Emmanuelle Lorena, Fabrício Gabriel e Ítala Sobral, que estavam todos os dias ao meu lado incentivando a criar novas oportunidades na vida acadêmica.

## RESUMO

As alterações ambientais presentes nos centros urbanos são as mais sentidas pela população e geram microclimas específicos que podem ocasionar o desconforto térmico. Tais mudanças podem ser provocadas, principalmente, pela expansão das cidades com uso e ocupação do solo sem planejamento. A presente pesquisa visou estudar a dinâmica do sistema climático urbano da cidade do Recife, a partir da análise do campo térmico e de suas relações com o uso e a ocupação do solo. As áreas de estudo foram os pontos de Ponto 01- ITEP, ponto 02 - Casa Amarela, ponto 03 - Campo Grande, ponto 04 - Boa Vista, ponto 05 - Boa Viagem e ponto 06 - UFRPE por conterem área construída e área de reserva da mata atlântica. A metodologia foi conduzida com base nas seguintes etapas: levantamento de dados climáticos da área; instalação de sensor tipo Hobo para coletar as variáveis meteorológicas (temperatura e umidade relativa do ar) nos dois períodos climáticos (seco e chuvoso) durante 02 meses em cada período, com frequência de coleta de dados de 1h-1h; cálculo do nível de desconforto térmico (IDT) que foi baseado no índice de Thom; verificação da amplitude térmica e das ilhas de calor, que utilizou o P01 como referência. Com os resultados, o IDT para todos pontos monitorado variou entre parcialmente desconfortável e desconfortável. Com relação à ilha de calor, o ponto com maior destaque para o bairro da Boa Vista que teve há ocorrência da ilha de calor, com máxima de 4,84°C, na estação seca e na chuvosa de máxima de 5,84°C. Os bairros que apresentaram resultados mais críticos quanto às altas temperaturas e ilha de calor foram P02 e P04. Além disso, vale destacar que estas ilhas são ainda mais expressivas no período chuvoso do que no período seco. Os resultados demonstram que Recife possui clara evidência da atuação do ambiente construído no comportamento espacial e temporal da temperatura no município. O campo térmico da cidade do Recife encontrar-se diferenciado apresentando algumas alterações climáticas, gerando microclimas específicos nos bairros estudados. Contudo, os aglomerados de edificações não possuem espaços verdes, que são exigidos por lei, para amenizar a sensação de desconforto térmico.

Palavras-chaves: desconforto térmico, uso e ocupação do solo; ilhas de calor.

## ABSTRACT

Environmental changes present in urban centers are the most experienced by the population and generate specific microclimates that can cause the thermal discomfort. This changes maybe caused mainly by the expansion of cities with use and occupation of the soil without planning. This research aimed to study the dynamics of the climate system of the city of Recife, from the analysis of the thermal field and its relations with the use and occupation of the soil. The present research aimed to study the dynamics of the urban climate system of the city of Recife, based on the analysis of the thermal field and its relationship with land use and occupation. The areas of study were Point 01 - ITEP, point 02 - Casa Amarela, point 03 - Campo Grande, point 04 - Boa Vista, point 05 - Boa Viagem and point 06 - UFRPE because they contain a built area and a reserve area of Atlantic forest. The methodology was conducted based on the following steps: survey of climatic data of the area; Hobo type sensor installation to collect the meteorological variables (temperature and relative air humidity) in the two climatic periods (dry and rainy) during 02 months in each period, with data collection frequency of 1h-1h; calculation of the level of thermal discomfort (RTD) which was based on the Thom index; thermal amplitude and heat island verification, which used P01 as a reference. With the results, the IDT for all monitored points ranged between partially uncomfortable and uncomfortable. With respect to the island of heat, the point with greater emphasis to the bairro da Boa Vista that had occurrence of heat island, with a maximum of 4.84°C, in the dry season and rainy seasons of maximum of 5.84°C. The neighborhoods that presented the most critical results regarding the high temperatures and heat island were P02 and P04. In addition, it is worth noting that these islands are even more expressive in the rainy season than in the dry season. The results demonstrate that Recife has clear evidence of the performance of the built environment in the spatial and temporal behavior of temperature in the municipality. The thermal field of the city of Recife is differentiated presenting some climatic changes, generating specific microclimates in the studied districts. However, building clusters do not have green spaces, which are required by law, to ease the feeling of thermal discomfort.

Key words: thermal discomfort, land use and occupation; islands of heat.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

- ABNT.** Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- CNUDMA.** Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
- COP 3.** Convenção do Clima
- IDT.** Índice de Desconforto térmico
- IC.** Ilha de Calor Urbano
- INMET.** Instituto Nacional de Meteorologia
- IPCC.** Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas
- ITEP.** Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco
- MEAS.** Massa Equatorial Atlântica - Marítima
- MPA.** Massa Polar Atlântica – Marítima
- MTA.** Massa Tropical Atlântica
- OMS.** Organização Mundial de Saúde
- ONG.** organizações não governamentais
- PNMA.** Política Nacional de Meio Ambiente
- PNMC.** Política Nacional sobre Mudança do Clima
- PNUMA.** Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
- RPA.** Regiões Político Administrativas
- UFRPE.** Universidade Federal Rural de Pernambuco
- UNFCCC.** Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
- UR.** Umidade Relativa
- ZCIT.** Zona de Convergência Intertropical
- ZEPA.** Zonas Especiais de Preservação Ambiental

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da área de estudo, a cidade do Recife. ....	29
Figura 2 – Divisão da Região Político Administrativa (RPA). ....	30
Figura 3 – Mapa de localização dos bairros onde foram marcados os pontos de coleta.....	31
Figura 4 – Modelos dos Termo-Higrometro utilizados na pesquisa. ....	32
Figura 5 – Realização das aferições nos pontos fixos. A) Estação meteorológica da UFRPE com o período de permanência 15/12/2016 à 19/12/2016. B) Estação meteorológica do ITEP com o período de permanência de 19/12/2016 à 23/12/2016.....	33
Figura 6 – Tripé e o abrigo confeccionado para instalações dos sensores. a) Tripé adaptado b) Proteção Adaptada.....	34
Figura 7 - Área de análise de cada ponto de coleta durante os dois períodos experimentais: período seco e chuvoso. Fonte: COSTA, 2007. ....	38
Figura 8 – Curso da precipitação no período de 1982-2016, média anual e acumulado anual.....	39
Figura 9 – Climatologia mensal da precipitação pluvial da estação INMET do Recife no período de 34 anos. ....	40
Figura 10 - Curso temporal da temperatura do ar e umidade relativa no período de 1982 – 2016, da estação do INMET do Recife. ....	41
Figura 11 – Curso da temperatura média e umidade relativa entre 1982 e 2016. ....	41
Figura 12 - Vista da área do Ponto 01 (ITEP), Recife, PE.....	46
Figura 13 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 01 – ITEP. ....	47
Figura 14 – Visualização área do Ponto 02 - Casa Amarela.....	48
Figura 15 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 02 – Casa Amarela.....	49
Figura 16 – Visualização área do Ponto 03 - Campo Grande.....	50
Figura 17 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 03 – Campo Grande.....	51
Figura 18 – Vista área do ponto 04 (Boa Vista) e de seu entorno. ....	52
Figura 19 -. Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 04 – Boa Vista.....	53
Figura 20 – Vista da área do Ponto 05 (Boa Viagem), Recife, PE.....	54
Figura 21 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 5 – Boa Viagem.....	55
Figura 22 – Visualização área do Ponto 01 - estação UFRPE. ....	56
Figura 23 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 06 – UFRPE - Bairro de Dois Irmãos. ....	57
Figura 24 – Mapa da amplitude térmica máxima ocorrida nas datas descritas no período seco e chuvoso.....	60
Figura 25 – Visão geral das médias da temperatura (°C), da umidade relativa (%) e do índice de desconforto térmico – IDT nos pontos experimentais.....	61
Figura 26 – Identificação da ilha de calor urbano da cidade do Recife na estação seca.....	63
Figura 27 - Identificação da ilha de calor urbano da cidade do Recife na estação chuvosa. ....	64
Figura 28 – A média da intensidade da ilha de calor urbana – Período Seco e chuvoso. ....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Localização dos pontos experimentais. ....	31
Tabela 2 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas para climas tropicais litorâneos. ....	36
Tabela 3 - Faixa de classificação da Ilha de Calor Urbano. ....	36
Tabela 4 – Principais variáveis climatológicas e o IDT do período de 1982-2016. ....	42
Tabela 5 - Percentuais de uso e cobertura do solo nos Pontos de monitoramento ...	44
Tabela 6 - Dia e hora da ocorrência dos níveis de conforto térmicos máximos e mínimos e a temperatura e a umidade relativa de cada ponto analisado durante os períodos seco e chuvoso em Recife.....	58
Tabela 7 - Índice de Desconforto Térmico de Thom (IDT) e classificação para os pontos monitorados .....	62
Tabela 8 – Valores máximos das Ilhas de calor(IC), data e horário da ocorrência e a classificação nos pontos monitorados durante o período seco.....	66
Tabela 9 - Valores máximos da Ilhas de calor (IC), data e horário da ocorrência e a classificação nos pontos monitorados durante o período chuvoso.....	66

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de coberturas identificadas nos pontos de coleta de dados e suas descrições .....	38
Quadro 2 - Características gerais dos pontos de coleta de dados.....	44

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>12</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>13</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1. Objetivo Geral .....	17
2.2. Objetivos Específicos .....	17
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
3.1 Estudos do Clima no Mundo e no Brasil .....	17
3.2 Clima Urbano e Implicações .....	20
3.3 A crise ambiental e as questões climáticas .....	22
3.4 Campo Térmico, Planejamento Urbano e Uso e Ocupação Do Solo .....	26
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
4.1 Área de Estudo .....	27
4.2 Procedimentos Metodológicos .....	30
<b>4.2.1 Pontos de coleta de dados</b> .....	<b>30</b>
<b>4.2.2 Instalação dos sensores</b> .....	<b>32</b>
<b>4.2.3 Dados climatológicos</b> .....	<b>34</b>
<b>4.2.4 Levantamento e análise dos dados</b> .....	<b>35</b>
<b>4.2.5 Nível de desconforto térmico</b> .....	<b>35</b>
<b>4.2.6 Identificação de Ilha de Calor</b> .....	<b>36</b>
<b>4.2.7 Análise do Uso e Ocupação do Solo</b> .....	<b>36</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
5.1 Climatologia do Recife .....	39
5.2 Uso e ocupação do solo dos pontos .....	43
5.2.1 Ponto 01 – ITEP .....	45
5.2.2 Ponto 02 – Casa Amarela .....	47
5.2.3 Ponto 03 – Campo Grande .....	49
5.2.4 Ponto 04 – Boa Vista.....	51
5.2.5 Ponto 05 – Boa Viagem .....	53
5.2.6 Ponto 06 – Dois Irmãos - Estação UFRPE.....	55
5.3 Análise do Desconforto Térmico (IDT).....	58
5.4 Ilhas de Calor.....	63
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>69</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>71</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O espaço natural foi substituído por construções de prédios, casas, estradas, avenidas, rede de esgoto entre outros que deram origem aos espaços urbanos. Porém, essa transformação não afeta apenas o aspecto físico do lugar, mas conseqüentemente o clima, e por decorrência às condições climáticas modificadas alterará o solo e da vegetação vizinha e, resultará em alterações posteriores ao microclima (SANTOS; PIMENTEL, 2012).

A urbanização contribui para a mudança das condições climáticas locais que interfere diretamente nos microclimas, que são o conjunto das variáveis climáticas em uma pequena área da cidade. De acordo com Tumini et al. (2016) essas modificações trazem alguns efeitos negativos para as vertentes ambiental; econômica e social.

Dentre os vários sistemas ambientais, o atmosférico vem sendo um dos mais afetados nesses últimos séculos, principalmente no que diz respeito ao seu estado de equilíbrio termoquímico, pois os diversos gases do efeito estufa provenientes da queima de combustíveis fósseis e das mais diversas atividades antrópicas têm alterado significativamente a composição química desse sistema, colaborando para a elevação das temperaturas médias do planeta e gerando inúmeros problemas com implicações socioambientais para a sociedade em geral, com destaque especial para os centros urbanos (SANTOS et al., 2012).

A rápida implantação de infraestrutura nas grandes cidades brasileiras sem planejamento urbano, devido a ações antrópicas (SILVA et al., 2015) resultam na impermeabilização dos solos; no aumento do albedo; na redução das áreas verdes, no aumento da poluição atmosférica em função das indústrias instaladas nas cidades, no aumento da precipitação, na formação de ilhas de calor e conseqüentemente o desconforto térmico, dentre outros fatores, esses são apenas alguns exemplos de alterações ambientais presentes nos centros urbanos que geram microclimas específicos. Conti (1998) afirma que nesses ambientes:

“A evaporação se reduz consideravelmente pela ausência de superfícies líquidas e de áreas verdes. A água, ao se evaporar, consome 600 cal/g; isso significa que tal energia, deixando de ser utilizada, já que a evaporação é muito pequena, fica disponível no

ambiente, aumentando a sensação de desconforto térmico e acentuando o efeito da ilha de calor”.

A intensificação de tais efeitos é influenciada pela forma arquitetônica dos edifícios, pela natureza dos materiais de construção, pelas cores das paredes e pela densidade da área construída, afetando, também, a velocidade e direção dos ventos, que tendem a se orientar pelos vales ou canyons, definidos pelo alinhamento dos grandes edifícios, variando conforme a hora do dia e a situação sinótica (CONTI, 1998).

Devido a isso, o clima urbano vem sendo muito estudado em cidades localizadas em latitudes médias. Desde os anos 1950, se tornou importante objeto de estudo, no Brasil, a partir de 1970, estudos focaram problemas ambientais acumulados nas grandes cidades, derivados da rápida urbanização (SILVA; RIBEIRO; SANTANA, 2014).

A cidade do Recife possui hoje inúmeros cenários de degradação social e ambiental, decorrentes da forma pela qual a cidade e os demais municípios circunvizinhos se edificaram (SANTOS, 2013), necessitando de maior entendimento das interações espaço urbano, condições climáticas e indivíduo. O Recife possui grande área urbanizada onde a superfície urbana é composta por consideráveis percentuais de superfícies impermeáveis e reduzida cobertura vegetal (MOREIRA et al., 2017)

Devido a isso, a compreensão do comportamento térmico de uma cidade pode possibilitar o entendimento das interfaces urbano - rural e das interações homem -natureza mediante as situações climáticas atuais e futuras (LOBATO et al., 2016).

O ambiente urbano construído é um campo político em que a implantação de políticas e ações adequadas podem gerar benefícios humanos e ecológicos significativos (BALABAN; OLIVEIRA, 2017).

Neste sentido, desvendar as causas e efeitos das alterações antrópicas em áreas urbanas, principalmente no que diz respeito ao clima urbano (alterações no campo térmico) é um desafio inadiável para os pesquisadores do ambiente construído, uma vez que a qualidade do espaço urbano depende desse conhecimento, e de sua aplicação nos processos de gestão e planejamento das cidades.

Dessa forma, a hipótese dessa pesquisa é que as diferentes formas de uso e cobertura do solo, tal como o processo desordenado de urbanização, têm provocado alterações e variações no campo térmico da cidade, o que pode causar a formação da ilha de calor urbana e conseqüentemente o desconforto térmico com efeitos na qualidade de vida da população.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Verificar a dinâmica do sistema climático urbano da cidade de Recife a partir da análise do campo térmico, de suas relações com o uso e a ocupação do solo e de possíveis mudanças climáticas.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- (i) Mapear as diferentes formas de uso e ocupação do solo da cidade de Recife.
- (ii) Avaliar a climatologia da cidade do Recife através de dados oficiais;
- (iii) Calcular o Índice de Desconforto Térmico de Thom para a cidade do Recife através da análise dos parâmetros de temperatura e umidade relativa;
- (iv) Identificar a intensidade das ilhas de calor durante os dois períodos monitorados.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Estudos do Clima no Mundo e no Brasil**

Em um estudo sobre governança do clima urbano no Noroeste do pacífico, realizado por Rice (2013), apontou que um número considerável de cidades está a tomar medidas para reduzir as concentrações de emissões de GEE, porém surge preocupações quanto à sua equidade (por exemplo, quem é o responsável).

As ilhas de calor estão cada vez mais frequentes, ocorrendo em toda parte do mundo. O que comprova estudos realizados na cidade de Moscou, na Rússia,

quando Lokoshchenko (2017) quando analisou 146 anos das variações de temperaturas.

Com relação ao nordeste brasileiro, destaca-se que todas as capitais possuem pesquisas de qualidade na área da climatologia urbana; porém, a aplicabilidade dos estudos desenvolvidos ainda é inexpressiva (ZANELLA; MOURA, 2013). Antes dos municípios, é importante destacar a atuação dos Estados, pois estes darão suporte às ações das cidades.

Estudo realizado em Curitiba verificou que o fragmento florestal no Parque Municipal do Barigui contribui para a melhoria microclimática da cidade, proporcionando impactos significativos nas áreas mais próximas ao parque (MARTINI et al., 2015).

Na pesquisa Santiago e Gomes (2016), ponderam verificar um aumento das temperaturas de superfície na malha urbana e a variação temporal e consequentemente as ilhas de calor na cidade de Maceió/AL.

De acordo com Nóbrega et al. (2016) o tamanho e configuração urbana da cidade desempenham papel importante no clima local e nas relações com a sociedade, e a cidade do Recife não é diferente, pois esse estudo demonstrou que esse fato teve uma grande contribuição na formação de ilhas de calor, principalmente em áreas de construções verticais na faixa litorânea.

O estado de Pernambuco e a cidade do Recife, assim como em outras cidades acompanham estudos relacionados ao clima urbano e está procurando desenvolver ações amenizem as mudanças climáticas nos centros urbanos, como uma forma de minimizar os efeitos do clima urbano.

A busca por condições adequadas de sobrevivência nos estados e centros urbanos foi impulsionada pelo Estatuto das cidades, a Lei Federal nº 10257/2001 (BRASIL, 2001), que no Art. 1º estabelece normas que regulam a propriedade urbana em prol do bem coletivo e, de segurança e bem-estar da população, como o equilíbrio ambiental. Baseado na responsabilidade dos estados e municípios relativo a temática das mudanças climáticas, é importante verificar que historicamente na promulgação das legislações estaduais e do município do Recife, é possível observar que desde da Conferência Mundial do Meio Ambiente da ONU, em 1972, houve um hiato de 30 anos.

O estado de Pernambuco despertou o interesse nas questões ambientais com Agenda 21 pernambucana, em 2002, a qual remete olhares às cidades sustentáveis,

onde aborda o tema do uso e da ocupação do solo, do planejamento e da gestão urbana (CPRH, 2002). Tais características têm correlação com o clima urbano. Em seguida, o Estado avançou no Decreto Estadual nº 31.507/2008, que determina o estabelecimento do Comitê Estadual de Enfretamento das Mudanças Climáticas (PERNAMBUCO, 2008).

Em 2010, foi promulgada a Lei 14.090/10, que institui a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2010). No Art. 17, está determinado que é necessário promover, incentivar e implantar ações e soluções inovadoras de adaptação de cidades costeiras frente aos novos cenários climáticos, face ao reconhecimento das alterações que estão em curso, devido as mudanças climáticas globais e o rebatimento deste na esfera local.

A partir disso, foi criado o Plano Estadual de Mudanças Climáticas (PERNAMBUCO, 2011), com ações e diretrizes para a implementação de programas e projetos visando à adaptação as consequências das mudanças climáticas. Este plano busca a mitigação dos efeitos danosos para as cidades e os munícipes. Após isso, o município do Recife – PE estabeleceu no Plano Diretor Municipal que, no Art. 124, estabelece a preservação de áreas naturais, num sistema de unidades de conservação, que apresentem vegetação nativa como mata, mangue, preservando cursos ou corpos hídricos, bem como as de interesse ambiental ou paisagístico, necessárias para amenizar as alterações climáticas.

O município também estabeleceu a Política de Sustentabilidade e de Enfrentamento das Mudanças Climáticas do Recife, pela Lei 18.011/14 (RECIFE, 2014). Esta determina que a cada dois anos seja apresentado inventário de emissões da cidade. Em 2014, foi apresentado o primeiro inventário de emissões de gases do efeito estufa da cidade do Recife. A partir disso, foi realizado o Plano de Baixo Carbono, que tem por objetivo reduzir as emissões das principais fontes de gases do efeito estufa.

Em seguida, foi estabelecido o Decreto Municipal 29.220/15 (RECIFE, 2015) que institui norma de comando e controle para as emissões de gases do efeito estufa. Neste sentido, há um esforço normativo e operacional neste município para se adaptar às mudanças climáticas, tanto no sentido de diminuir os efeitos da elevação do nível dos mares, quanto do aquecimento da temperatura média da cidade.

Verifica-se, por meio da análise temporal, que o município do Recife vem avançando em relação ao estado de Pernambuco, colocando em ação as diretrizes que pretendem minimizar os efeitos das mudanças climáticas a nível local. Desafios sempre irão existir, porém é necessário elencar prioridades e colocar em prática soluções viáveis que possam melhorar a qualidade de vida da população. Mesmo que as políticas públicas avancem nas cidades brasileiras, como é o caso da cidade do Recife, os centros urbanos não se encontram preparados para os eventos climáticos que ocorrem hoje em dia. Nesse sentido, é importante avaliar as alternativas eficazes que estão sendo utilizadas no mundo.

Apenas em 2002, com a promulgação da Agenda 21 pernambucana, a temática das mudanças climáticas volta a ordem do dia. No município, esse hiato ainda foi maior, visto que apenas em 2008 foi promulgado o Plano Diretor da cidade do Recife, onde tal assunto volta à pauta.

### **3.2 Clima Urbano e Implicações**

O clima é estudado em diferentes dimensões, escala espacial e temporal, sendo a de maior destaque e mais estudada, a escala espacial é dividida em escalas macroclimática, mesoclimática e microclimática (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Os mesmos autores caracterizam os microclimas como climas, na escala horizontal, de 10km a alguns m; na vertical, abaixo de 100m; com a temporalidade de minutos ao dia; e uma forma de exemplificar é um bosque, rua, casa, edifício ou bairro

De acordo com Viana e Amorim (2008, p.20) “o clima urbano é um específico para cada ambiente urbanizado, e este consiste na modificação dos elementos climáticos, como a temperatura, a umidade relativa e a direção dos ventos”.

Os fatores que determinam o microclima são os movimentos turbulentos do ar na superfície, obstáculos de circulação do ar, detalhes de uso e ocupação do solo, entre outros fatores (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Santos (2011, p.24) afirma que “O microclima de uma cidade é o resultado de uma modificação substancial de um clima local no qual o processo de urbanização tende a acentuar ou eliminar as diferenças causadas pela posição do sítio”.

É possível entender que as condições microclimáticas locais, especialmente a do campo térmico urbano, já sofrem interferências de acordo com as diversas formas de uso e ocupação do solo nos centros urbanos (NERES et al., 2015).

Monteiro (2003) afirma que o clima urbano é um sistema em que existem 3 canais de importância para ser examinado e considerado, são eles: Canal I - Conforto térmico (Subsistema termodinâmico), Canal II - Qualidade do Ar (Subsistema físico-químico) e Canal III - Impacto Meteorológico (Subsistema hidromecânico).

O Subsistema termodinâmico é considerado a base para os estudos microclimáticos e suas possíveis consequências que visa à promoção de ações voltadas ao conforto térmico em áreas urbanas, bem como se caracteriza como o nível fundamental da questão climática, ou seja, o ponto de convergência das demais componentes climáticas (MONTEIRO, 2003).

Uma das consequências dos estudos dos microclimas urbanos é a variação de temperatura em função das diferenças entre o espaço urbano e o entorno da cidade (ou espaço rural), o que provoca a formação de ilhas de calor, que variam no decorrer do dia e dependem da cobertura do solo e do tempo de exposição à radiação (SOUZA; NERY, 2011; RIBEIRO et al., 2016).

Ribeiro et al (2016, p. 67) afirma que:

“As ilhas de calor alteram características físicas do ar em contato com a superfície, alterando a magnitude do calor sensível e calor latente, fluxos de momentum e massa, propriedades óticas, altura e características da camada limite. As ilhas de calor também potencializam o impacto das ondas de calor, podendo provocar adoecimento e mortes em indivíduos mais vulneráveis, como crianças, idosos e doentes crônicos”.

As áreas urbanas possuem um elevado índice de concentração de área construída o que formam importantes fontes de calor, ou seja, as partes mais densas das cidades costumam ser mais quente, a temperatura diminui à medida que a densidade urbana decresce (NOBRE et al., 2011).

Essas diferenças de temperatura podem provocar desconforto térmico na população, além de aumentar os casos de doenças provocadas por vetores que se proliferam no calor (SILVA, 2017).

A sensação térmica ou conforto térmico tem origem nas trocas térmicas entre o ser vivo e o ambiente onde se encontra inserido, variando de indivíduo para indivíduo, conforme as necessidades biológicas de cada um e a energia que necessita para se sentir confortável e ter uma sensação de bem-estar (DUARTE, 2013).

Ao abordar a questão do desconforto térmico, o conceito de planejamento urbano sempre está interligado, e conseqüentemente há uma ligação com a qualidade de vida da população, que é essencialmente subjetivo e que depende do grau de satisfação de cada indivíduo mediante a um conjunto de necessidades e aspirações (TORRES et al., 2013). Os mesmos ainda reiteram que existem elementos fundamentais que contribuem para que, genericamente designado por qualidade de vida, são eles: o sossego, a segurança, os baixos índices de poluição e os espaços verdes.

Para se trabalhar com o conforto térmico é necessário levar em consideração algumas variáveis climáticas, como por exemplo, temperatura, radiação solar, umidade e velocidade do ar (FROTA; SCHIFFER, 2003). O mesmo autor ainda afirma que essas variáveis estão sendo influenciadas pelo regime de chuvas, vegetações, impermeabilidade do solo, topografia, águas superficiais e subterrâneas entre outras características dos locais urbanizados.

Importante destacar que o estudo do clima urbano tem evidenciado a problemática do desconforto térmico, uma vez que as reações ao frio e ao calor envolvem também questões de saúde pública, de rentabilidade do trabalho, de consumo de energia, de sociabilidade, enfim da qualidade de vida da sociedade (SOUZA; NERY, 2012).

### **3.3 A crise ambiental e as questões climáticas**

Nos últimos tempos, a preocupação com o tema ambiental foi verificada em diversos países devido às alterações climáticas que tem afetado o mundo inteiro (ALMEIDA; PEREIRA, 2013). O que verifica que as questões relacionadas ao clima urbano foram abordadas devido as conseqüências de estudos sobre as mudanças climáticas. Realizando uma linha do tempo dos debates históricos e das discussões sobre o clima, é possível verificar os avanços quanto aos aspectos legais sobre as mudanças climáticas no Brasil. Como pode ser visualizada na linha do tempo, a

questão ambiental começou a ser considerada quando foi emitido o relatório “Limites do Crescimento”, do Clube de Roma, em 1972. Este diagnosticou que diante do desastre natural, a solução seria “crescimento zero” (AMATO NETO, 2015); ou seja, frear o desenvolvimento econômico, iniciando debates e consolidando tratados entre as nações.

A primeira Conferência Mundial de Meio Ambiente Humano, promovida pela Organização das Nações Unidas em 1972, em Estocolmo (Suécia), teve foco na discussão sobre a poluição ocasionada pelas indústrias (REIGOTA, 2004). A questão climática foi abordada de forma sucinta, mas a poluição atmosférica foi levada em consideração. Já no Brasil, a Lei 6.938/81 que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, tem por objetivo determinar a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida (BRASIL, 1981, Art. 2º). Dessa forma, foram criados instrumentos para melhorar a qualidade de vida da população que se concentra nos centros urbanos.

Observando os tratados internacionais, a Convenção de Viena, em 1985, teve como pauta a proteção da camada de ozônio. Nesse encontro, foi firmada a promessa de cooperação e compartilhamento de informações, assim como houve a aprovação de protocolos de controles a serem usados se/e quando necessários, por 28 países (HIDALGO; PRESTES, 2012). O próximo evento internacional, de relevante importância para as questões ambientais, ocorreu em 1987 com o relatório de Brundland ou Nosso futuro comum, o documento enfatizou os perigos do aquecimento global e da destruição da camada de ozônio e afirmou que a velocidade das mudanças era maior do que a capacidade dos cientistas de avaliá-las e propor soluções (AMATO NETO, 2015). Ainda segundo este autor, em 1987, foi estabelecido o Protocolo de Montreal, cujo compromisso era a redução dos gases destruidores da camada de ozônio.

Observa-se que a Política Nacional de Meio Ambiente e os protocolos acima citados surgiram antes da atual Constituição Federal Brasileira, em 1988. A Constituição é utilizada como base de muitas políticas e leis brasileiras que foram estabelecidas para atender esse preceito normativo. Quanto as condições climáticas, o Art. 225 da Constituição determina que todos têm o direito ao meio ambiente equilibrado (BRASIL, 2008), abordando, de forma geral, que toda a população precisa de um ambiente saudável para sobreviver em condições confortáveis. Neste mesmo ano, foi criado o Painel Intergovernamental sobre as

Mudanças Climáticas (IPCC), com o intuito de unir e discutir as informações científicas sobre a temática (SANTILLI; CARVALHO; NEPSTAD, 2004).

Já no Brasil, foi elaborada a Lei nº 9.605/98, que estabelece a Lei de Crimes Ambientais, que determina para os crimes que resultarem da modificação do regime climático, a pena aumentada de um sexto a um terço (BRASIL, 1998, Art. 53), buscando assim penalizar ações que estiverem direta ou indiretamente vinculadas às mudanças climáticas.

Mesmo que o tema central desses encontros internacionais não fosse o clima, trata-se de buscar melhorias a fatores que afetam indiretamente as mudanças climáticas. Este foi o caso do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em 1989, que divulgou o conceito de produção mais limpa (AMANTO NETO, 2015), atrelando o sistema produtivo a uma nova lógica processual.

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – CNUDMA, que teve lugar na cidade do Rio de Janeiro – RJ (Brasil), evento conhecido como ECO-92 ou Rio 92, que ocorreu em 1992, foi palco de discussões socioambientais. Nesta conferência, as atenções estavam prioritariamente voltadas para que os países em desenvolvimento recebessem apoio financeiro e tecnológico para alcançarem outro modelo de economia buscando a sustentabilidade, inclusive com a redução dos padrões de consumo, especialmente de combustíveis fósseis. Observa-se que, desde então, a comunidade internacional tem empreendido esforços para entender este amplo e complexo conceito relacionado à mudança do clima, além das relações entre o sistema de produção e de consumo de recursos naturais, além da eliminação de resíduos na natureza (GARCIA; SILVA, 2010).

Na Agenda 21 Global, encontra-se citações e referências a respeito da questão climática em geral, e em particular à qualidade dos centros urbanos (ONU, 1992). Os capítulos, 3, 5, 6, 7 e 9 da Agenda 21 abordam, de maneira abrangente, o tema sobre os aspectos múltiplos. Ressalta-se que tal tema na Agenda busca trazer benefícios para o bem estar da população adensada nas cidades, como também para o ambiente natural, estabelecendo proposições operacionais e metas a serem alcançadas durante o século 21. Com relação ao Brasil, após a ECO-92 percebe-se que teve um despertar da sociedade civil em participar de discussões, como também em atuar como fiscalizador de empreendimentos, desenvolvimento de estudos na

área ambiental e até mesmo no estabelecimento de organizações não governamentais (ONG) e comissões técnicas relativas a questões socioambientais.

Ainda nesse cenário, foi elaborada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), que tem como objetivo estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático (MMA, 2016). Na UNFCCC existe um órgão supremo conhecido como a Conferência das Partes (COP), que reúne anualmente os países-parte em conferências mundiais. Essas conferências começaram no ano de 1995, em Berlim. Já foram realizadas 21 conferências, sendo a última em Paris (COP 21), em 2015 (MMA, 2016).

Na Convenção do Clima (COP 3) foram estabelecidos, no âmbito do Protocolo de Quioto, mecanismos de mercado que, de forma inédita, tentaram enquadrar responsabilidades e obrigações das diversas partes, abrindo oportunidades de desenvolvimento social econômico sustentável (MCMC, 2008). Tais mecanismos foram colocados em vigor em 2005. Tal convenção teve ajustes na Convenção de Paris, com o objetivo de manter o aquecimento global abaixo dos 2°C em todos os países participantes (COP 21, 2015).

A discussão sobre as mudanças climáticas é tão importante que o Brasil tem avançado na implementação de políticas climáticas, o que denota relevância desta nação no cenário internacional (ROMEIRO; PARENTE, 2011). Um exemplo é a Agenda 21 Brasileira que trata da importância das cidades para desenvolvimento sustentável, o que remete a necessidade de estudos voltados para os centros urbanos e as flutuações microclimáticas ali presentes (BRASIL, 2004).

Já focado na questão do clima, a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, instituída pela Lei nº 12.187/09, determina que devam ser realizadas ações de âmbito nacional para o enfrentamento das alterações climáticas, tanto atuais quanto presentes e futuras, além de considerar e integrar as ações promovidas no âmbito estadual e municipal por entidades públicas e privadas (BRASIL, 2009).

É verdade que o Brasil, de uma forma mais tímida, vem desenvolvendo ações e políticas voltada para as questões climáticas, mas isso não limitou a atuação brasileira nas discussões internacionais, o qual vem aderido a vários acordos internacionais, em destaque os que são voltados para o clima.

Com a evolução dos aspectos legais, nos municípios brasileiros também ocorreu o estabelecimento e as adequações às políticas locais, como as cidades de

São Paulo–SP e Rio de Janeiro–RJ que adotaram metas de redução de emissões (ROMEIRO; PARENTE, 2011). Tais normativas são basilares para o estabelecimento de práticas que vislumbrem a melhoria da qualidade e a convivência com as mudanças climáticas nos centros urbanos.

### **3.4 Campo Térmico, Planejamento Urbano e Uso e Ocupação Do Solo**

Os efeitos do uso da terra no microclima local podem ser verificados pela correlação significativa entre os vários tipos de uso do solo, com base na reflectância espectral das imagens de satélite, e também, nos dados da temperatura do ar e da umidade relativa (ANDRADE et al., 2013).

O entendimento das condições climáticas urbanas e a percepção humana sobre as diferenciações térmicas nesses espaços é fundamental, uma vez que tem implicações no desenvolvimento das cidades e na qualidade de vida das populações (FREITAS et al., 2015).

Nesse contexto, os principais parâmetros a serem analisadas em áreas urbanas, visando desenvolver uma sustentabilidade local, são os edifícios, a energia, os alimentos, as formas de uso e ocupação do solo (áreas verdes e paisagem), a mobilidade, o planejamento urbano, a água e os resíduos (PETIT-BOIX et al., 2017).

No ambiente urbano, a árvore é a forma vegetal mais característica, a qual ao longo da história, tem se incorporado em estreita relação com a arquitetura das cidades (MARTELLI; SANTOS JÚNIOR, 2015).

Então, a cobertura vegetal é um parâmetro importante na promoção de conforto e qualidade de vida principalmente nos centros urbanos, cujas construções passam a agredir as paisagens, modificando o clima da cidade (FEITOSA et al., 2011).

Quantitativamente e qualitativamente, os benefícios associados à vegetação dependem da densidade das folhas, dos tipos de folhas e galhos (folhas pilosas ou lisas, grandes ou pequenas etc.), do porte da vegetação e de sua localização. Essas características, com exceção da localização, variam conforme a idade, a espécie e a época do ano (FERREIRA, 2013).

A infraestrutura para suprir as demandas das cidades tem provocado alterações na cobertura do solo, com vegetação sendo substituída por ruas, estacionamentos, edificações e moradias (RIBEIRO et al., 2016).

Estudo realizado no Rio Tinto – PB por Freitas et al. (2014) verificou que os tipos de revestimento caracterizado pelas diferentes formas de cobertura do solo influenciam diretamente nas condições do campo térmico intra-urbano e geram a formação de microclimas.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Área de Estudo**

A cidade do Recife é a capital do estado de Pernambuco, situa-se no litoral do Nordeste brasileiro na porção centro leste da região, localizado na latitude 08°01'S e de Longitude 34°51'W, com altitude média de 72 metros.

O clima da cidade é caracterizado por ser quente e úmido com chuvas do outono ao inverno (SANTOS et al., 2013). Medonça e Danni-Oliveira (2007) afirma que a cidade do Recife possui um clima tropical litorâneo do Nordeste oriental que é fortemente influenciada pelas massas de ar úmidas provenientes do oceano atlântico (MEAS - Massa Equatorial Atlântica - Marítima, MTA - Massa Tropical Atlântica, MPA - Massa Polar Atlântica – Marítima) e pelas ZCIT - Zona de Convergência Intertropical. Sua ocorrência é em grande parte do litoral do Nordeste Brasileiro, e se trata de um clima com elevada umidade por apresentar forte influência da vegetação litorânea e da maritimidade provenientes do oceano atlântico.

Recife por ser localiza no litoral e situar-se em uma região de atuação direta dos ventos alísios ao longo de todo o ano, não consente um alto teor de poluição nas camadas superiores de sua atmosfera (NÓBREGA et al., 2010).

Com relação divisão territorial, Oliveira et al. (2013) descreve que Recife apresenta 67,43% de sua área caracterizada como áreas de morros; 23,26% de planícies; 9,31% de áreas alagadas; e 5,58% de Zonas Especiais de Preservação Ambiental – ZEPA e cerca de 50% do município apresenta altitudes inferiores a 10 m.

Durante o período colonial, Recife foi considerada como uma importante área de interesse comercial, consolidada pela produção açucareira, a desestruturação de Olinda e a construção de importante rota de escoamento através de seu porto em direção ao mercado europeu, fizeram com que ela se destacasse como um importante núcleo urbano (SILVA, 2016).

Nesse mesmo período, Recife se caracterizou por apresentar um tecido urbano permanentemente alterado, em função do comércio, do crescimento populacional e por possuir áreas estratégicas de defesa, porém, com um contorno urbano em forma estelar ou tentacular, na qual ligava a área urbana (formada pelos bairros do Recife) às povoações suburbanas e aos engenhos na área rural (PONTUAL, 2001).

Atrelado ao crescimento econômico e político, cresceram substancialmente, também, o número de habitantes que ligava-se direta ou indiretamente ao produto cultivado, conseqüentemente multiplicaram-se os problemas decorrentes da expansão do espaço urbano, desde os que relacionavam à falta de infraestrutura e saneamento até a ausência de moradias para a população carente que habitava a cidade.(SILVA, 2016).

Outro ponto que foi bem característico foi o mercado imobiliário informal que teve m crescimento nas áreas adjacentes do centro do Recife e que tinham diversos problemas ligados à degradação ambiental (DOS ANJOS; LACERDA, 2015).

As maiores concentrações urbanas, nos anos 20 a 40, localizavam-se às margens do rio Capibaribe, incorporando mangues, alagados, e rios sendo aterrados, ou mesmo subindo os morros até chegar à Mata Atlântica (VASCONCELOS; DE SÁ, 2011).

A cidade mantém um acelerado ritmo de crescimento da sua população, ou seja, aa população vem crescendo gradativamente nas ultimas décadas. Tendo como base 1970 que tinha 1.060.701 habitantes e último censo relevou uma população de 1.537.704 habitantes, e a estimativa da população em 2016 foi de 1.625.583 pessoas (IBGE, 2010). Com relação ao número de domicílios na cidade, comparando 1970 a 2010, o número triplicou sendo para, respectivamente, de 193.609 e 470.896 residências.

O espaço urbano da cidade do Recife é dividida em Regiões Políticas Administrativas (RPA) de acordo com o artigo 88 da Lei Orgânica do Recife de 1990, a qual determina que as regiões político-administrativas foram divididas devido as

legislações pertinentes e garantindo a unidade histórico-cultural, demográfica, social e econômica do ambiente urbano do local. Essa divisão ocorre para assegurar que as ações governamentais atendam ao processo permanente de planejamento, com a finalidade de garantir a unidade de intenção e de atuação dos órgãos do município, da União, do Estado e de organismo regionais ou metropolitanos que se relacionem com o Município (RECIFE, 1990) (Figuras 1 e 2).

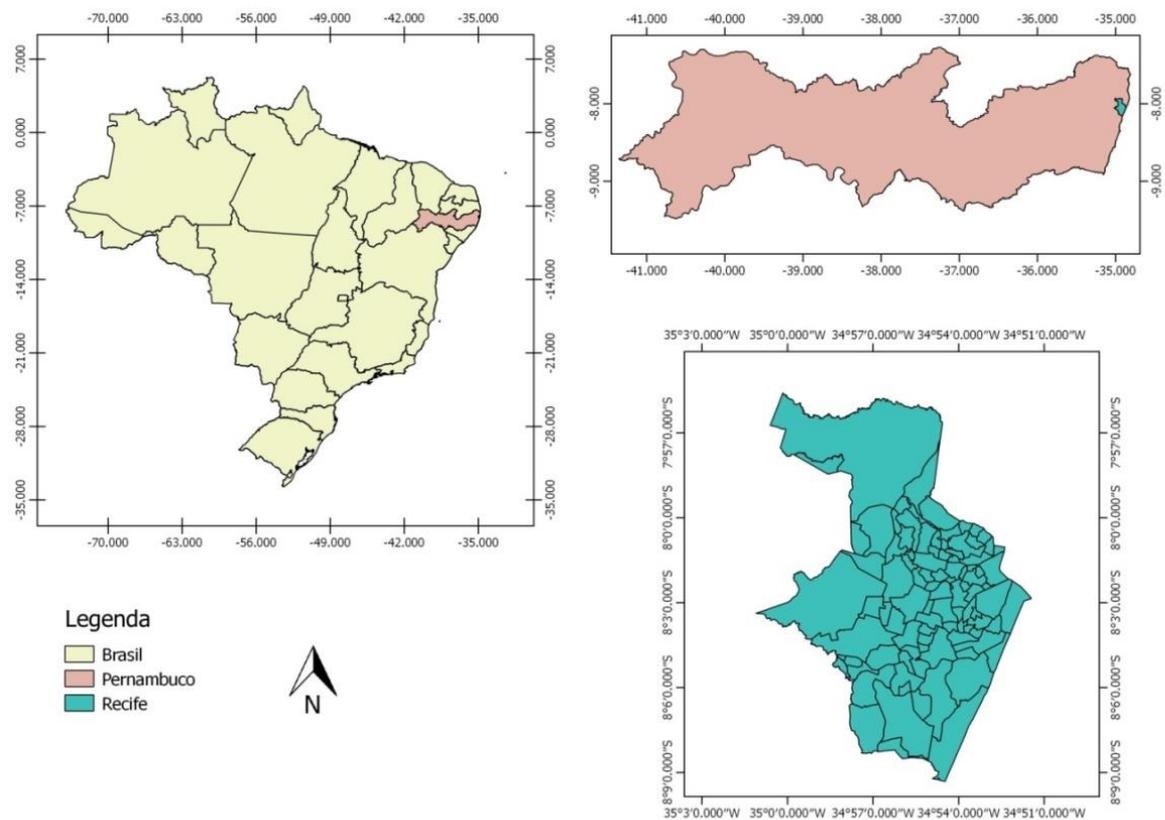


Figura 1 – Localização da área de estudo, a cidade do Recife.

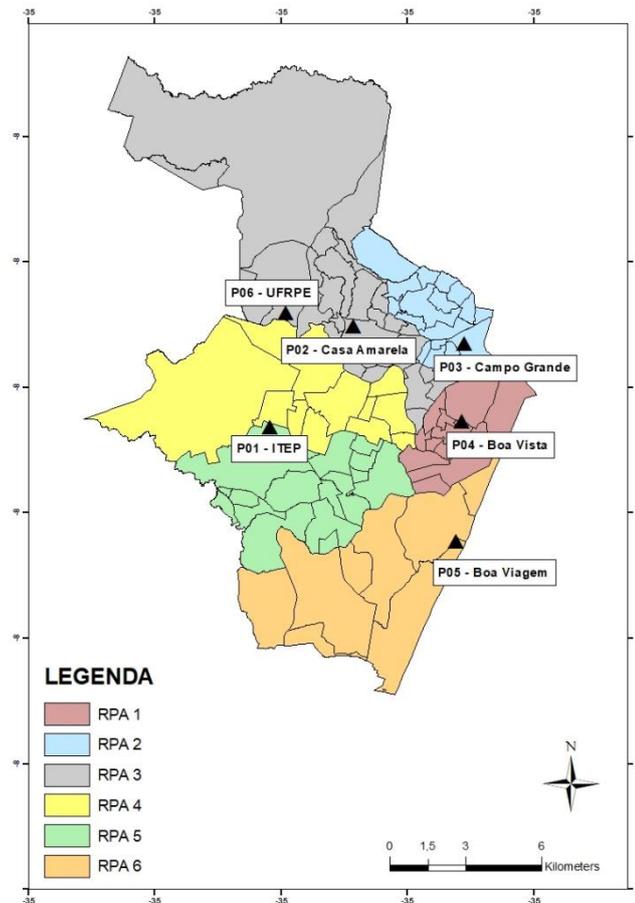


Figura 2 – Divisão da Região Político Administrativa (RPA) e pontos experimentais.

## 4.2 Procedimentos Metodológicos

### 4.2.1 Pontos de coleta de dados

Os pontos de coleta de dados na cidade do Recife foram definidos com base no aspecto da localização espacial (abrangendo diferentes padrões de uso e ocupação do solo) e da segurança. Optou-se por seguir as recomendações propostas por Costa (2007) que determina que a disposição dos equipamentos deve ser ao ar livre, em virtude da importância da ventilação para o contexto climático.

Nesse estudo, foram estabelecidos 06 pontos de coleta de dados (quatro pontos experimentais) e dois pontos fixos (estações meteorológicas), uma na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e o outro no Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) que foram determinados seguindo diversos usos e ocupação do solo e, principalmente, devido à segurança dos sensores. Os pontos foram localizados em áreas livres dos bairros pertencentes à cidade com diferentes

características urbanas, são eles: Dois Irmãos, Casa Amarela, Campo Grande, Boa Vista, Boa Viagem e Cidade Universitária/Curado (Figura 3).

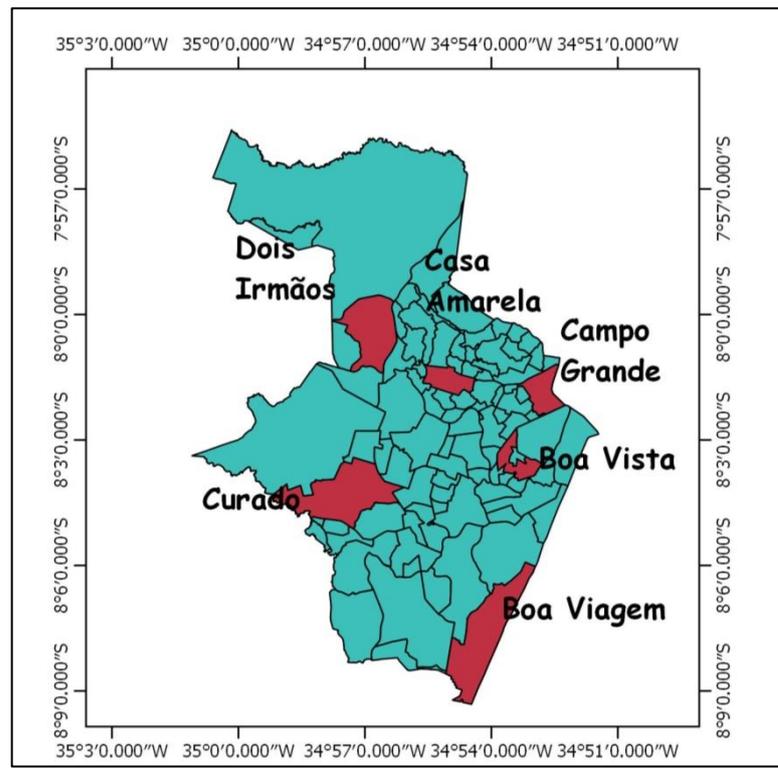


Figura 3 – Mapa de localização dos bairros onde foram marcados os pontos de coleta.

Na instalação dos sensores foi realizada coleta de informações, incluindo caracterização da área visual, como agrupamento de fotografias com as coordenadas georeferenciadas pelo equipamento Etrex Vista-Garmin e as altitudes (Tabela 1). A utilização de seis pontos de monitoramento em áreas de características diferentes é imprescindível para a compreensão dos microclimas da cidade e se mostrou de suma importância

Tabela 1 – Localização dos pontos experimentais.

PONTO	BAIRRO	RPA	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
Ponto 01	Curado – Estação do ITEP	RPA 4	8°03.562' S	34°57.154" W	13m
Ponto 02	Casa Amarela	RPA 3	08°01.383' S	34°55.365' W	36m
Ponto 03	Campo Grande	RPA 2	08°06.029' S	034°53.001' W	9m
Ponto 04	Boa Vista	RPA 1	08°03.043' S	034°53.043' W	8m
Ponto 05	Boa Viagem	RPA 6	08°03.447' S	034°53.177' W	12m
Ponto 06	Dois Irmãos – Estação da Rural	RPA 3	08°01.098' S	034°56.813' W	10m

O ponto 1 (Figura 2), localizado no ITEP foi considerado ponto controle ou de referência para o estabelecimento da intensidade de ilha de calor urbano (ICH) e dos gradientes de temperatura do ar e umidade relativa do ar, ou seja, o ponto em que se ancorou a pesquisa para que seja possível uma comparação entre os dados do sítio urbano com a periferia arborizada dos demais pontos. Esse ponto está inserido próximo a estação a Zona Especial de Proteção Ambiental – ZEPA, Jardim Botânico Curado que esta incluindo a Mata da Várzea – curado 1, Mata do Círculo militar e mata da várzea. E devido a isso, esse é o ponto que possui maior influência de fragmentos de mata nativa.

#### 4.2.2 Instalação dos sensores

Para a realização das medições, das variáveis climatológicas, a temperatura do ar e umidade relativa do ar, nos pontos experimentais foram utilizados dois modelos do termo-higrometro da marca *Hobo*, com registros de 30min-30min coletando dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar (Figura 4).



Figura 4 – Modelos dos Termo-Higrometro utilizados na pesquisa.

Antes de ocorrer à instalação definitiva dos sensores experimentais foi necessário realizar uma aferição com os pontos fixos (as estações meteorológicas do ITEP e da UFRPE), a fim de verificar a variação dos valores aferidos dos parâmetros climatológicos (temperatura do ar e umidade relativa do ar).

Para tal procedimento, teve o intuito de exprimir maior consistência dos dados, o que possibilitou estabelecer um padrão entre os equipamentos. Essa

medição foi realizada durante 5 dias em cada ponto fixo, onde os sensores foram fixados nas estações meteorológicas existentes e posterior foi realizado um comparativo, dos valores aferidos nos dias de coleta, entre os pontos da UFRPE e do ITEP com os sensores (Figura 5).

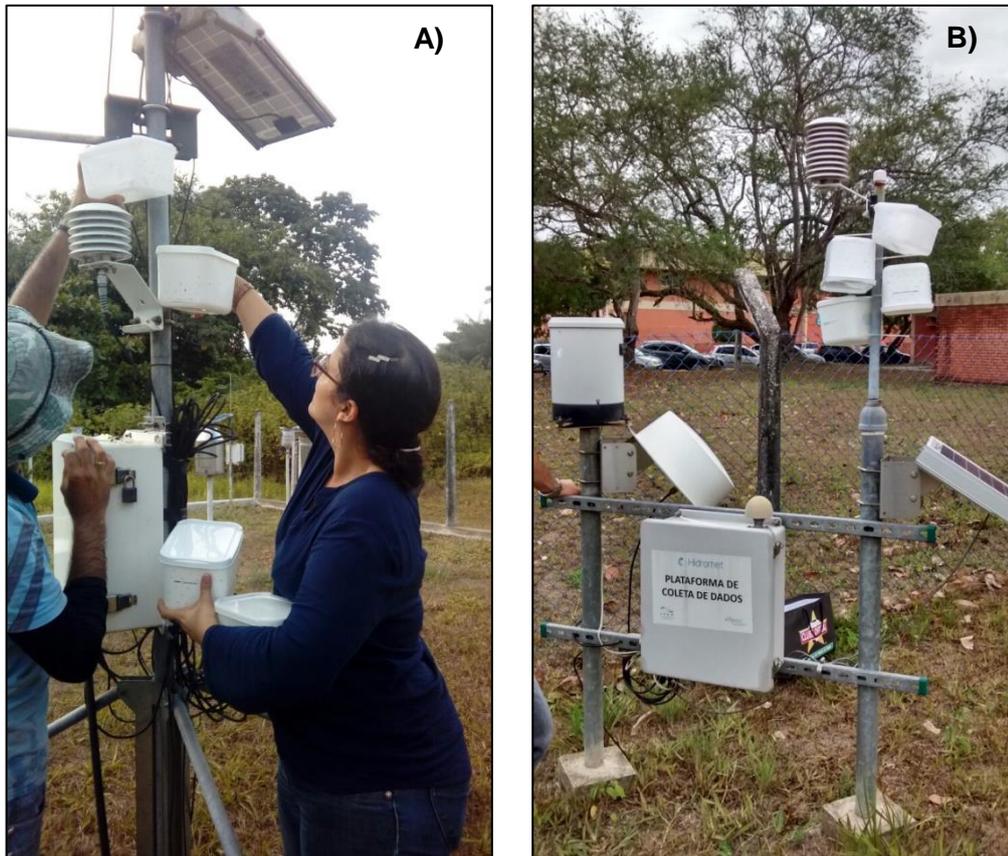


Figura 5 – Realização das aferições nos pontos fixos. A) Estação meteorológica da UFRPE com o período de permanência 15/12/2016 à 19/12/2016. B) Estação meteorológica do ITEP com o período de permanência de 19/12/2016 à 23/12/2016

Posterior a isso, foram instalados os sensores nos pontos experimentais já descritos acima. Esses dados foram utilizados para avaliar o nível do conforto térmico e os gradientes de temperatura e umidade relativa do ar, bem como a intensidade da ilha de calor urbano na malha urbana da cidade.

Para a instalação dos sensores nos pontos experimentais, foram confeccionados os tripés e a proteção contra radiação solar e chuva, no qual foram utilizados os seguintes materiais: tijolo (como base de suporte), cano galvanizado (para fixar o protetor), flange (para fixar os pratos); pratos de plástico leitoso e

parafusos e rosca (que serviram para fixar o prato e o espaço necessário para colocação do sensor) (Figura 6).

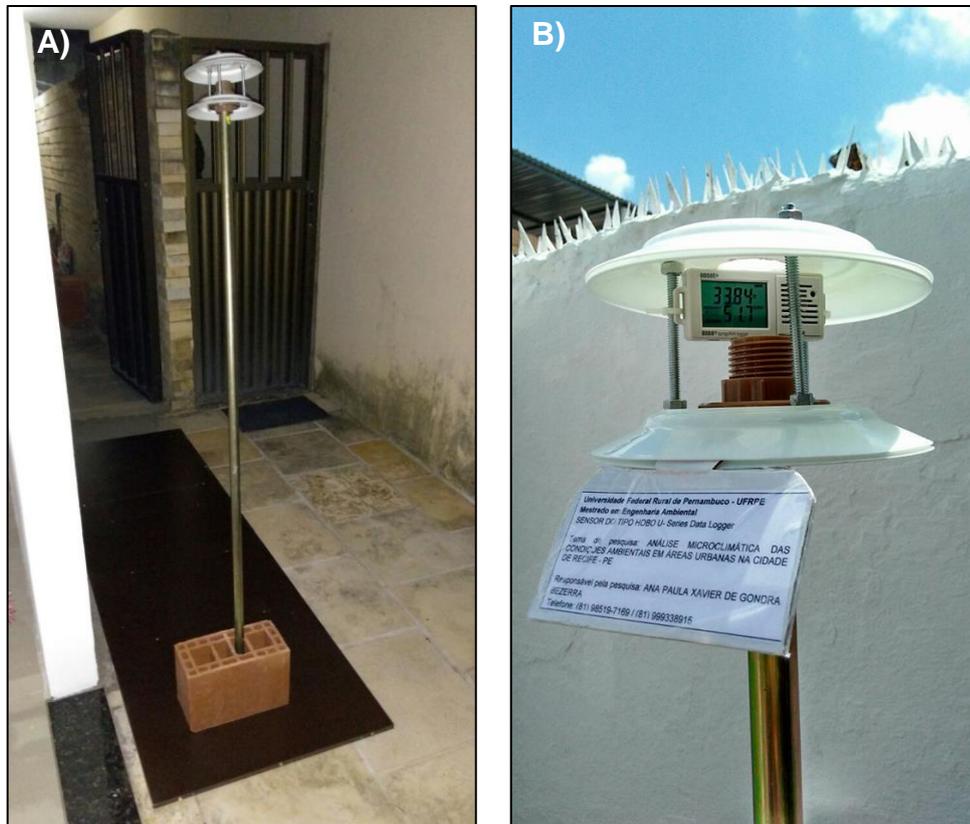


Figura 6 – Tripé e o abrigo confeccionado para instalações dos sensores.  
a) Tripé adaptado b) Proteção Adaptada.

#### 4.2.3 Dados climatológicos

Para a análise da climatologia da cidade foi utilizada a série histórica de precipitação, temperatura e umidade relativa do período de 1982-2016 adquiridos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram baixados no Software for Hobo® Data Logger e em seguida tratados em planilhas.

A metodologia de estudo está fundamentada na proposta de Monteiro (2003); Mendonça (2003) e Costa (2007). O estudo foi conduzido com base nas seguintes fases: definição da área e do subsistema de estudo (termodinâmico numa escala microclimática); embasamento cartográfico e levantamento das características climáticas da área de estudo; eleição de pontos para levantamento de dados de

campo e estabelecimento de correlação com mapas gerados; levantamento de dados climáticos;

#### **4.2.4 Levantamento e análise dos dados**

As medições de campo ocorreram durante 02 meses de 2017 em cada período climático característico, ou seja, período seco (janeiro e fevereiro) e período chuvoso (maio e junho). Em seguida, foram realizadas as análises estatísticas dos dados, com objetivo de correlacionar os dados medidos com os aspectos físico-espaciais encontrados. Essas análises consideraram dias, horários, períodos e pontos de medição, e ainda as informações resultantes dos mapas elaborados de acordo com Katzschner (1997) de topografia, uso do solo, altura das edificações, permeabilidade e áreas verdes.

#### **4.2.5 Nível de desconforto térmico**

Para analisar o nível de conforto térmico nos pontos monitorados, tanto no período seco como no período chuvoso, utilizou-se o índice bioclimático proposto por Thom (1959), comumente usado em estudos de clima urbano, para descrever a sensação térmica que uma pessoa experimenta devido as condições climáticas de um ambiente. Este índice oferece uma medida razoável do grau de desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar (SANTOS, 2011).

Na estimativa do índice de desconforto de Thom (IDT), em graus Celsius, a seguinte equação foi aplicada:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 UR)(T - 14,5) \quad (1)$$

onde T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%).

Na caracterização do nível de desconforto térmico, foi utilizada a classificação proposta por Santos (2011), que adaptou a classificação de Giles et al. (1990) para cidade João Pessoa-PB cuja está inserida no clima tropical, considerada com as mesmas características climáticas da cidade do Recife-PE (Tabela 2).

Tabela 2 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas para climas tropicais litorâneos.

Faixas	IDT (° C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 24,0	Confortável
2	24 ≤ IDT ≤ 26,0	Parcialmente confortável
3	26 < IDT < 28,0	Desconfortável
4	IDT ≥ 28,0	Muito desconfortável

Fonte: SANTOS (2011)

#### 4.2.6 Identificação de Ilha de Calor

A intensidade de ilha de calor urbano é obtida pela diferença entre a temperatura do ar da área urbanizada e aquela que apresenta maior influência de mata nativa (área periféricas da cidade), geralmente assumida como área rural (SANTOS et al., 2011). Ou seja:

$$IC = T \text{ urbanizada} - T \text{ não urbanizada}$$

onde T é a temperatura do ar (°C)

A intensidade desse fenômeno foi estabelecida através da classificação adaptada por Santos (2017), conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Faixa de classificação da Ilha de Calor Urbano.

Magnitude	Classificação da ilha de Calor
IC < 0°C	Ilha de Frescor
IC = 0°C	Neutra
0° < IC ≤ 2°C	Fraca Magnitude
2°C < IC ≤ 4°C	Média Magnitude
4°C < IC ≤ 6°C	Forte Magnitude
IC > 6°C	Muito Forte Magnitude

Fonte: Santos (2017).

#### 4.2.7 Análise do Uso e Ocupação do Solo

Foram coletadas as coordenadas dos limites de cada ponto e identificadas atributos para a confecção de mapas de uso e ocupação do solo, de acordo com

observação *in loco*, além de identificação no Google Earth do ponto e o bairro, principalmente para identificação do uso e ocupação, áreas verdes e edificações, seguindo o método proposta por Katzschner (1997).

Foram obtidas imagens aéreas em janeiro de 2018 por meio de um drone DJI phantom câmera de 2.7k, que sobrevoou e obteve o registro de todos os pontos demarcados na pesquisa, o que possibilitou uma melhor caracterização das coberturas no mapeamento do uso e ocupação do solo.

Para o mapeamento do uso e ocupação do solo, foram utilizadas imagens do software Google Earth® com resolução de 4800x3200 pixels. Essas imagens foram georeferenciadas e utilizadas para o mapeamento por meio de técnicas de Sistemas de Informações Geográficas com auxílio do software ArcGis®.

Para medição das variáveis em todos os pontos do experimento, foi determinado para cada unidade climática local um raio de 150m da localização do ponto de coleta, nas direções norte e oeste (KATZSCHNER et al., 2002) e um raio de 350m nas direções leste e sul, de maneira que se obtenha o valor total de 500 m que correspondesse à medida de 0,5 km defendida por Oke (2004). Tal procedimento objetiva analisar a importância da ventilação como um elemento de controle climático para o campo térmico da área.

Dessa forma, foi determinada a análise numa área total de 0,21 km<sup>2</sup> no entorno de cada ponto analisado, conforme detalhado na Figura 7 que possibilitou a elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo. Essa formação ampara a análise climática, tendo em vista à predominância dos ventos Alísios de Sudeste nessa região (SANTOS, 2017).

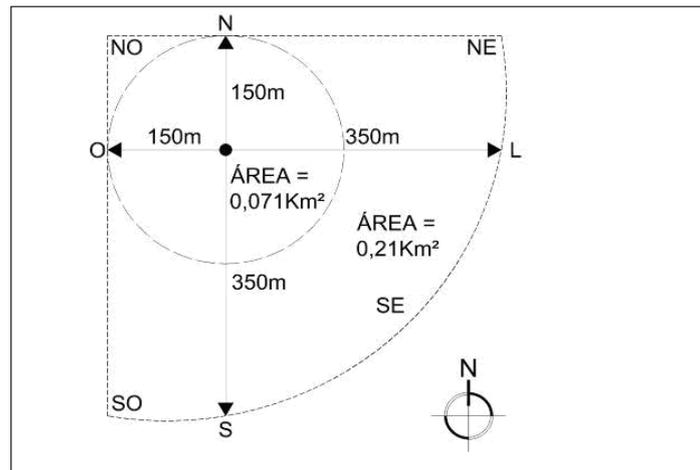


Figura 7 - Área de análise de cada ponto de coleta durante os dois períodos experimentais: período seco e chuvoso. Fonte: COSTA, 2007.

Para uma análise detalhada das formas de utilização do solo do bairro selecionado, realizou-se caracterização quanto à tipologia dos elementos urbanos presentes, a fim de identificar os tipos de cobertura das diferentes áreas (Quadro 1).

Quadro 1 - Tipos de coberturas identificadas nos pontos de coleta de dados e suas descrições

Tipos de Uso e coberturas	Subdivisões	Cores consideradas no mapa
Edificações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura cerâmica;</li> <li>• Cobertura de Alumínio</li> <li>• Cobertura de Fibrocimento</li> <li>• Concreto</li> <li>• Casa de Vegetação</li> <li>• Polietileno</li> </ul>	
Vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbórea/Arbustiva</li> <li>• Horticultivo</li> <li>• Gramíneas.</li> </ul>	
Solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Areia de praia</li> <li>• Solo Exposto</li> </ul>	
Área Pavimentada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impermeável</li> <li>• Estacionamento Asfalto</li> <li>• Estacionamento Concreto</li> </ul>	
Corpos d'água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piscinas</li> <li>• Lagoas</li> <li>• Oceano</li> </ul>	
Vias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asfalto</li> <li>• Não asfaltada</li> </ul>	

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Climatologia do Recife

Os dados das variáveis climáticas (pluviosidade, temperatura e umidade relativa) da área em estudo foram obtidos na estação meteorológica do INMET, situada no bairro do Curado, cujos anos analisados foram de 1982 – 2016, o que caracterizou 34 anos de análise. Desses anos, a média desse período foi de 2273,0mm, o qual 19 anos ficaram acima da média e 15 anos abaixo da média. Entre os anos analisados, 1986 foi o ano mais chuvoso apresentando uma precipitação média mensal de 286,8 mm e o ano mais seco foi 1998 com a média de 104,1mm (Figura 8). Na análise de Rocha e Santos (2017) o ano seco foi o de 1998 corroborando com o resultado encontrado.

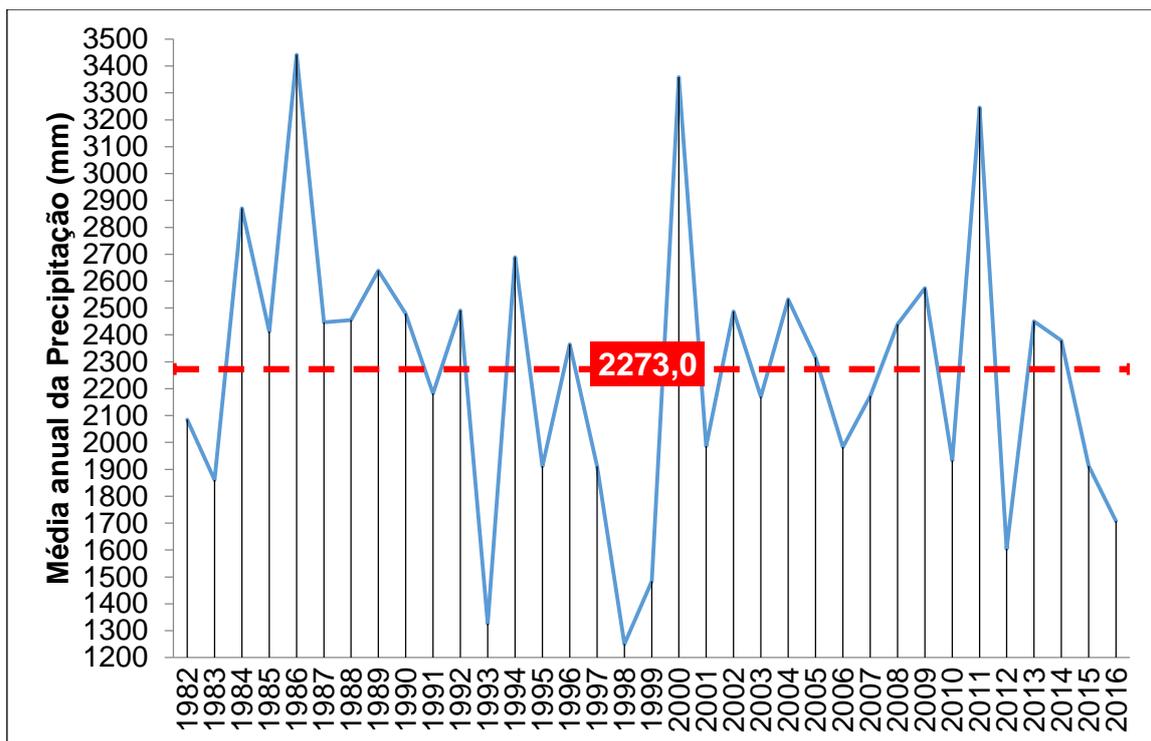


Figura 8 – Média anual dos valores da precipitação da estação meteorológica do INMET durante o período de 1982-2016.

A média da precipitação dos anos estudados foi de 2273,0 mm, o que ficou abaixo do valor de Medonça e Danni-Oliveira (2007) que afirmaram que a cidade do Recife apresenta elevados índices pluviométricos anuais (média de 2.500 mm), a forte ocorrência de chuvas se concentram nos períodos de março a agosto com

médias mensais superiores a 200mm. O que pode ser visto na Figura 9, quando comparado à média dos meses dos 34 anos estudados que o período chuvoso vai de março a agosto. Já o período seco vai de setembro a fevereiro.

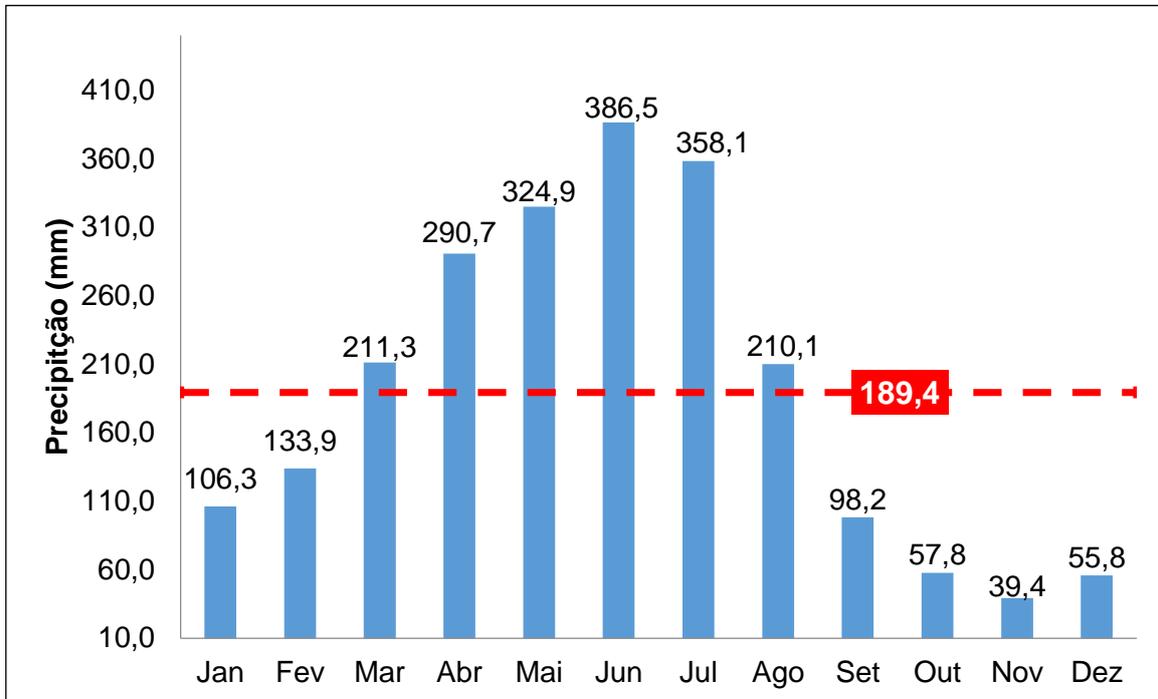


Figura 9 – Média mensal dos valores da precipitação da estação INMET no período de 34 anos.

A figura 10 mostra a variação da temperatura e umidade relativa do ar onde as temperaturas mais amenas ocorrem no mês de junho e agosto com média de 24,2°C e as mais elevadas entre os meses de dezembro a fevereiro com média de 26,7°C, considerando esta última como o período mais quente (Figura 10).

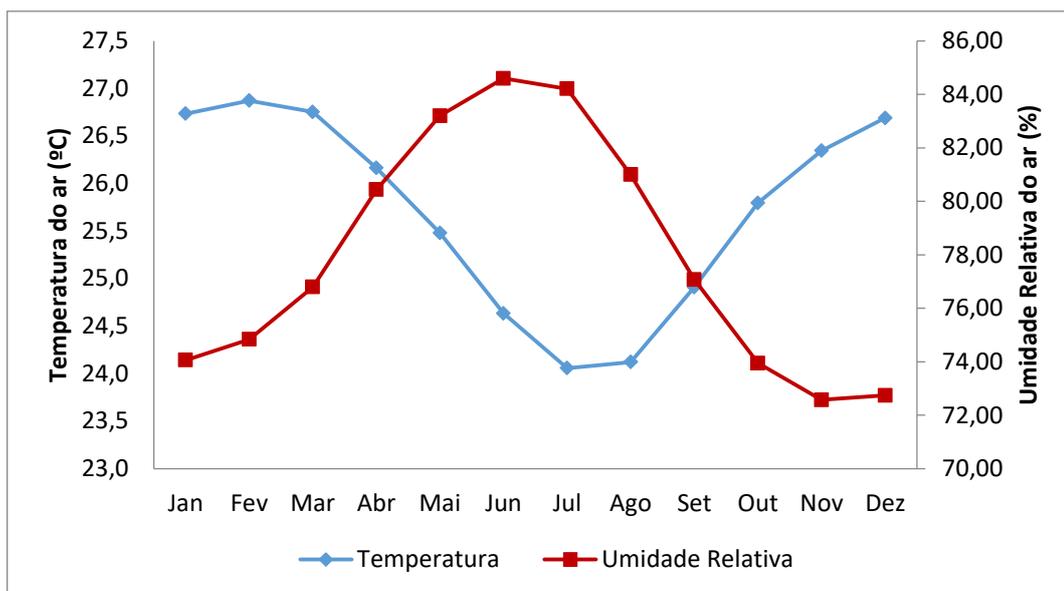


Figura 10 – Média mensal da temperatura do ar e umidade relativa no período de 1982 – 2016, da estação do INMET.

De acordo com Nóbrega e Lemos (2011) a cidade do Recife, por estar situada em uma zona de baixas latitudes, apresenta temperaturas médias mensais em torno de 25°C. Porém ao realizar um comparativo entre os anos das variáveis de temperatura e da umidade relativa, é possível verificar em quase todos os anos, as temperaturas ficaram acima dessa média (Figura 11).

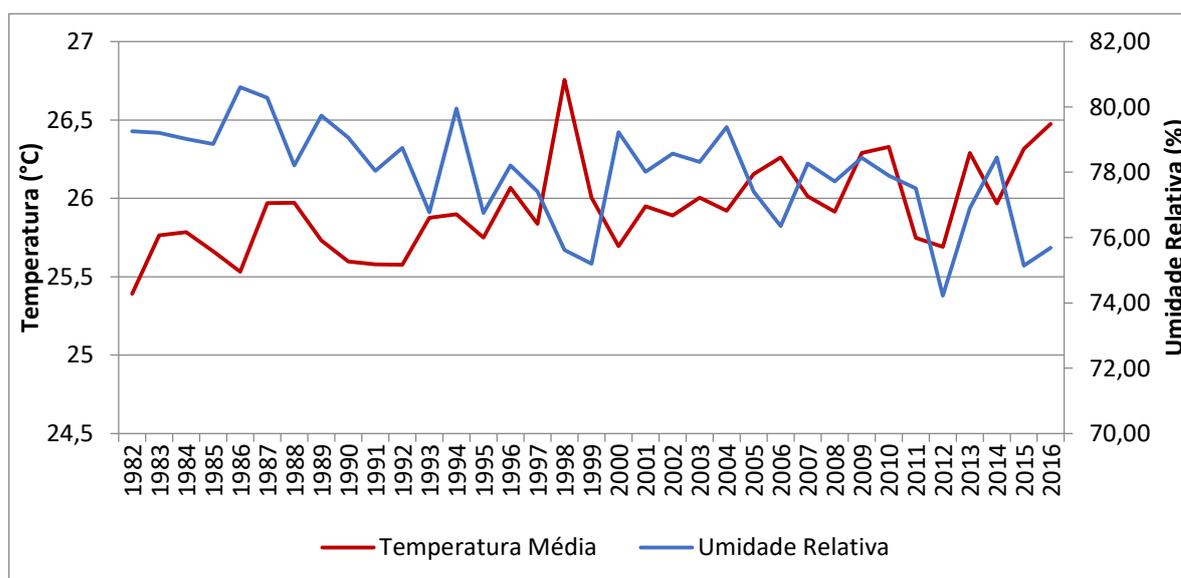


Figura 11 – Curso da temperatura média e umidade relativa entre 1982 e 2016 da estação do INMET.

É importante destacar que todas as variáveis analisadas, tem sua colaboração no desenvolvimento de algumas espécies. No caso da temperatura do ar, cada ser ou cultivo, dependendo da raça ou espécie tem suas exigências próprias quanto às variações de temperatura, requerendo um equilíbrio para que ocorra o crescimento e desenvolvimento. Quando a temperatura do ar atinge uma faixa de tolerância (superior ou inferior) as atividades fisiológicas do indivíduo começam a ser comprometidas (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Com relação à umidade relativa do ar, os anos estudados ficaram acima da média dos valores ideais de umidade relativa do ar estabelecida pela OMS - Organização Mundial de Saúde (entre 40 e 70%), com destaque para 1986 que apresentou uma média de 80,61% nesse ano. Acima dessa faixa a evaporação fica mais lenta, o que prejudica o controle da temperatura corporal através da transpiração (SILVA, 2017).

E quando a UR apresenta níveis muito baixos, em regiões onde o inverno é quente e seco, a qualidade do ar piora com a concentração de poluentes, o que provoca o aparecimento de distúrbios respiratórios devido ao ressecamento das mucosas (ROCHA; SANTOS, 2017).

A Tabela 4 exibe as estatísticas básicas das principais variáveis climatológicas dessa estação, o que revela que a temperatura média da máxima do Recife foi de 32,3°C, enquanto que a temperatura média da mínima foi de 22,1°C, com média climatológica no período já descrito foi de 25,7 °C. Quando verificado as diferenças médias das temperaturas máxima e mínima é de 5,1 °C.

Tabela 4 – Principais variáveis climatológicas e o IDT do período de 1982-2016.

Variável	Precipitação (mm)	Temperatura Máx (°C)	Temperatura Mín (°C)	Temperatura Média (°C)	Umidade Relativa (%)	IDT
Média	189,4	30,8	22,1	25,7	77,9	24,3
Desvio padrão	98,1	0,7	0,6	0,5	1,5	0,7
Valor máximo	755,7	32,3	28,8	28,6	84,6	25,2
Valor mínimo	6,5	27,0	19,9	23,1	72,5	23,1

Nota-se que a umidade relativa do ar apresentou uma variação entre 72,5 a 84,6% e a média climatológica é de 77,9% e o maior desvio padrão com 1,5%. Isso

significa que apresentou maior variabilidade em relação a sua média, e esse fato já é uma indicação de que essas variáveis poderão ter uma maior influência nos componentes principais, quando comparadas com as demais variáveis. Essa influência pode ser devido ao alto conteúdo de umidade produzido pela brisa marítima, tendo em vista que Recife está inserido no clima litorâneo.

Quanto ao IDT, demonstrou de acordo com a classificação, a cidade do Recife, em termos de conforto térmico, apresentou parcialmente confortável, com IDT de 24,3°C, no período de 34 anos.

Essa análise histórica possibilitou uma caracterização geral da cidade do Recife baseado em apenas a estação do INMET. E a análise microclimática é necessário à avaliação de áreas específicas e com diferentes coberturas. A fim de caracterizar melhor o campo térmico urbano da cidade do Recife, em alguns pontos, foram realizados estudos de uso e ocupação do solo, pois dependendo da tipologia dos materiais isso influencia as variáveis climatológicas.

## **5.2 Uso e ocupação do solo dos pontos**

É importante destacar o uso e ocupação do solo influencia na formação de ilha de calor urbano e no desconforto térmico sentido pela população. E isso tem relação com a composição dos materiais constituintes do recobrimento do solo do elemento urbano, como também as edificações e a estrutura (NOGUEIRA, 2011; SANTOS, 2011).

Pois a composição desses elementos segundo Oke (1978; 2004), é fator determinante dentro da escala microclimática na formação de um clima urbano, e conseqüentemente influenciam no conforto térmico da população.

Alcoforado (2014, p.66) afirma que as “características térmicas dos materiais de superfície têm propriedades radiativas específicas (albedo e emissividade), bem como propriedades condutoras (emitância térmica e condutividade)”.

A seguir são apresentadas as análises de cada ponto de monitoramento, correlacionando-se o tipo de cobertura do solo urbano de acordo com as características de cada ponto (Quadro 2).

Quadro 2 - Características gerais dos pontos de coleta de dados.

Pontos	Bairros	Sítios da cidade
Ponto 1 – Referência	Curado	Arborizado com baixa densidade urbana
Ponto 2	Casa Amarela	Casas e prédios com alta densidade urbana
Ponto 3	Campo Grande	Casas com alta densidade urbana
Ponto 4	Boa Vista	Casas e prédios com alta densidade urbana
Ponto 5	Boa Viagem	Predomínio de construções verticais e influência da marítima.
Ponto 6 – Comparação	Dois Irmãos	Fragmento de Mata Atlântica

A fim de conferir maior confiabilidade à investigação, a Tabela 5 apresenta os percentuais de cada feição de uso e cobertura do solo dos seis pontos monitorados na área de estudo com seus respectivos tipos de cobertura. Os fatores das classes de cobertura do solo são determinantes para melhores condições de conforto térmico nos centros urbanos.

Tabela 5 - Percentuais de uso e cobertura do solo nos Pontos de monitoramento

Tipos de Uso e coberturas	Subdivisões (%)	Ponto	Ponto	Ponto	Ponto	Ponto	Ponto
		01	02	03	04	05	06
Edificações	Cobertura cerâmica	0,55	33,39	27,85	9,4	2,0	3,14
	Cobertura de Alumínio	3,17	3,1	-	4,5	3,3	-
	Cobertura de Fibrocimento	10,59	23,80	14,8	14,0	5,0	1,47
	Concreto	0,12	4,39	9,81	8,2	14,30	0,67
	Casa de Vegetação	-	-	-	-	-	0,06
Vegetação	Polietileno	-	0,19	-	-	0,09	-
	Arbórea/Arbustiva	44,80	4,07	16,96	22,2	6,91	55,0
	Horticultivo	-	-	-	-	-	3,9
Solo	Gramíneas	20,50	1,88	1,0	5,9	8,16	15,0
	Areia de praia	-	-	-	-	7,2	-
	Solo Descoberto	2,7	-	-	5,0	3,03	8,34
Área Pavimentada	Impermeável	7,79	20,89	16,69	16,6	17,0	3,79
	Estacionamento Asfalto	2,80	-	-	-	1,0	2,04
	Estacionamento Concreto	0,29	0,71	-	3,7	3,0	-
Corpos d'água	Piscinas	0,26	-	0,41	0,1	0,27	-
	Lagoas	1,73	-	-	0,3	-	3,40
	Oceano	-	-	-	-	17,89	-
Vias	Asfalto	4,70	7,58	11,83	10,1	10,85	3,19
	Não asfaltada	-	-	0,62	-	-	-

Os pontos P01 e P06 são os que apresentaram as maiores taxas percentuais de cobertura vegetal (arbórea arbustiva e gramíneas), respectivamente. Por outro lado, os pontos P02, P03, P04 e P05 apresentam materiais de cobertura (telhados) com propriedades térmicas desfavoráveis às condições de conforto térmico, com destaque para o P02 que apresentou a maior porcentagem de área impermeável (20,89%).

Os tipos de cobertura do solo destacam características que podem ser favoráveis ou desfavoráveis ao conforto térmico do entorno de cada ponto estudado. Destaca-se o ponto P01 (ITEP) com condições favoráveis às condições de conforto térmico, pois apresenta características similares a um ambiente rural; por essa razão foi assumida neste estudo como ponto de referencia para o estabelecimento da intensidade de ilha de calor e dos gradientes de temperatura e umidade relativa do ar. Por outro lado, os pontos P02, P03, P04 e P05 se destacaram por apresentar os maiores percentuais de cobertura impermeáveis (concreto/calçamento), como também as edificações variando a porcentagem entre eles. No caso dos P02 e P03 foram cobertura cerâmica, o P04 com cobertura de fibrocimento e P05 com o concreto.

Esses materiais urbanos se constituem em fatores positivos para a formação da ilha de calor urbana e desfavoráveis ao conforto térmico. De acordo com Amorim (2017) afirmam que as coberturas ou telhados são os maiores responsáveis em provocar o calor produzido tanto no interior quanto no entorno das edificações, essa variação de calor é produzida pelas variáveis de albedo (reflectância) e emissividade dos materiais.

### 5.2.1 Ponto 01 – ITEP

O ponto 01 fica localizado no ITEP, que fica situado a 8,89 km do marco zero e contém 222 domicílios (IBGE, 2010). Faz divisa com os bairros da Várzea e Curado e dessa forma sofre grande influência de fragmento de mata atlântica, a mata da Várzea/Curado. O bairro da Várzea possui 1.394,97 ha de áreas verde (OLIVEIRA et al., 2014)

O equipamento utilizado é uma estação completa que é controlada pelos colaboradores do ITEP. Na área observa-se que a estação foi instalada numa área

aberta com o solo coberto por grama e ao redor possui algumas edificações (Figura 12).



Figura 12 - Vista da área do Ponto 01 (ITEP), Recife, PE.

Percebe-se que mesmo com a presença de edificação no "interior" da mata, esse ponto foi o que teve as menores temperaturas. As edificações presentes, no geral, são grandes galpões que apresentam telhados de fibrocimento e alumínio (Figura 13).

Há também a existência de quatro lagoas bem próximas a área analisada, o que favorece uma amenização climática comparado aos demais pontos analisados. E a quantidade de vias existentes não foi tão significativas comparada aos demais locais.

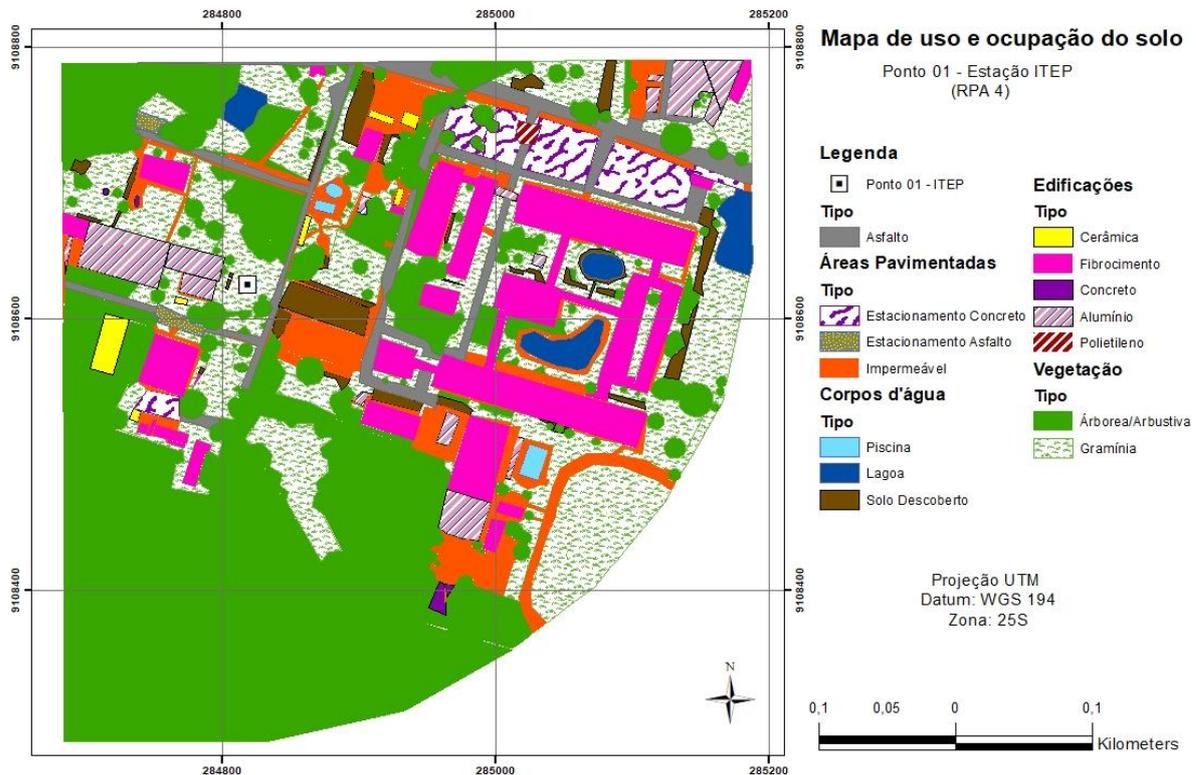


Figura 13 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 01 – ITEP.

### 5.2.2 Ponto 02 – Casa Amarela

Esse ponto encontra-se no bairro de Casa Amarela, uma região com morros e influenciado pela presença de residências e pavimento de concreto/calçamento com baixo fluxo de veículos, com poucas áreas verdes. Está situado a 6,5 km do marco zero e possui 9.296 domicílios (IBGE, 2010).

É possível verificar que esse ponto também foi fortemente influenciado pela parede, o que pode estar refletindo na questão da absorção do calor e transferência para o sensor. Comparado ao ponto 01, percebe-se um aglomerado urbano bem intenso (Figura 14), e áreas com solo impermeabilizado que reduzem a taxa de evapotranspiração e por consequência acabam aumentando a temperatura do ambiente.



Figura 14 – Visualização área do Ponto 02 - Casa Amarela.

O bairro de casa amarela é formado basicamente por construções que apresentam, em sua maioria, um único pavimento, de alvenaria e com telhados de cerâmica vermelha. Presença também de alguns estabelecimentos comerciais que possuem cobertura de alumínio ou fibrocimento que possuem uma capacidade de refletância, trazendo um pouco mais aquecimento aos locais (Figura 15).

De acordo Moreira et al. (2017, p.258):

“os materiais compostos por coberturas de zinco, alumínio e amianto e betume, são materiais com propriedades absorvedoras capazes de converter energia em calor com eficiência, sendo responsáveis em proporcionar maior percentual de energia a ser transferida para aquecimento do ar junto a superfície e, refletindo no surgimento de zonas quentes em escala local”.

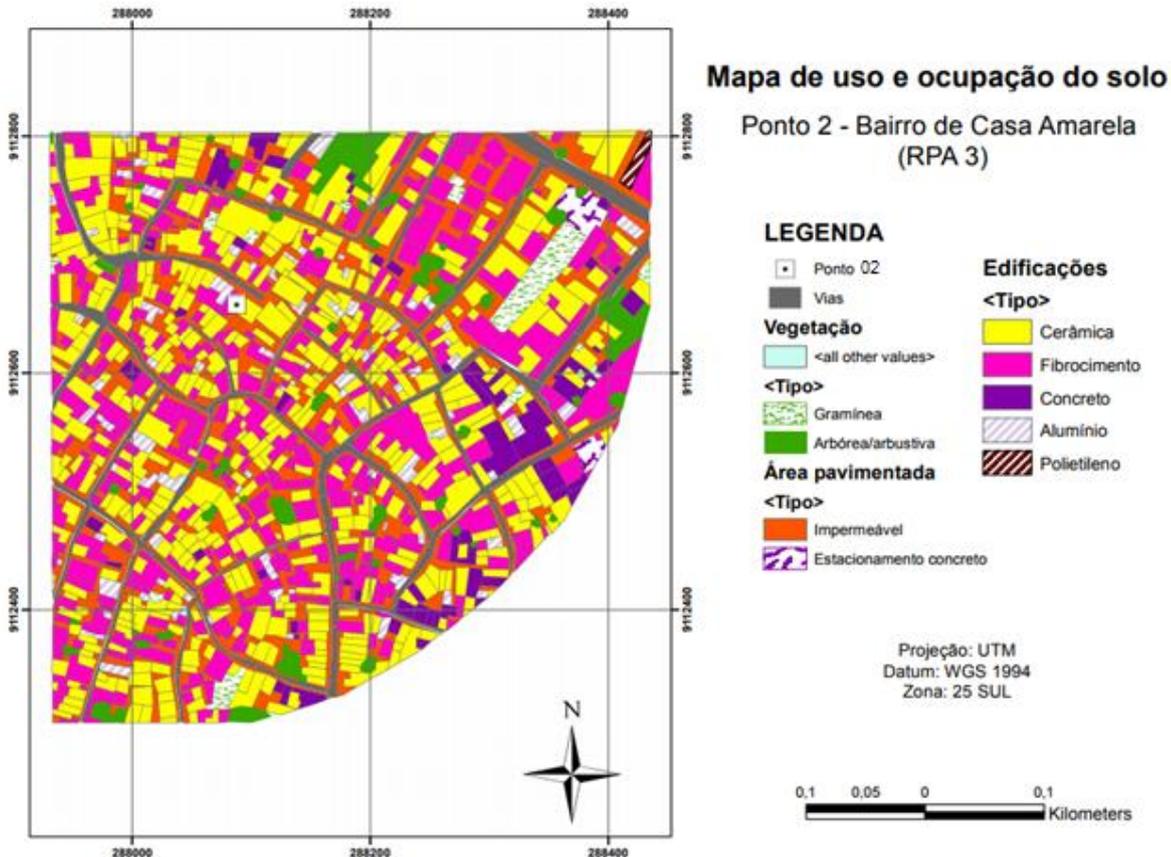


Figura 15 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 02 – Casa Amarela.

Nesse local, há pouca presença de vegetação arbórea nas calçadas e nos quintais, sendo predominante calçamento e asfalto, o que favorece o aquecimento desses locais com grande interferência das ações humanas.

As vias, todas de asfalto, próximo ao local demarcado apresentou pouca movimentação no que se refere ao tráfego de veículos e de pedestres.

### 5.2.3 Ponto 03 – Campo Grande

O bairro de Campo Grande localiza-se no quadrante norte da malha urbana, com 3,80 km distância do Marco Zero e com 9.554 domicílios (IBGE, 2010). Um bairro densamente povoado e caracterizado por residências e estabelecimentos comerciais de pequeno porte.

Possui média cobertura vegetal arbórea nas calçadas e quintais ou jardins. O sensor nesse ponto ficou situado ao meio de um jardim de 13,8m<sup>2</sup> de uma casa onde o fluxo de veículos e pedestres é baixo. Também possui um grande

aglomerado urbano, porém a diferença que numa altitude menor e algumas áreas de verdes próximas (Figura 16).



Figura 16 – Visualização área do Ponto 03 - Campo Grande.

Assim como o ponto anterior, a maioria das construções é de alvenaria com telhados de cerâmica vermelha e de fibrocimento, poucas edificações (de porte de até 03 andares) e são perceptível áreas arborizadas próximas às residências, caracterizando vegetação de quintais, o que pode ser uma importante ferramenta de amenização climática na rua ou no bairro (Figura 17).

Lobato et al. (2016) afirma que os quintais provido de espécies vegetativas configuram uma importante estratégia de mitigação dos efeitos microclimáticos entre áreas pavimentadas e áreas arborizadas.

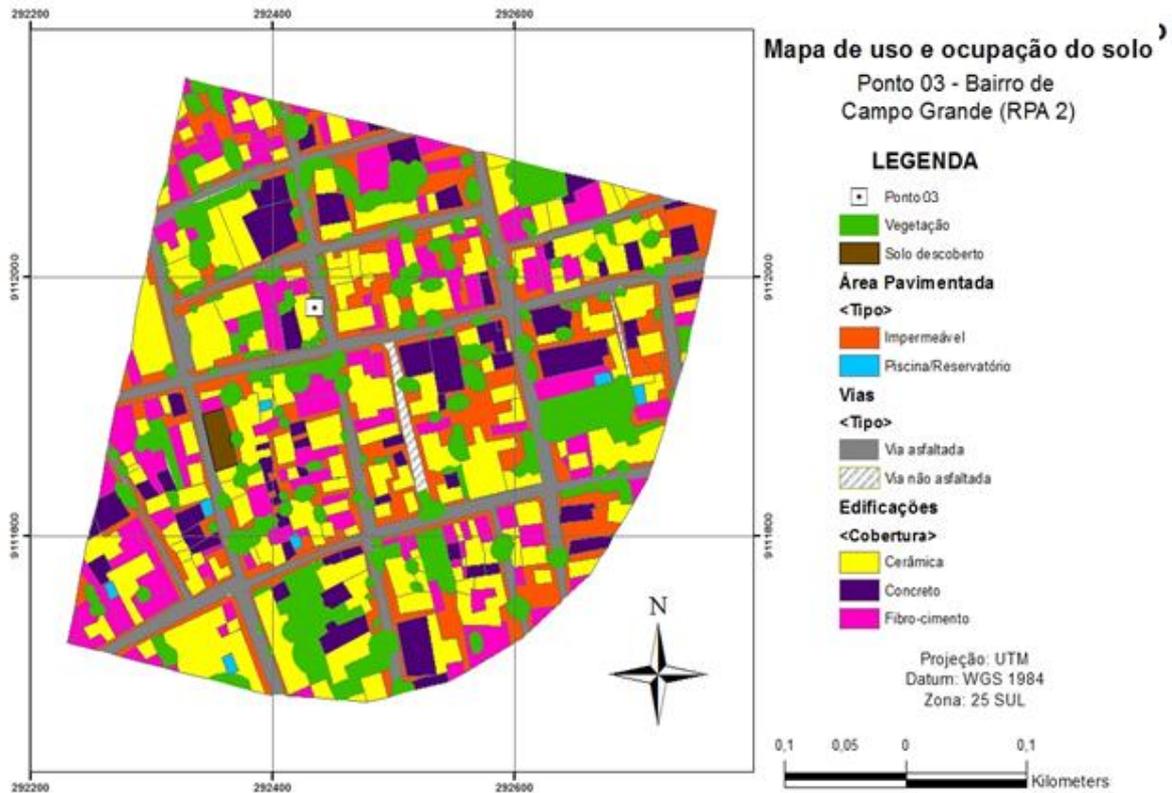


Figura 17 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 03 – Campo Grande.

#### 5.2.4 Ponto 04 – Boa Vista

Localiza-se a 2,8km do Marco Zero da cidade, com 5.999 números de domicílios (IBGE, 2010). Esse ponto está situado no bairro central da cidade, paralela a umas das principais avenidas da cidade (Av. Conde da Boa Vista) onde o fluxo de veículos e pedestres é intenso. Possui média cobertura vegetal arbórea nas calçadas e quintais, característico dos bairros mais antigos da cidade. Próximo ao local onde foi inserido tem-se o Parque 13 de Maio o que corresponde à maior área verde da região central de Recife.

Percebe-se que o local onde o sensor ficou instalado em um quintal dotado de solo de concreto com pouco recurso vegetal próximo ao sensor. Recebeu forte influência das paredes e do solo de concreto, o que pode ter favorecido um aumento na temperatura. Pode-se verificar, também, um grande aglomerado urbano, porém esse uma região que sofre influência da faixa litorânea por estar bem próximo do porto do Recife (Figura 18).



Figura 18 – Vista área do ponto 04 (Boa Vista) e de seu entorno.

Um bairro que contém prédios antigos que são utilizadas para residência e comércio, onde as construções são basicamente de alvenaria e telhado de cerâmica vermelha e de fibrocimento (Figura 19). Grande parte do solo é impermeável coberto com asfalto ou concreto.

São as mesmas características que Barros e Lombardo (2012) acharam discriminando esse local como uma zona diferenciada sua função na cidade, localizado no centro urbano do município o que acarreta em um uso intensivo do solo com a finalidade do comércio e oferecimento de bens de serviço.

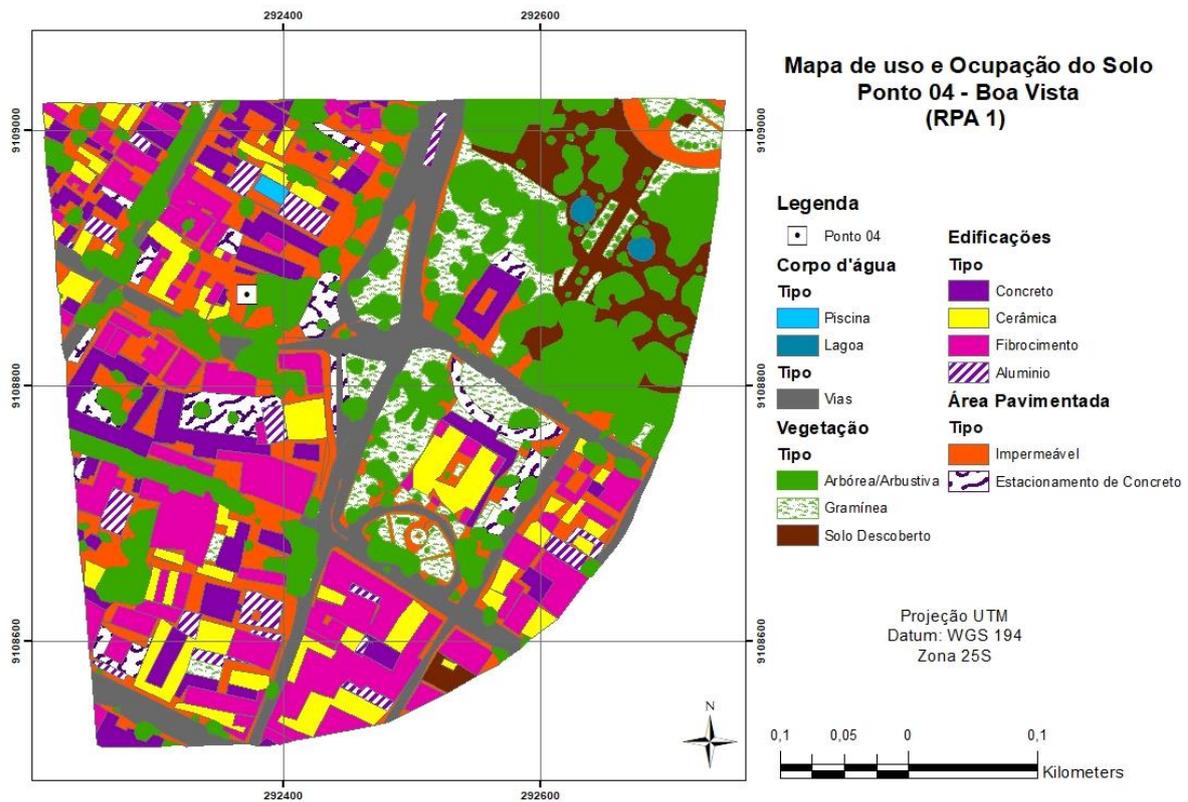


Figura 19 -. Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 04 – Boa Vista.

### 5.2.5 Ponto 05 – Boa Viagem

O ponto 05 está situado a 7,91km do marco zero e possui um número de domicílios de 42.272 (IBGE, 2010). É um bairro na faixa litorânea da cidade de Recife, PE, mais especificamente na faixa litorânea ao sul da cidade, onde se encontra área mais densamente povoada e construída. Sendo, portanto, bastante influenciado pelas massas de ar oriundas do oceano atlântico e dos ventos alísios de sudeste.

O sensor foi colocado na área de um jardim de edifício, localizado na avenida principal do bairro, ao lado de um reservatório de água revestido de cobertura de cerâmica (Figura 20).



Figura 20 – Vista da área do Ponto 05 (Boa Viagem), Recife, PE.

Verifica-se cinturões de prédios que é uma unidade que se caracteriza por sua morfologia urbana diferenciada, representa aglomerações de edifícios construídos de forma desordenada sem uma padronização enquanto aos números de andares, estética e questões ambientais (BARROS; LOMBARDO, 2012)

Esse bairro há uma grande quantidade de impermeabilização nos lotes, associada ao aumento na verticalização das edificações, o que traz obstáculos para circulação dos ventos (Figura 21). Essa situação pode amenizar as temperaturas, se o local estiver situado no corredor de ventos, ou pode aumentar a temperatura, o que vai depender é a direção dos ventos em determinados dias e a intensidade.

Nessa região pode-se destacar resquícios de vegetação original que os parques dos manguezais, localizado no bairro do Pina. Porém na área onde foi inserido o sensor, é possível verificar baixa vegetação nas calçadas e jardins dos edifícios.

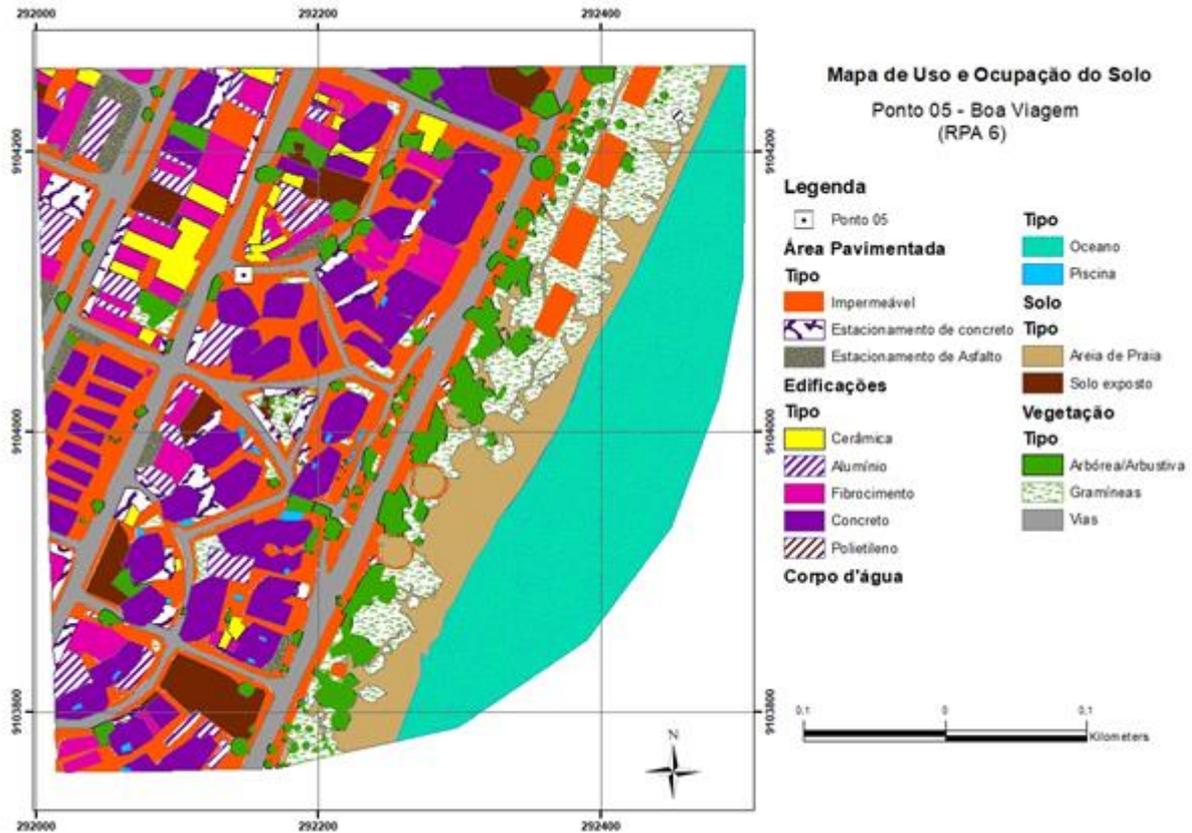


Figura 21 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 5 – Boa Viagem.

#### 5.2.6 Ponto 06 – Dois Irmãos - Estação UFRPE

A estação da UFRPE está localizada no Campus da UFRPE situado na Unidade de Conservação de Dois Irmãos do município de Recife que foi criada de acordo com a lei municipal 16.176/96 e possui uma área de 467,82 hectares, considerada uma das mais expressivas parcelas de floresta litorânea de Pernambuco (PREFEITURA DO RECIFE, 2012), intercalada com alguns prédios próximos, com algumas manchas de grama e plantação.

Vale ressaltar essa localidade se encontra em um processo desenvolvimento, ou seja de expansão da universidade com construção ou reconstrução.

Como se pode observar na Figura 22, as classes de cobertura do solo predominantes são constituídas de elementos que contribuem para minimizar a temperatura e aumentar a umidade do ar, trazendo benefícios para o entorno do ponto estudado e conseqüentemente, proporcionar uma sensação térmica melhor, mesmo estando situada em ambiente urbano.



Figura 22 – Visualização área do Ponto 06 - estação UFRPE.

O Ponto 6, encontra-se situado em meio a densa área com vegetação de porte arbóreo e arbustivo, presença de casas de vegetação utilizadas para experimentos e algumas edificações com cobertura de tijolo aparente e convencional.

Como se pode observar na Figura 23, as classes de cobertura do solo predominantes nesse ponto se constituem de fatores que contribuem para reduzir a temperatura do ar do entorno da área e, conseqüentemente, proporcionar uma sensação térmica confortável.

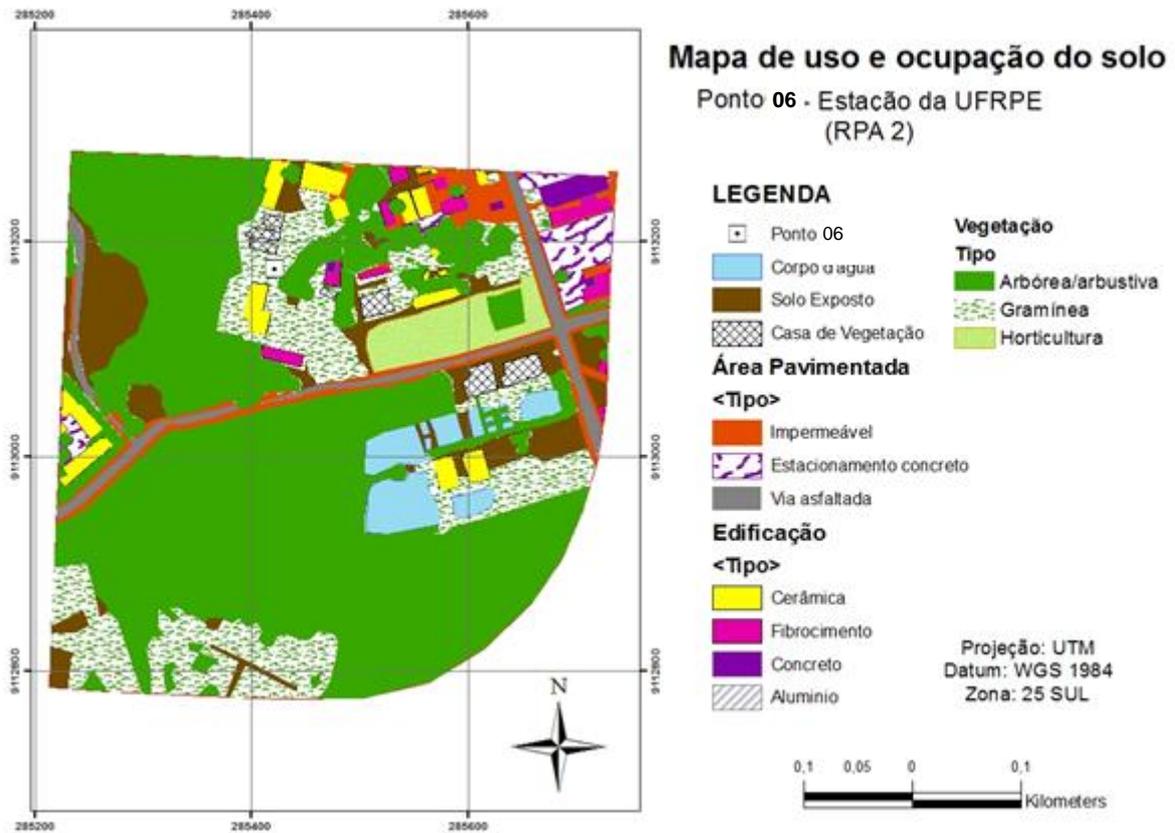


Figura 23 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Ponto 06 – UFRPE - Bairro de Dois Irmãos.

O solo é permeável, com cobertura em grama e a topografia da área apresenta acentuado declive. Ao sul do ponto, encontra-se uma via com pavimentação asfáltica (Transrural) e fluxo baixo de veículos, localizada ao lado da reserva de Mata Atlântica. Próximo a essa via, há ocorrência de solo exposto devido a expansão da mesma, porém foi implantado ação de mitigação com sistema de reflorestamento na área.

Observa-se no entorno da área que a vegetação arbórea predominou. Contudo, percebe-se também a presença da cobertura de telhados, vegetação herbácea e fragmentos de calçamento, asfalto e solo exposto.

Diante das características verificadas nos pontos monitorados, os tipos de cobertura do solo podem influenciar na temperatura, na umidade relativa do ar, nas amplitudes térmicas e, conseqüentemente, no índice de desconforto térmico.

### 5.3 Análise do Desconforto Térmico (IDT)

Com a análise dos 06 pontos monitorados, observou-se o dia mais quente na estação seca e na chuvosa, e dia com a temperatura amena para os mesmos períodos (Tabela 5). E conseqüentemente os dias e horários que ocorreram os índices de conforto térmicos máximos e mínimos.

Tabela 6 - Dia e hora da ocorrência dos níveis de conforto térmicos máximos e mínimos e a temperatura e a umidade relativa de cada ponto analisado durante os períodos seco e chuvoso em Recife

Pontos	Parâmetros Analisados									
	Máximo					Mínimo				
	Data	Hora	Temp	UR	IDT	Data	Hora	Temp	UR	IDT
Período seco										
P01	08/02/17	16:00	31,9	53	27,4	08/02/17	9:00	21,6	93	21,3
P02	27/02/17	14:00	40,6	35,8	31,4	08/02/17	6:30	23,7	85,7	23,0
P03	28/02/17	12:00	40,6	44,5	32,7	07/01/17	6:30	24,3	96,1	24,0
P04	02/02/17	16:00	45,1	31,7	33,0	07/01/17	6:30	24,9	89,1	24,3
P05	23/02/17	11:00	38,6	43,8	31,1	09/01/17	18:00	24,5	99,0	24,1
P06	08/02/17	14:00	34,9	53,9	29,3	08/02/17	6:00	22,9	89,8	22,4
Período chuvoso										
P01	16/05/17	16:00	32,0	56,0	27,7	25/05/17	8:00	21,0	100	21,0
P02	14/05/17	13:00	40,1	33,6	30,7	16/06/17	5:30	21,6	98,0	21,6
P03	27/06/17	10:30	34,1	51,3	28,9	16/06/17	5:30	22,4	99,8	22,4
P04	16/05/17	14:00	46,0	29,6	33,8	25/05/17	5:30	22,2	99,8	22,2
P05	10/06/17	11:30	39,9	41,6	31,8	02/05/17	10:30	22,3	83,5	21,6
P06	14/05/17	13:00	33,9	60,6	29,7	22/05/17	6:00	22,1	93,3	21,9

Legenda: temp=temperatura do ar; UR=Umidade Relativa do ar; IDT=Índice de desconforto térmico

Na análise relacionada às temperaturas, percebe-se que as temperaturas mínimas se mantêm na média. O P01 apresentou, tanto no período seco (21,6°C) e chuvoso (21°C), os menores valores registrados na cidade do Recife.

Com relação a maior temperatura registrada, na período seco, ocorreu no P04 - Boa Vista (45,1°C) seguido dos pontos P02 - Casa Amarela e P03 - Campo Grande ambos com máxima de 40,6°C de temperatura. Esses três bairros possuem características bem semelhantes que apresentou grande aglomerado urbano com predomínio maior de casas e comércios, e no caso P04 há um intenso fluxo de veículos. Freitas et al. (2017) encontrou em seu estudo os altos valores de temperatura do ar na avenida Conde da Boa Vista, aliado a baixa umidade relativa

do ar e baixa velocidade do vento, com uma morfologia urbana que aprisiona o calor produzido.

Já no chuvoso, as maiores temperaturas registradas foram no P04 – Boa Vista (46,0°C) e no P02- Casa Amarela que apresentou 40,1°C. Já na pesquisa de Nóbrega et al. (2016), em Recife, as temperaturas mais elevadas encontradas foi no bairro de Boa Viagem devido suas características de uso e ocupação do solo.

Em alguns pontos, P01/P04/P05, as temperaturas máximas ocorridas no período chuvoso foram superiores ao período seco. No caso do P01 – ITEP mesmo apresentando uma área bem vegetada o que pode ter ocorrido é que a vegetação de grande porte estabelecida de forma concentrada em áreas da cidade pode aumentar o calor latente e, com isso, aumenta também a umidade relativa do ar, o que pode representar um aumento na temperatura média do ar em condições de calmaria (SILVA, 2017).

No caso do P04 – Casa Amarela, foi o bairro com um maior adensamento urbano, com pouquíssima vegetação e de acordo com Santos et al. (2013) esse aquecimento pode ser relacionado principalmente ao crescimento urbano contínuo no local, no que diz respeito ao ambiente construído e à impermeabilidade do solo, ligada à cobertura vegetal reduzida, contribuindo para uma maior concentração de calor.

O P05 – Boa Viagem além de apresentar o predomínio das construções verticais, há um intenso fluxo de veículos que atrelado a outros fatores que podem estar contribuindo para o aumento dessa temperatura. Esses possíveis fatores podem estar relacionado a outras variáveis climáticas que não aferida nesse trabalho, como por exemplo, a pluviosidade e a intensidade e direção dos ventos.

No trabalho Souza e Freitas (2013) verificaram que locais junto à orla pode ser alterada ao encontrar as barreiras edificadas e parece seguir a direção das ruas, sugerindo que ocorre o efeito de canalização do vento nas mesmas.

No tocante a amplitude térmica, a Figura 24 representa os dias que ocorreram as diferenças diárias de temperatura do ar, cuja apresentou uma oscilação acima de 10°C em todos os pontos no período seco e acima de 9°C no chuvoso.

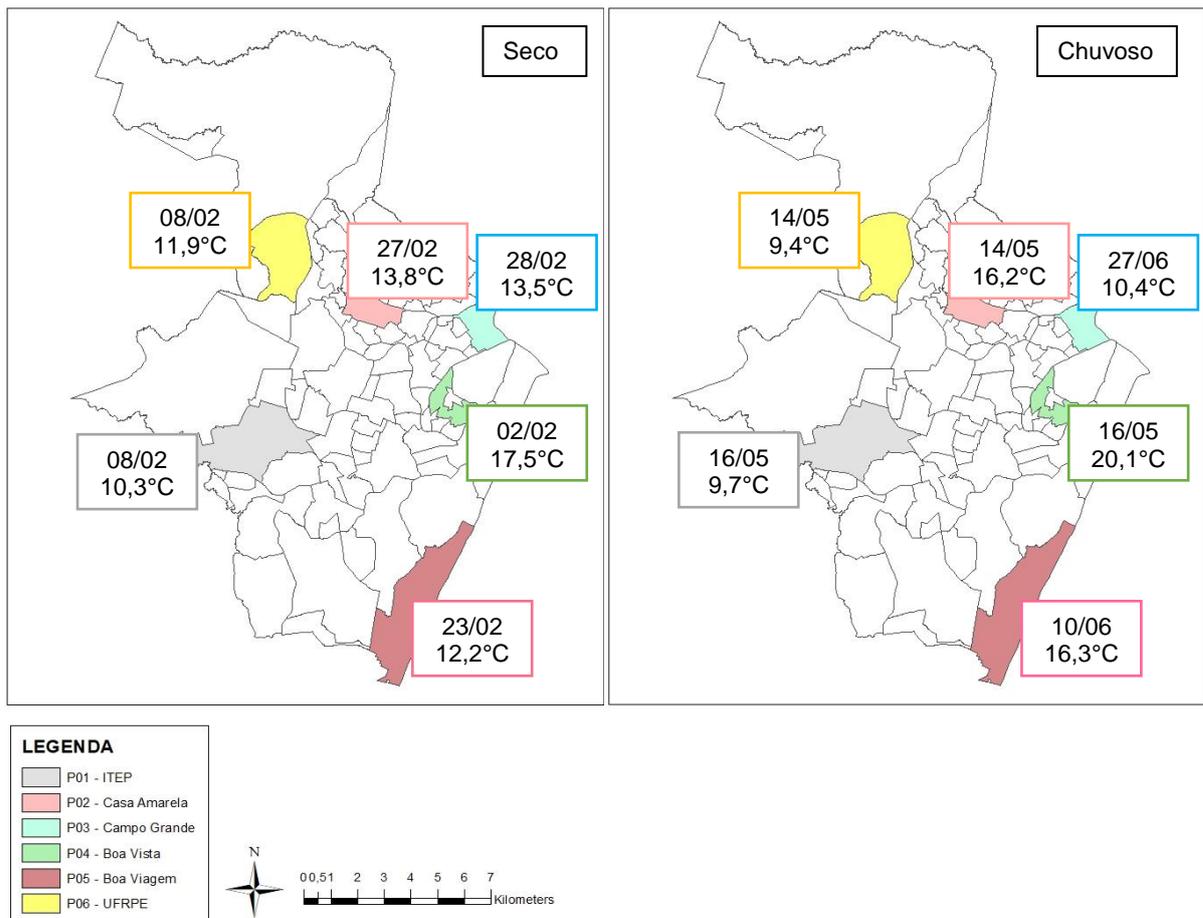


Figura 24 – Mapa da amplitude térmica máxima ocorrida nas datas descritas no período seco e chuvoso.

A amplitude térmica, no geral, pode ser considerada alta em todos os pontos monitorados apresentando as maiores amplitudes observadas no P04 - Boa Vista com 17,5°C no período seco e no chuvoso com 20,1°C. E as menores amplitudes foram no P01 – ITEP. O que corrobora no estudo, realizado em Curitiba realizado por Dumke e Mendonça (2017), o qual verificou as altas amplitudes em áreas de grande adensamento urbano.

De acordo com Corrêa (2006) o Recife registra uma diferença média entre a temperatura máxima e mínima em 24 horas é de mais de 6°C. Então, todos os pontos analisados estão acima em ambos os períodos climatológicos os quais apresentaram acima de 10,3°C e 9,4°C, respectivamente para o seco e chuvoso.

Na Figura 25 são apresentadas as médias de temperatura do ar, umidade relativa do ar e o Índice de Desconforto Térmico para os períodos analisados.

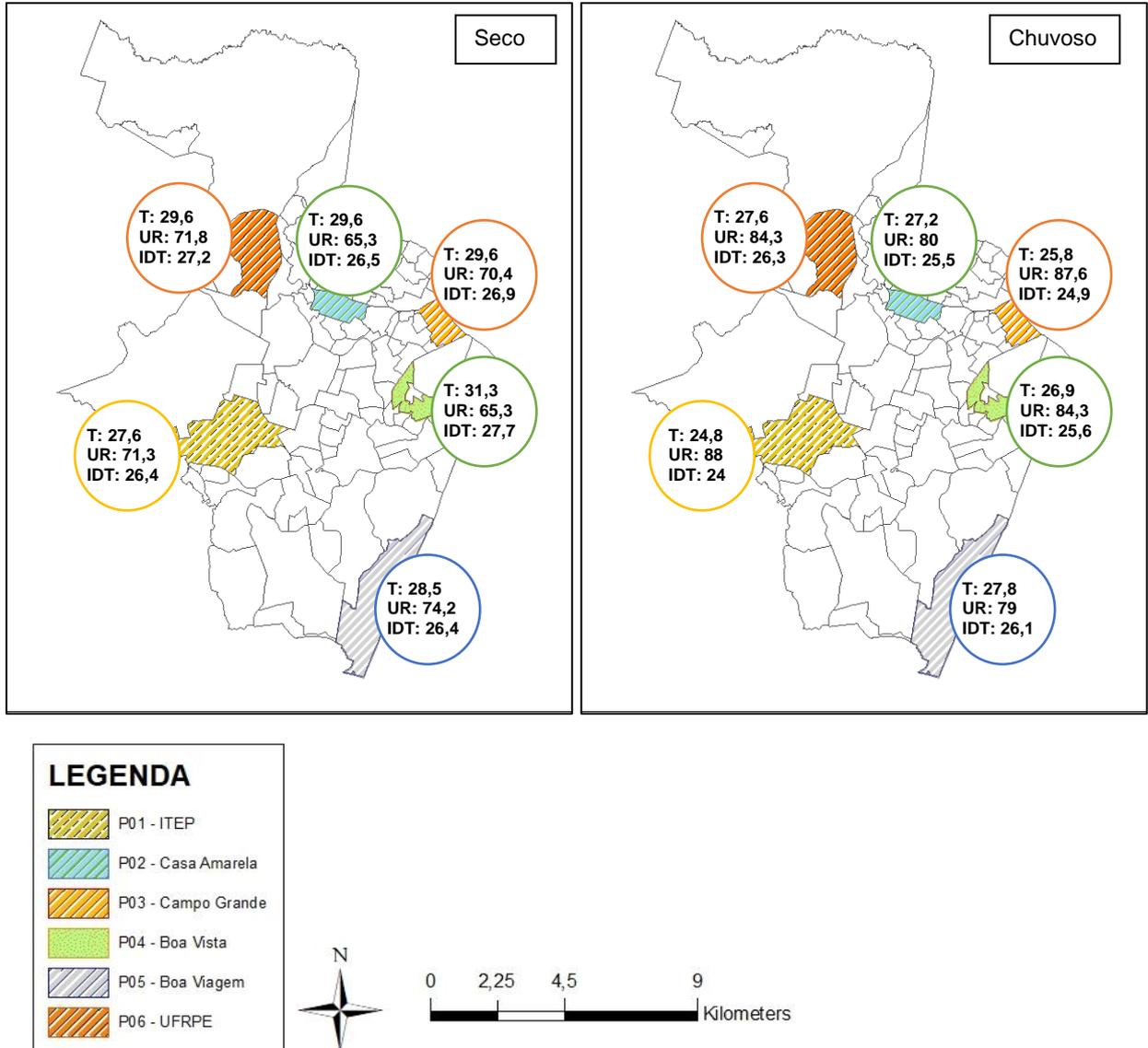


Figura 25 – Visão geral das médias da temperatura (°C), da umidade relativa (%) e do índice de desconforto térmico – IDT nos pontos experimentais.

Com relação à umidade relativa, tanto no período seco como no chuvoso, verificaram-se os percentuais permaneceu em faixas bem parecidas (UFRPE, Campo Grande, Boa Viagem e ITEP), com exceção da Boa Vista (65,3%) e Casa Amarela (65,3%).

No estudo de Lobato et al. (2016), em Abaetetuba –PA foram encontradas altas umidades relativas em ambientes menos urbanizados, ou seja com a presença de vegetação. Corroborando com os dados encontrados no ponto do ITEP (88%), na estação chuvosa e diferindo do ponto de Boa Viagem, na estação seca, que

apresentou alta umidade relativa (74,2%) que o caso a influencia é da maritimidade e ventos.

Na estação chuvosa, verifica-se que o ponto 01, a UR foi alta (88%) comparado aos outros bairros. O que pode ser verificado também na pesquisa de Vasconcelos e Zamparoni (2011), onde dois bairros de Cuiabá, na estação chuvosa, indicaram que a umidade foi alta (78,4%) no bairro pouco urbanizado e com residências próximas a áreas verdes, constatando a importância da vegetação no ambiente urbano.

Como a umidade relativa e a temperatura são inversamente proporcional, quando há baixas temperaturas, há alta umidade relativa e vice e versa. Se as temperaturas mínimas da cidade do Recife estão cada mais maiores, acaba que a quantidade de vapor d'água existente no ar diminui. De acordo com Varejão-Silva (2006), a abundância de vapor d'água pode ser prejudicial tanto para atividades humanas, como para desenvolvimento de algumas espécies de animais e plantas que necessitam de temperaturas mais amenas.

Relacionado ao IDT, na estação mais quente, o IDT mais expressivo foi no ponto da Boa Vista que apresentou 27,7°C, sendo classificado como desconfortável. E na estação chuvosa, o ponto da UFRPE foi o destaque com 26,3°C.

Ao comparar o IDT das estações seca e chuvosa e verificar que o ponto localizado em Boa Viagem, quase não ocorreu variação no IDT, sendo classificadas em ambas as estações como desconfortável.

Baseado nessas discussões, a Tabela 6 apresenta os valores e a faixa de classificação do IDT em cada ponto encontrado no período seco e chuvoso.

Tabela 7 - Índice de Desconforto Térmico de Thom (IDT) e classificação para os pontos monitorados

Pontos Monitorados	Período Seco		Período Chuvoso	
	IDT	Classificação	IDT	Classificação
P01 - ITEP	26,4	Desconfortável	24	Parcialmente Confortável
P02 - Casa Amarela	26,5	Desconfortável	25,5	Parcialmente Confortável
P03 - Campo Grande	26,9	Desconfortável	24,9	Parcialmente Confortável
P04 - Boa Vista	27,7	Desconfortável	25,6	Parcialmente Confortável
P05 - Boa Viagem	26,4	Desconfortável	26,1	Desconfortável
P06 - UFRPE	27,2	Desconfortável	26,3	Desconfortável

No período seco, todos os pontos apresentaram IDT desconfortável com destaque para o P04 – Boa Vista, local onde há processo de urbanização, vias, emissão poluentes, etc, o que podem estar contribuindo para o desconforto térmico.

Então, ao analisar a temperatura e a umidade relativa é preciso verificar as influências do tipo de cobertura, pois muitos materiais possuem alto grau de refletância (albedo) e emissividade.

Essa interpretação para o conforto térmico também foi encontrada, em 2011, em um estudo realizado por Nobrega e Lemos (2011) encontrou nos pontos monitorados um leve desconforto e desconforto extremo.

Assim como as demais cidades do Brasil, a cidade do Recife possui hoje inúmeros cenários de degradação social e ambiental, decorrentes da forma pela qual Recife e os demais municípios circunvizinhos se edificaram (SANTOS, 2013). A maioria das edificações pode ser encontrada bem próximas uma da outra e que de alguma maneira interfere na ventilação, na temperatura e, por como resultado tem-se a formação de ilhas de calor urbana.

#### 5.4 Ilhas de Calor

O monitoramento da temperatura possibilitou a identificação do fenômeno ilhas de calor urbano, em função da média diária das temperaturas, em todos os pontos monitorados durante os períodos seco (Figura 26) e chuvoso (Figura 27).

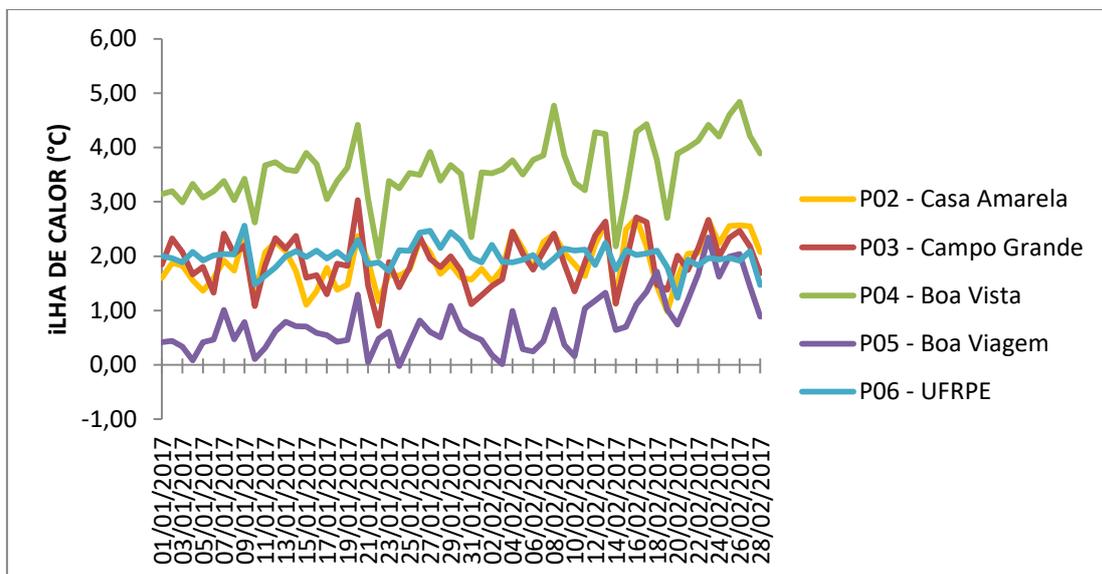


Figura 26 – Identificação da ilha de calor urbano da cidade do Recife na estação seca.

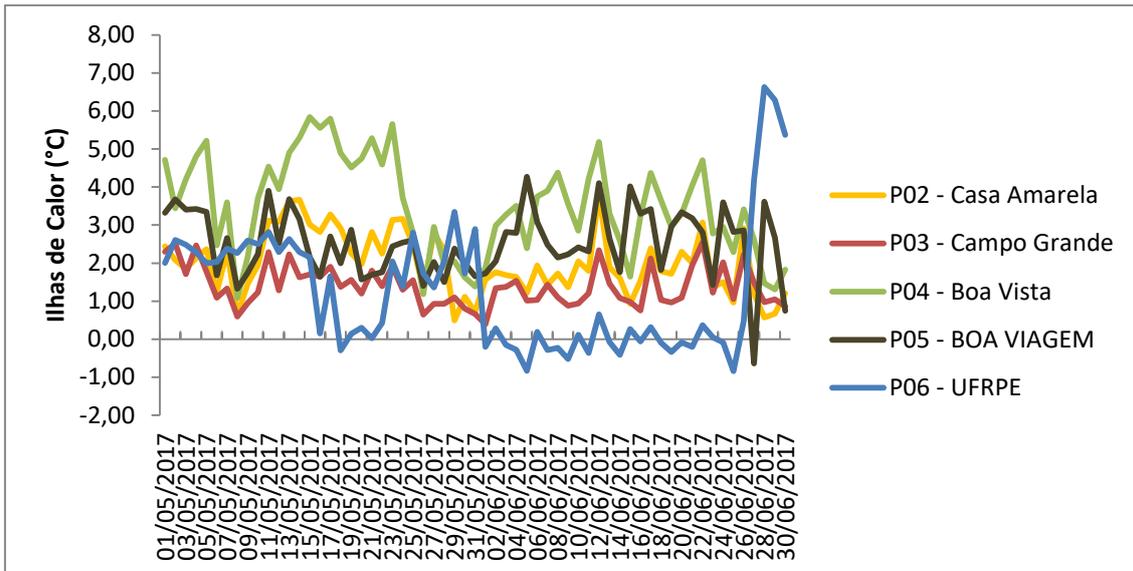


Figura 27 - Identificação da ilha de calor urbano da cidade do Recife na estação chuvosa.

Constatou-se que em todos os pontos monitorados tiveram a ocorrência de ilha de calor, com maior destaque para o bairro da Boa Vista tanto na estação seca como na chuvosa há ocorrência da ilha de calor, com máxima de 4,84°C e mínima de 1,99°C na estação seca e na chuvosa de máxima de 5,84°C e mínima de 1,09°C, respectivamente, sendo classificadas para ambas as estações como forte magnitude para os valores máximos e fraca magnitude para os valores mínimos.

Resultado semelhante foi encontrado na cidade de Campina Grande que apresentou maiores elevações de temperatura na área central da cidade (ARAÚJO et al., 2016). No trabalho de Nobrega e Vital (2010) verificou que o processo de urbanização gerou uma ilha de calor na Av. Conde da Boa Vista. O ponto da pesquisa dos autores foi bem próximo ao dessa pesquisa e comprovam que a influência da urbanização em suas adjacências favorece ainda mais o aumento de temperatura ao longo do dia.

Essa situação pode ser verificada também na cidade de Lisboa onde as frequências mais altas da IC foram encontradas no centro da cidade (LOPES et al., 2013).

Na estação seca, o bairro que teve a menor diferença em relação ao ponto de referência foi o bairro de Boa Viagem que mesmo tendo bastante edificação ao redor, o ponto está localizado a cerca de 250 m da praia, tendo influência da brisa

marítima. Já na pesquisa de Santos et al. (2016) Boa Viagem apresentou temperaturas superiores independente do tempo meteorológico, como também, maior variação de temperatura com as dinâmicas meteorológicas em relação as demais estações situadas em Recife.

No ponto de Casa Amarela foi encontrado ilhas de calor constantes. O que pode ter contribuído foi o predomínio de áreas residenciais fortemente adensadas com materiais de construção de baixa qualidade, pouca presença de vegetação e grandes áreas cobertas por concretos devido a construções de muros de arrimo e pavimentação de ruas e escadarias. (BARROS; LOMBARDO, 2012).

Na estação da UFRPE, mesmo contendo resquícios de mata atlântica se apresentou com a dinâmica climática bem semelhante aos demais pontos monitorados, as possíveis explicações para esse acontecimento poderá ser devido a localização de onde foi instalada a estação é rodeada por gramíneas e que pode está aquecendo ou estar recebendo pouca influência dos ventos ou que a mata pode está ocasionando um barramento o que impede os ventos de chegarem com a mesma intensidade.

Na estação chuvosa, ressalta-se que praticamente todos os bairros apresentaram IICU classificadas como “Muito Forte Magnitude”. A maior amplitude ocorrida foi no ponto da Boa vista (17,88°C) seguido de Boa Viagem (17,05°C). Mesmo que o fato da precipitação amenizar as temperaturas nesse período, em alguns momentos os valores das ilhas de calor foram superiores ao período seco. Isso pode ter ocorrido devido à umidade do ar ser mais alta, e acaba retendo calor sensível na atmosfera.

Amorim (2012) encontrou em sua pesquisa no ponto base, o ambiente mais rural, as temperaturas ficaram, em vários dias, superiores às registradas nos demais pontos de ambiente urbano, contatando a possibilidade do “efeito sombra” que as áreas construídas exercem na temperatura do ar quando se compara com o ambiente rural. O mesmo autor explica que quando os raios solares incidem pela atmosfera terrestre, parte deles não a aquecem diretamente, e assim, ao atingirem a superfície da terra, transformam as ondas curtas em ondas longas, aquecendo-a, com mais intensidade próximo da superfície.

Esses valores foram diferentes do que o encontrado por Silva et al. (2016), que encontrou no campus universitário no litoral paraibano menores ilhas de calor no período chuvoso em contraste com o período seco.

Os resultados até aqui apresentados indicam que as temperaturas do ar do ponto de referência apresentou muitas vezes as menores do que as temperaturas médias dos outros pontos monitorados durante os dois períodos (seco e chuvoso). Dessa forma, pode-se inferir sobre a formação da ilha de calor urbana na área de estudo. Entretanto, a análise de ilha de calor urbano com base em dados diários impossibilita a identificação da intensidade real e o horário da formação desse fenômeno.

Diante do exposto, as Tabelas 7 e 8 apresentam o dia e a hora da ocorrência da intensidade máxima de ilha de calor urbano (IC) em cada ponto analisado durante os períodos seco e chuvoso na área de estudo de acordo com a classificação de Santos (2017).

Tabela 8 – Valores máximos das Ilhas de calor(IC), data e horário da ocorrência e a classificação nos pontos monitorados durante o período seco

Pontos Monitorados	Período Seco			
	Dia	Hora	IC (°C)	Classificação
UFRPE	27/01/17	12hs	10,42	Muito Forte Magnitude
	08/02/17	11hs	9,52	
Casa Amarela	20/01/17	10hs	11,77	
	08/02/17	11hs	14,83	
Campo Grande	20/01/17	10hs	14,18	
	08/02/17	10hs	13,06	
Boa Vista	15/01/17	15hs	13,92	
	17/02/17	15hs	14,41	
Boa Viagem	07/01/17	11hs	7,72	
	23/02/17	11hs	13,49	

Tabela 9 - Valores máximos da Ilhas de calor (IC), data e horário da ocorrência e a classificação nos pontos monitorados durante o período chuvoso.

Pontos Monitorados	Período Chuvoso			
	Dia	Hora	IC (°C)	Classificação
UFRPE	25/05/17	11hs	12,16	Muito Forte Magnitude
	12/06/17	03hs	9,35	
Casa Amarela	24/05/17	13hs	16,39	
	17/06/17	9hs	16,31	
Campo Grande	02/05/17	9hs	11,53	
	17/06/17	9hs	13,06	
Boa Vista	18/05/17	13hs	17,56	
	22/06/17	9hs	17,88	
Boa Viagem	13/05/17	8hs	15,70	
	10/06/17	9hs	17,05	

Vale ressaltar que todos os pontos também apresentaram, em outros horários, ilhas de frescor cuja diferença de temperatura entre a área urbanizada e não urbanizada se apresenta negativa, ou seja, abaixo de zero. Apresentando em janeiro o bairro de Boa Viagem ( $-3,64^{\circ}\text{C}$ ), em fevereiro Campo Grande ( $-3,41^{\circ}\text{C}$ ), em maio e junho a estação da UFRPE, em dois irmãos com  $-5,04$  e  $-5,25$ , respectivamente.

A Figura 28 apresenta ilustra a intensidade da ilha de calor nos pontos monitorados da cidade do Recife no período chuvoso e seco.

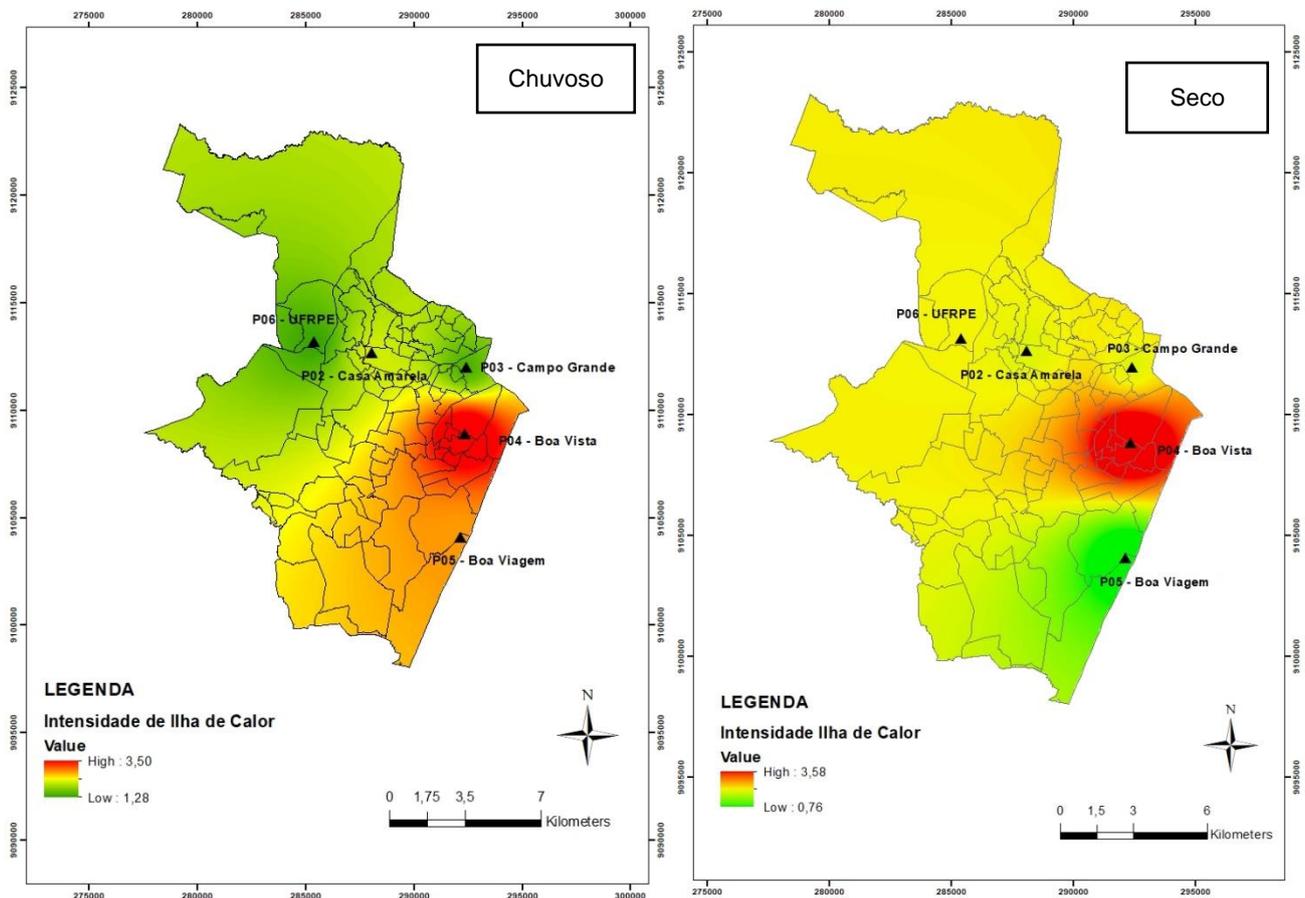


Figura 28 – Isoregiões da intensidade da ilha de calor urbana – Período chuvoso e seco.

Quando o ponto de referência, na época seca, é basicamente parecido com os demais pontos, há outros fatores que podem ter influenciado o local. Esse ponto possui uma forte influencia da mata nativa existente no local, porém o local onde a

estação é instalada há gramíneas e que pode ocasionar um aquecimento. A vegetação proporciona inúmeros benefícios, entre eles destacam-se a proteção contra a ação dos ventos, diminuição da poluição sonora, absorção de parte dos raios solares, sombreamento, diminuição da poluição atmosférica neutralizando o excesso de dióxido de carbono purificando assim o ar.

Porém esse barramento que a mata faz pode estar impedindo que os ventos tenham seja mais intenso na área onde está localizado o a estação do ponto de referencia de área não urbanizada para calcular a ilha de calor urbano.

É possível observar o efeito de borda provocado pelo contato de áreas impermeabilizadas ou construídas com a fração florestal. De acordo com Oliveira et al. (2013) esse efeito pode favorecer que a temperatura da superfície apresente valores um pouco mais elevados do que os comumente observados no interior do fragmento, dependendo do tipo de pressão que o fragmento vem sendo submetido

## 6. CONCLUSÕES

Com os resultados do campo térmico urbano cidade do Recife e a sua relação com uso e ocupação do solo permitiu concluir que há variações climáticas, o que gerou microclimas específicos nos bairros estudados, com as seguintes conclusões específicas:

1. Os resultados demonstram que Recife possui clara evidência da atuação do ambiente construído no comportamento espacial e temporal da temperatura no município, ou seja, a dinâmica climática local pode ser totalmente influenciada pelo processo de urbanização e de uso e ocupação do solo.
2. A composição dos materiais de uso e cobertura do solo é um elemento urbano que exerce influência sobre as trocas de energia e calor, alterando diretamente os valores das variáveis atmosféricas que controlam o nível de estresse térmico ambiental;
3. As maiores temperaturas observadas foi no bairro da Boa Vista, a amplitude térmica na cidade de Recife oscilou acima de 10°C. E umidade relativa do ar registrou elevações em bairros com a composição de vegetação.
4. A sensação térmica dos habitantes do Recife, com base no IDT, nos bairros monitorados, varia de parcialmente confortável a desconfortável tanto no período seco e com no período chuvoso.
5. Os bairros que apresentaram resultados mais críticos quanto às altas temperaturas e ilha de calor foram P02 e P04. Além disso, vale destacar que estas ilhas são ainda mais expressivas no período chuvoso do que no período seco.
6. O P06 (UFRPE) mesmo apresentando expansão significativa de vegetação arbórea/arbustiva não são suficientes para proporcionar a melhoria climática da cidade, demonstraram que existe uma pressão das edificações próximas dessa área provocando um abafamento e uma má distribuição da cobertura vegetal no espaço urbano.
7. Esse estudo possui grande relevância e pode ser contemplado pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano da cidade, a fim de que sejam feitas intervenções no espaço urbano;
8. Contudo, verifica-se que muitos desses bairros, devido ao aglomerado de edificações, não possuem espaços verdes, que são exigidos por lei, para

amenizar a sensação de desconforto térmico, os espaços destinados a área de mata nativa foram substituídos por espécies destinadas a ornamentação. Então, faz-se necessários mais estudos que visem adaptação das edificações, adotando novas técnicas para amenizar as condições do campo térmico da cidade. Sugere-se a implantação de telhados verdes e verticais visando minimizar o desconforto térmico sentido pela população.

## 7. REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, M. J; LOPES, A.; ALVES, E.; CANARIO, P.. Lisbon Heat Island: statistical study (2004-2012). **Finisterra**. v. 49, n. 98, p. 61-80, 2014.

ALMEIDA, S.S., PEREIRA, M.C.. O direito ambiental das mudanças climáticas como um direito humano, in: Galvêncio, J.D., Souza, W.M. (Org.), **Mudanças climáticas e biodiversidade**. Ed. Universitária da UFPE, Recife. 393p., 2013.

AMATO NETO, J. A. era ecobusiness: criando negócios sustentáveis, in: Philippi Junior, A. (ORG). Séries Sustentabilidade. Edição Barueri – SP: Manoele, 125p., 2015.

AMORIM, M. C. C. T.. A Produção do Clima Urbano em Ambiente Tropical: O Exemplo de Presidente Prudente/SP. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v..2, n.5, p.52 – 64, 2012.

AMORIM, M. C. C. T.. Detecção remota de ilhas de calor superficiais: Exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical, Brasil. **Finisterra**, n. 105, p. 111-133, 2017 .

ANDRADE, A. R.; POTTKER, G. S.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; MACHADO, A. L. F.. Influence of land use on urban climate of a small town. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 35, n. 2, p. 349-361, 2013.

ARAÚJO, E. D. S., SILVA, J. B., MACHADO, C. C. C. Identificação de Ilhas de Calor na Cidade de Campina Grande-PB utilizando Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.09, n.02, p. 614-626, 2016.

BALABAN, O.; OLIVEIRA, J. A. P.. Sustainable buildings for healthier cities: assessing the co-benefits of green buildings in Japan. **Journal of Cleaner Production**, v. 163, Suplemento, p. S68-S78, 2017.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A Relação Entre Ilhas de Calor Urbana, Ocupação do Solo e Morfologia Urbana na Cidade Do Recife. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.65 – 76, 2012.

BRASIL. Lei nº 6.938, 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras

providências. Diário Oficial de 02 de setembro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 de set. 1981.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Coletânea de Legislação Ambiental, Constituição Federal - Col. Rt Mini Códigos - 7ª Edição, 1168p, 2008

BRASIL. Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 de dez. 1998.

BRASIL, Lei nº 10.257, de 11 agosto 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 de nov. 2001.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 30 de dezembro 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de dez. 2009.

BRASIL. **Agenda 21 brasileira: ações prioritárias/Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 158 p., 2004.

BRASIL. **Cidades Sustentáveis**. Agenda 21 brasileira: resultado da consulta nacional/Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília : Ministério do Meio Ambiente, 158 p., 2004.

CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente. **Agenda 21 do Estado de Pernambuco**. 172p., 2002. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/capitulo02.pdf>>. Acesso em: 25 de nov. 2017.

CONTI, J. B. Clima e Meio Ambiente. São Paulo: Atual, 96p., 1998.

CORRÊA, A. C. B. Contribuição à análise do Recife como um geosistema urbano. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 23, n. 3, p. 86-101, 2006.

COSTA, A. D. L.. O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido. 2007, 225f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Civil). Unicamp, Campinas/SP, 2007.

DOS ANJOS, K. L.; LACERDA N.. Transformações Urbanas e Ambientais em Áreas Pobres da Região Metropolitana de Recife (Brasil). **Ambiente & Sociedade**, V. XVIII, N. 1. p. 41-64, 2015

DUARTE, A. L. M.. O clima urbano de Arouca – Da teoria à realidade. **Dissertação** (Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território), Universidade do Porto, 154f, 2013.

DUARTE, D. H.S.; SERRA, G.G. Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região de Clima Tropical Continental Brasileira: correlações e propostas de um indicador. **Revista Ambiente Construído**, v. 3, n 2, p.7-20, 2003.

DUMKE, E. M. S.; MENDONÇA, F. A.. Distribuição intra-urbana da temperatura do ar/conforto térmico e condições de vida no Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC), Brasil. **Investig. Geogr.**, v.53, p. 51-76, 2017.

FEITOSA, S. M. R.; GOMES, J. M. A; NETO, J. M. M.; ANDRADE, C. S. P. Consequências Da Urbanização Na Vegetação E Na Temperatura Da Superfície De Teresina – Piauí. **Revista SBAU – Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, , v.6, n.2, p.58-75, 2011.

FERREIRA, L. S.. Vegetação em Áreas Urbanas: Benefícios e Custos Associados. **Revista Labverde**, v.1, n.6, p. 123-143, 2013

FREITAS, A.F.; SANTOS, J.S.; ALMEIDA, N.V.. Avaliação do conforto térmico do Campus IV - Rio Tinto aplicado ao ordenamento territorial ambiental. **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 50, 89–99 p., 2014.

FREITAS, A. F.; SANTOS, J. S.; LIMA, R. B.. Microclima Urbano: Um Estudo De Caso No Espaço Intra - Urbano Do Campus I Da Ufpb. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, n. esp, p.271 - 287, 2015.

FREITAS R.; AZERÊDO, J.; FREITAS, J. F.. Conforto Térmico Em Recife/Pe, 2017 In: XIV ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e X ELACAC – Encontro Latino – Americano de Conforto no Ambiente Construído, **Anais...** Balneário Camboriu, p. 395-404, 2010

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.. **Manual de conforto térmico: arquitetura e urbanismo**. 7ª ed. – São Paulo : Studio Nobel : 2003. 249p.

GARCIAS, C. M.; SILVA, C. M. Contribuição do Meio Urbano nas Mudanças Climáticas – Estudo de Caso do Município de Castro. In: V Encontro Nacional da Anppas. **Anais...** Florianópolis – SC, p.1-20, 2010.

GILES, B. D.; BALAFOUTIS, C. H. The Greek heatwaves of 1987 and 1988. **International Journal of Climatology**, v.10, n.1, p.505–517, 1990.

HIDALGO, M. R.; PRESTES, D. S. Políticas Ambientais: O Desafio da Sustentabilidade. **Educação Ambiental em Ação**, v. 41, Ano XI, 2012.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2014.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate Change, The Scientific Basis – Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 2001.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate Change, Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group II report. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 2001.

KATZSCHVER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 4, Salvador, 1997. **Anais...** Salvador: FAUFBA, ANTAC, 1997, p. 49-58.

KATZSCHNER, L.; BOSCH, U.; ROTTGEN, M. Behaviour of people in open spaces in dependency of thermal comfort conditions. In: Internacional Conference on Passive and Low Energy Architecture – PLEA. **Anais...** France, v. 19, 2002.

LOBATO, G. J. M.; MARTORANO, L. G.; LUCAS, F. C. A.; TAVARES - MARTINS, A. C. C.; JARDIM, M. A. G. Condições Térmico Hídricas e Percepções de Conforto Ambiental em Quintais Urbanos De Abaetetuba, Pará, Brasil. **R. Ra'e Ga**, Curitiba, v.38, p. 245 – 268, 2016.

LOKOSHCHENKO, M. A. Urban Heat Island and Urban Dry Island in Moscow and Their Centennial Changes. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 56, n.10, p.2729-27-45, 2017.

LOPES, A.; ALVES,E.; ALCOFORADO, M. J.; MACHETE, R. Lisbon Urban Heat Island Updated: New Highlights about the Relationships between Thermal Patterns and Wind Regimes. **Advances in Meteorology**, v. 2013, p. 1–11, 2013.

MCMC, **Manual de capacitação sobre Mudança climática e projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)**. 2010.. Ed. rev. e atual. - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, DF.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Clima**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas>>. Acesso em: 28 dez 2017.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; VIEZZER, J.; SILVA, D. A.. O efeito microclimático do fragmento florestal existente no Parque Municipal do Barigui na cidade Curitiba-PR. **Ciência e Natura**, v. 37 Ed. Especial SIC, p.125 – 131, 2015.

MARTELLI, A.; SANTOS JÚNIOR, A. R.. Arborização Urbana do município de Itapira – SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, V. 19, n. 2, p.1018-1031, 2015.

MORAIS, M. V. B.; GUERRERO, V. V. U.; FREITAS, E. D. Efeito do tipo de vegetação urbana no conforto térmico humano para ambientes externos: um estudo de caso para São Paulo. In: X Simpósio Brasileiros de Climatologia Geográfica, **Anais...** Manaus, p. 220-231, 2014

MOREIRA,E.B.M, NÓBREGA,R.S., SILVA, B.B. e RIBEIRO,E.P. O Modelo Sebal Para Estudos de Clima Intraurbano: Aplicação em Recife, Pernambuco, Brasil . **Revista. Ra'e Ga**,v.39 p.247-265,2017

MENDONÇA, F. Clima e Planejamento Urbano em Londrina. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C.A. de F. (orgs). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 192p., 2003.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 206p., 2007.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e Clima Urbano. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C.A. de F. (orgs). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

NERES, S. C. T.; SANTOS, J. S.; CARVALHO, R. G.. Campo Térmico Urbano E Sua Relação Com O Uso E Cobertura Do Solo Na Cidade De Mossoró – Rio Grande Do Norte. **Gaia Scientia**, v. 9, nº 1, p. 44-52, 2015.

NÓBREGA, R. S; VITAL, L. A. B. Influência da Urbanização sobre o Microclima de Recife e Formação de Ilha de Calor. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 3, p. 151-156, 2010.

NÓBREGA, R.S., SANTOS, P. F. C., MOREIRA, E. B. M. Morfologia Urbana e Ilhas De Calor Na Cidade Do Recife/PE: Distribuição Espacial e Intensidade. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 33, n. 4, p. 319-333, 2016.

NOBRE, C. A.; YOUNG, A. F.; ORSINI, J. A. M.; SALDIVA, P. H. N.; NOBRE, A. D.; OGURA, A. T.; THOMAZ, O.; VALVERDE, M.; PÁRRAGA, G. O. O.; SILVA, G. C. M.; SILVEIRA, A. C.; RODRIGUES, G. O.. Vulnerabilidade das megacidades Brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. 233-257p. **In:** Motta, R. S.; HAGRAVE, J.; LUEDEMANN, G; GUTIERREZ, M. B. S. [ORG.]. *Mudanças do Clima do Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios*. Brasília: Ipea, 2011. 440p

NOGUEIRA, A. M. P. Configuração Urbana E Microclimas: Estudo Em Loteamento Horizontal De Maceió-Alagoas. 2011. 185f. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Alagoas, Macéio, AL, 2011.

OKE, T.R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. IOM Report , TD. **World Meteorological Organization**, Geneva, 2004. 51p.

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

OLIVEIRA, I. M. D. A Cidade de Curitiba e a Poluição do Ar – Implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno. **In:** MENDONÇA, **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

OLIVEIRA, T. H.; GALVÍNIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. M.; SILVA, B. B.. Uso e Cobertura do Solo e Seus Efeitos na Distribuição da Temperatura de Superfície em Área Urbana. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 06, p.1598-1616, 2013.

OLIVEIRA, T.H., DANTAS, J.G.; GALVÍNIO, J.D.; PIMENTEL, R.M.M.; BOTLER, M. Análise da Variação Espaço-Temporal das Áreas Verdes e da Qualidade Ambiental em Áreas Urbanas, Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 07, N. 06,p.1028-1043, 2014.

PERNAMBUCO. Decreto estadual Nº 31.507, de 14 de março 2008. Institui o Comitê Estadual de Enfrentamento das Mudanças Climáticas - CEEM, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Recife, PE, 14 mar. 2008..

PERNAMBUCO. Lei estadual Nº 14.090, de 17 de junho de 2010. Institui a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Recife, PE, 17 jun. 2010

PERNAMBUCO. Plano Estadual De Mudanças Climáticas. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). 2011. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/PLANO\\_MC\\_PERNAMBUCO\\_PDF.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/PLANO_MC_PERNAMBUCO_PDF.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2017.

PREFEITURA DO RECIFE. Diretoria de Meio Ambiente Gerência de Gestão Ambiental. **Lista das Unidades de Conservação do Recife**. 2012. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/Lista-das-Unidades-de-Conserva%C3%A7%C3%A3o-do-Recife.pdf>> . Acesso em: 10 jan. 2017.

PETIT-BOIX, A.; LLORACH-MASSANA, P.; SANJUAN-DELMÁS, D.; SIERRA-PÉREZ, J.; VINYE, E.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J.; SANYÉ-MENGUALA, E.. Application of life cycle thinking towards sustainable cities: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 166, n. 10, p. 939-951, 2017.

PONTUAL, V. Tempos do Recife: representações culturais e configurações urbanas. **Revista Brasileira de História**, v. 21, n.42, p. 417-434, 2001.

RECIFE, Lei Orgânica do Município do Recife que determina que Nós, representantes do povo Recifense, investidos em poderes outorgados pela Constituição da República Federativa do Brasil e legitimados pela vontade popular, afirmando o propósito de favorecer o progresso econômico e cultural, estabelecer as bases de uma democracia participativa, proteger e estimular a prática da cidadania, sob o fundamento dos ideais de liberdade e justiça social, em consonância com a construção do estado de direito e de uma cidade solidária e humana, decretamos e promulgamos, sob a proteção de Deus, a seguinte Lei Orgânica Municipal. CÂMARA CONSTITUINTE MUNICIPAL DO RECIFE, 1990.

RECIFE. Lei Nº 16.176, de 09 de abr.1996, estabelece a lei de uso e ocupação do solo da cidade do recife. **Diário Oficial do Recife**, Recife, 9 de abril de 1996

RECIFE, Lei Nº18.011, de 28 de abr.2014, dispõe sobre a Política de Sustentabilidade e de Enfrentamento das Mudanças Climáticas do Recife e dá outras providências. **Diário Oficial do Recife**, Recife, 28 de abr. 2014

RECIFE. Decreto Nº 29.220, de 11 nov. 2015. Institui as Metas de Mitigação das Emissões de Gases de Efeito Estufa para os Anos de 2017 e 2020 e dá Outras Providências. **Diário Oficial do Recife**, Recife, 11 nov. 2015.

RECIFE. Lei Municipal Nº 17.511, de 29 de dezembro de 2008. Promove a revisão do Plano Diretor do Município do Recife. **Diário Oficial do Recife**, Recife, 29 dez. 2008.

REIGOTA, M. **O que é Educação Ambiental**, in: Coleção primeiros passos. Brasiliense: São Paulo: 2004.

RICE, J. L. Public Targets, Private Choices: Urban Climate Governance in the Pacific Northwest. **The Professional Geographer**, v. 66, n. 2, p.333-344, 2013.

RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. R.; COELHO, M. S. Z. S.. Clima urbano e saúde: uma revisão sistematizada da literatura recente. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p.67-82, 2016.

ROCHA, J. V. C.; SANTOS, V. A.. Caracterização de Mudanças Climáticas na Cidade do Recife Utilizando Séries Temporais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 13, Vol. 20, p. 148-168, 2017.

ROMEIRO, V., PARENTE, V., Regularização das Mudanças Climáticas no Brasil e o Papel dos Governos Subnacionais, **In:** Motta, R.S. et al. [Org.] Mudanças do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios. Ipea, Brasília. 2011.

SANTIAGO, D. B.; GOMES, H. B.. Estudo de Ilhas de Calor no Município de Maceió/AL usando Dados Orbitais do Landsat 5. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.09, n.03, 793-803, 2016.

SANTILLI, M., CARVALHO, G., NEPSTAD, D. O Brasil e as mudanças climáticas globais. In: CAMARGO, A., CAPOBIANCO, J. P. R., OLIVEIRA, J. A. P. [Orgs]. **Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós Rio-92**. 2<sup>a</sup> ed. rev., Estação Liberdade: Instituto Socioambiental, São Paulo. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2004, 472 p.

SANTOS, E. C. A.. Clima Urbano e a Sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo Na Cidade de Bayeux – Paraíba: Subsídio ao Planejamento e a Gestão Ambiental. 2017. 133f. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA), Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Brasil, 2017.

SANTOS, J. S. Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em cidade de clima tropical úmido. 2011. 108 f. **Dissertação** (Doutorado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Brasil, 2011.

SANTOS, F. DE O.; PIMENTEL, M. R. DOS S.. Edificações e conforto térmico: a moradia como fonte de aprendizagem. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 44, p. 265–285, 2012.

SANTOS, J. S.; SILVA, V. P. R.DA; SILVA, E. R. DA; ARAÚJO, L. E. DE; COSTA, A. D. L.. Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em

Cidade Tropical Úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 03, p. 540-557, 2012.

SANTOS, O. A. A. dos.. A região metropolitana do Recife e os desafios do planejamento urbano frente à crise ambiental contemporânea. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v.8, n.1, p. 179-194, 2013.

SANTOS, T. O.; MOURA, G. B. DE A.; SILVA, B. B.; OLIVEIRA, L. M. M.; MACHADO, C. C. C.. Influence of urbanization on land surface temperature in Recife City. **Revista Eng. Agríc.**, v.33, n.6, p.1234-1244, 2013.

SANTOS, P. F. C.; NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, E. B. M.; WANDERLEY, L. S. A.; SANTOS, A. B.; SANTOS, L. A. P. Influência dos Dias Secos e Chuvosos como Condicionante das Ilhas de Calor na Cidade Do Recife – PE. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (12: 2016: Goiânia, GO). **Anais** do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. / Organizado por Alécio Perini Martins, Deise Fabiana Ely, Zilda de Fátima Mariano – Goiânia: Gráfica UFG, 2016.

SEMAS, Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Plano de Manejo – Parque Estadual Dois Irmãos**. 2014. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/1%20PLANO%20DE%20MANEJO%20com%20lei%2011%20622.pdf;10;20151015.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/1%20PLANO%20DE%20MANEJO%20com%20lei%2011%20622.pdf;10;20151015.pdf)> . Acesso em: 10 jan. 2017.

SILVA, C. F. Intervenção urbana e uso do solo na Zona Sul do Recife: análise sobre as transformações urbanas dos bairros do Pina e Boa Viagem. **Caderno de Geografia**, v.26, n.45, p.55-78, 2016

SANTOS, O. A. A. dos.. A região metropolitana do Recife e os desafios do planejamento urbano frente à crise ambiental contemporânea. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v.8, n.1, p. 179-194, 2013.

SILVA, J.F.; FERREIRA, H.S.; SANTOS, M.O.. Considerações sobre os estudos em clima urbano. **Revista Geama**, v. 2, n. 1, p. 156-170, 2015.

SILVA, E. N. DA; RIBEIRO, H.; SANTANA, P.. Clima e Saúde em Contextos Urbanos: Uma Revisão Da Literatura. **Revista Bibliográfica De Geografía Y Ciencias Sociales**, v. XIX, nº 1092, 2014.

SOUZA, D. M. NERY, J. T.. Parâmetros climáticos de Ourinhos, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 33, n. 1, p. 107-115, 2011.

SOUZA, D. M. NERY, J. T. O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia (Londrina)**, v. 21, n.2. p.65-83, 2012.

THOM, E.C. The Discomfort Index. **Weatherwise**, v.2, n.1, p.567-60, 1959.

TORRES, M.; SILVA, L. T.; SANTOS, L.; MENDES, J. F.G. Health and well-being in urban environment: From policies to practice. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 31, nº 1, p. 95-107, 2013.

TUMINI, I.; GARCÍA, E. H.; RADA, S. B.. Urban microclimate and thermal comfort modelling: strategies for urban renovation. **International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development**, v. 7, n.1, p. 22-37, 2016.

VASCONCELOS, T. L.; DE SÁ, L. A. C. M.. A Cartografia Histórica da Região Metropolitana do Recife. 2011. **Anais... 1º Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica**, Paraty, 2011.

VASCONCELOS, L.C.S; ZAMPARONI, C.A.G.P. Análise do Microclima em Cuiabá - MT: Um Estudo de Caso nos Bairros Duque de Caxias e dos Bandeirantes. **Revista Geoambiente**, v.1, n.16, p.16-33, 2011

VAREJÃO-SILVA, M. A.. **Metereologia e Climatologia**. Editora: INMET, Recife-PE. 463p., 2006.

VIANA, S. S. M.; AMORIM, M. C. C. T.. Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio/SP: Uma introdução. **Sociedade & Natureza**, v.20, n. 2, p.19-42, 2008.

ZANELLA, M. E.; MOURA, M. O.. O Clima das Cidades do Nordeste Brasileiro: Contribuições no Planejamento e Gestão Urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 9, n. 11, p. 75-89, 2013.