

## Análise de Conforto Térmico urbano da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Campus Recife (Brasil)

Symone Maria Pancrácio Falcão<sup>1\*</sup>, Ana Paula Xavier de Gondra Bezerra<sup>2</sup>, Maria de Fátima Araújo Alves<sup>3</sup>, Romildo Morant de Holanda<sup>4</sup>, João Hugo Baracuy da Cunha Campos<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil. (\*Autor correspondente: monempf@gmail.com)

<sup>2</sup>Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

<sup>3</sup>Mestranda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

<sup>4</sup>Doutor em Recursos Naturais, Professor em Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

<sup>5</sup>Doutor em Recursos Naturais, Professor em Universidade Estadual da Paraíba, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 24/09/2019 – Revisado em: 17/10/2019 – Aceito em: 27/10/2019

### RESUMO

A expansão urbana desalinhada ao planejamento ambiental resulta em alterações sensíveis à qualidade de vida da população, geram microclimas específicos que podem ocasionar o desconforto térmico. Nesse sentido, objetivou-se nessa pesquisa estudar a dinâmica do sistema climático urbano do bairro de Dois de Irmãos a partir da análise do campo térmico e de suas relações com o uso e a ocupação do solo. A área de estudo compreende Campus Recife da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, localizado no bairro de Dois Irmãos na cidade do Recife/PE. A metodologia foi conduzida com base nas seguintes etapas; mapeamento do uso e ocupação; instalação de sensor tipo Hobo U-Series Data Logger; coleta de parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar, e por fim realização o cálculo do nível de conforto térmico (IDT). Verificou-se que a variação do índice de desconforto térmico entre os pontos estudados foram de 0,36 °C e 0,31 °C nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. E a comparação entre os valores médios das variáveis analisadas registrou uma redução de 0,59 °C na temperatura do ar e acréscimo de 2,84% na umidade relativa e, conseqüentemente, numa redução de 0,91 °C no Índice de Desconforto de Thom. Conclui-se que ambos os pontos apresentaram um desconforto térmico, ainda que apresente vasta quantidade de áreas verdes, ainda é deve-se implantar estratégias de amenização climática. Esse estudo subsidiar o plano diretor do Campus.

Palavras-Chaves: microclima urbano, planejamento ambiental, sensação térmica, Mata de Dois Irmãos.

## Urban Thermal Comfort Analysis of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) - Campus Recife (Brazil)

### ABSTRACT

The urban expansion misaligned to environmental planning results in changes sensitive to the quality of life of the population, generate specific microclimates that can cause thermal discomfort, and the objective of this research was to study the dynamics of the urban climate system of the neighborhood of *Dois Irmãos* from the analysis of the thermal field and its relations with the use and occupation of land. The study area comprises the Recife *Campus* of the Federal Rural University of Pernambuco - UFRPE, located in the neighborhood of *Dois Irmãos* in the city of Recife/PE. The methodology was conducted based on the following steps; mapping of use and occupation; installation of a Hobo U-Series Data Logger sensor; collection of temperature and relative humidity parameters, and finally the calculation of the thermal comfort level (IDT). It was verified that the variation of the index of thermal discomfort between the studied points was 0.36 °C and 0.31 °C in the dry and rainy periods, respectively. And the comparison between the mean values of the variables analyzed registered a reduction of 0.59 °C in air temperature and increase of 2.84% in relative humidity and, consequently, a reduction of 0.91 °C in the Thom Discomfort Index. It is concluded that both points presented a thermal discomfort, although it presented a quantity of green areas, it is still necessary to implement climate mitigation strategies. This study subsidize the master plan of the *Campus*.

**Keywords:** urban microclimate, environmental planning, thermal sensation, Forest Dois Irmãos.

## 1. Introdução

Dentre os fatores que influenciam a queda na qualidade de vida das populações, está a expansão acelerada das cidades sem o devido planejamento urbano. Atrelado a este fator, o crescente aumento da população urbana ocasionou uma série de problemas socioambientais principalmente nas condições climáticas dos centros urbanos (Sant'anna Neto, 2011).

A rápida implantação de infraestrutura nas grandes cidades brasileiras, tais como Recife (Pernambuco), sem planejamento urbano, devido às ações antrópicas, resultaram em aspectos como a elevação nos percentuais de áreas com solos impermeabilizados (Santos et al., 2017); aumento no valores das temperaturas de superfície terrestre (Santos et al., 2013); formação de ilhas de calor (Lucena et al., 2012); incremento no albedo (Gomes, et al. 2017); degradação da qualidade do ar em função do alto fluxo de veículos e adensamento de edificações (Bender; Dziedzic, 2014). Quando a dinâmica da população da cidade, há interferência nos parâmetros atmosféricos do ar, na estocagem de calor e albedo, evapotranspiração, e balanço de energia na superfície, temos como resultado o clima urbano que é inerente a essas regiões (Silva, 2016).

Desta forma, nota-se através do supracitado a presença conceitual do Clima Urbano proposto por Monteiro (1976), que o descreve como um sistema complexo, aberto e adaptativo com abrangência urbana. Tal teoria mensura o comprometimento do sistema atmosférico em função da sucessão dos fenômenos de urbanização. A partir disso, iniciou-se uma série de estudos sobre a temática no Brasil, visando contribuir para elaboração de medidas de planejamento urbano, além de prognósticos e diagnósticos das condições ambientais.

Estabelecer e compreender as diferenças do clima dentro das escalas espaciais e temporais urbanas são fundamentais em estudo de Climatologia Urbana. Nesse sentido, Oke (2004) subdivide os estudos climáticos de áreas urbanas em escalas horizontais que são amplamente adotadas, trata-se dos microclimas, topoclimas e mesoclimas, e escalas verticais, a nível de camadas e sub-camadas. A formação de microclimas advém de um desvio climático, em determinada região, das características a ela atribuídas, sendo efeito das modificações realizadas pelo homem no seu entorno (Paiva; Zanella, 2014). As análises de ordem microclimática ganharam destaque nos estudos de Climatologia Urbana, pois permitem identificar alterações climáticas de forma mais detalhada e o desenvolvimento de estudos ambientais de intervenção para uso e ocupação do solo (Labaki et al., 2013).

As alterações microclimáticas estão diretamente relacionadas com o uso e ocupação do solo, bem como pavimentação e arborização que de acordo com sua distribuição podem estabelecer condições favoráveis para o conforto térmico. A ASHRAE (2001) define a condição de conforto térmico como um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico no qual o indivíduo está envolvido.

No geral, os estudos sobre conforto térmico tanto em ambientes internos quanto externos utilizam índices na determinação de faixas de sensação térmica, a partir de modelos baseados nas variáveis ambientais de temperatura e umidade relativa do ar. Tais índices visam indicar a condição de conforto/desconforto para um local em determinado período. E embora possam ser realizadas simulações do ambiente térmico urbano, é recomendável que essa seja validada com base em medições de campo, a fim de estabelecer confiança e obter insights úteis (Oke et al., 2017).

Uma vez que as alterações no espaço urbano podem modificar a estrutura climatológica local, regiões urbanas que mantêm sob seu seio aspectos de preservação e manutenção de ambientes naturais conseguem dar suporte ao conforto térmico, sendo de extrema importância a existência e perenidade de ambientes que favoreçam esta condição; instituições públicas, parques, reservas urbanas são exemplos de regiões que fomentam o conforto térmico mediante urbanização.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pode ser levantada como ambiente marcante na estabilidade climática em Recife; sua vasta área de grande preservação ambiental subsidia um conforto térmico para os moradores locais e os estudantes da instituição federal que frequentam seus três turnos diários. Entender a dinâmica local desta região é relevante para que se possa aplicar não só medidas

protetivas, mas também a possibilidade de replicação em novos ambientes, caso haja possibilidade.

Diante disso, compreender as alterações no campo térmico urbano é fundamental para estabelecer a configuração do espaço urbano por meio das diferentes formas de uso e ocupação do solo. Isso foi evidenciado no estudo de Houet e Pigeon (2011), no qual foram elaborados mapas climáticos em função do uso do solo e cobertura dos componentes no espaço interurbano em que foram percebidas as alterações nas condições do campo térmico local em função da disposição de tais elementos, visando o planejamento de tais elementos urbanos.

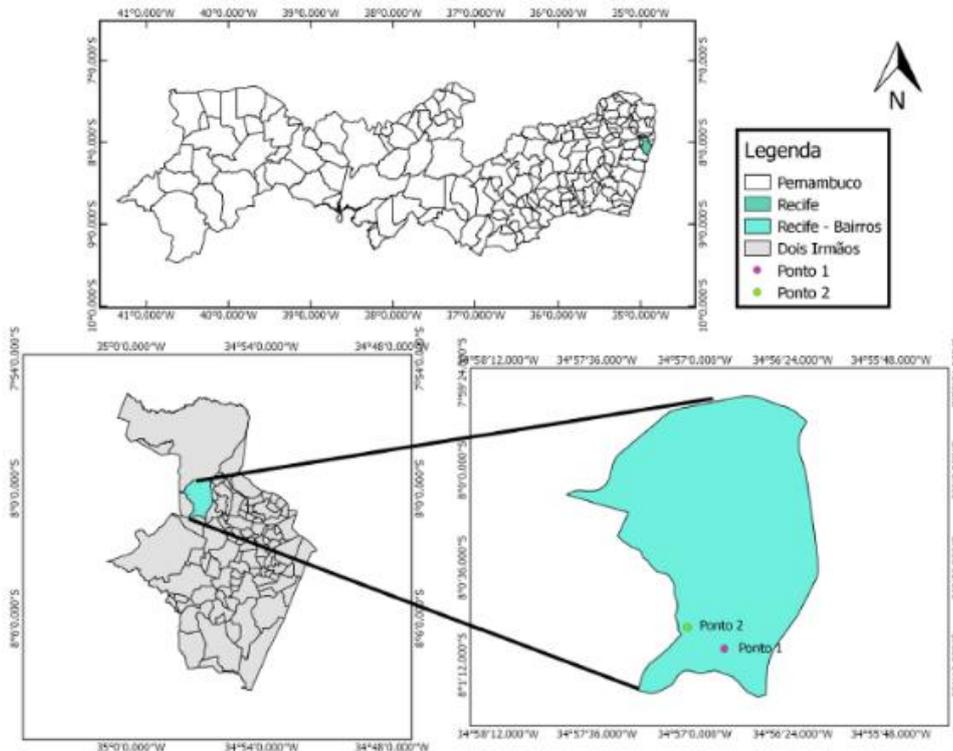
Portanto, o presente estudo objetivou analisar possíveis alterações microclimáticas na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Campus Recife, compreendendo a influência do uso e ocupação do solo nas variáveis climáticas e no conforto térmico humano.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de Estudo

A área de estudo é referente ao Campus Recife da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, localizado no bairro de Dois Irmãos pertencente ao município de Recife, estado de Pernambuco (Figura 1), entre as coordenadas planas UTM 287000mN 290800mE, e 9111800mN e 9108000mN. A UFRPE está inserida no bairro de Dois Irmãos, Região Político Administrativa 3 (RPA 3), com área territorial de 585 ha e população residente de aproximadamente de 2.566 habitantes (PCR, 2017).

**Figura 1.** Localização do bairro de Dois Irmãos

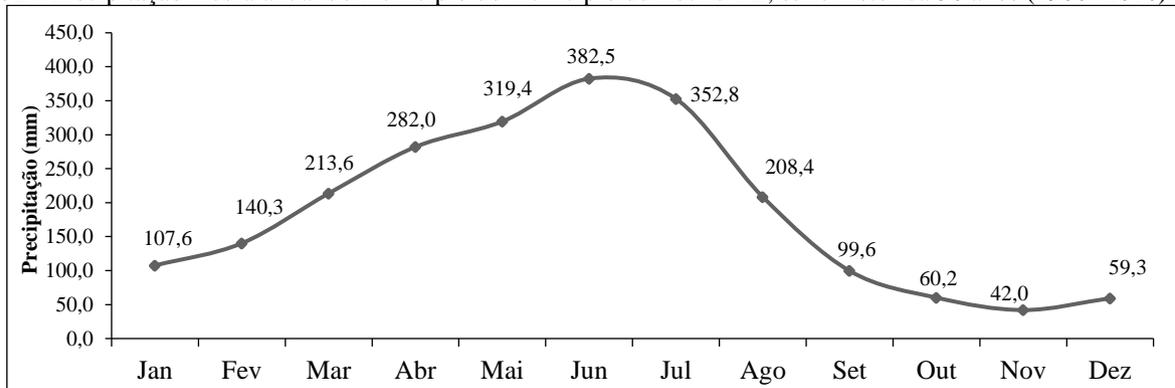


O bairro de Dois Irmãos possui um dos mais representativos remanescentes de Mata Atlântica do município de Recife, com expressiva cobertura vegetal desempenhando papel fundamental na amenização do microclima e na manutenção de mananciais hídricos (Semas, 2014).

O clima do Recife é classificado como Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental conforme Alves Mendonça e Danni-Oliveira (2007), e recebe influência das massas de ar advindas do Oceano Atlântico (MEAS - Massa Equatorial Atlântica - Marítima, MTA - Massa Tropical Atlântica, MPA - Massa Polar Atlântica – Marítima). O município apresenta elevados índices pluviométricos anuais, com média de 2.500 mm, e as temperaturas médias anuais mensais são superiores a 18 °C. Vale ressaltar, que a dinâmica microclimática da cidade é significativa e está principalmente relacionada à disposição de sua configuração urbana (Mendes, et al. 2018).

A ocorrência de chuvas de outono-inverno se concentra nos períodos de março a agosto com médias superiores a 200 mm, e entre os meses de novembro e março menores ocorrência de precipitação e temperaturas mais elevadas, considerando esta última como a estação seca (Alves; Mendonça e Danni-Oliveira, 2007). Nesse sentido, o recorte temporal do presente estudo visou abranger ambas características do sistema climático da cidade do Recife, que compreende os meses de março (06/03 a 02/04) e o de maio (01/05a 31/05) do ano de 2017, a fim de representar as estações seca e chuvosa respectivamente (Figuras 2 e 3).

**Figura 2** - Precipitação média anual do município do município de Recife-PE, série histórica 36 anos (1980- 2016)



Fonte: APAC (2017).

**Tabela 1.** Estatísticas da Precipitação média anual (mm), Desvio Padrão, Precipitação Máxima Absoluta (mm), Precipitação Mínima Absoluta (mm) de série histórica 36 anos (1980-2016) para o município de Recife-PE

Variável	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Precipitação média	107,6	140,3	213,6	282,0	319,4	382,5	352,8	208,4	99,6	60,2	42,0	59,3	2245,4
Desvio Padrão	69,4	104,6	130,6	159,1	154,0	150,9	139,4	90,4	70,7	44,1	25,4	47,1	521,6
Precipitação Máxima absoluta	276,4	376,1	521,4	647,4	755,7	709,0	657,3	443,4	336,1	170,5	102,8	181,9	3441,1
Precipitação Mínima absoluta	12,3	18,8	26,8	55,8	59,5	86,7	135,0	46,8	19,7	8,7	8,7	6,5	1249,7

## 2.2 Coleta de dados

Definiu-se os pontos de coleta com base no aspecto da localização espacial com diferentes padrões de

uso e ocupação do solo, como também devido a segurança do local. A coleta de dados consiste na obtenção dos parâmetros relativos a Umidade Relativa do ar (UR) e Temperatura do ar ao longo do dia, para posterior cálculo de respectiva média diária, além da precipitação média mensal para discussão teórica. Optou-se por seguir as recomendações propostas por Costa (2007) que determina que a disposição dos equipamentos deva ser ao ar livre, em virtude da importância da ventilação para o contexto climático.

O Ponto 1 refere-se a Estação Meteorológica da UFRPE Campus Recife, inserido no Departamento de Engenharia Agrícola. O Ponto 2 corresponde a área próxima da guarita principal do Campus, próximo ao prédio da Reitoria (Quadro 1).

**Quadro 1.** Localização dos pontos de coleta de dados.

PONTO	BAIRRO	LATITUDE (Y)	LONGITUDE (X)	ALTITUDE
Ponto 1	Estação da UFRPE	8°01'07.49" S	34°56'50.16" W	6m
Ponto 2	UFRPE - Reitoria	8°00'58.18" S	34°57'02.37" W	8m

Fonte: Autor (2017).

Realizou-se em ambos uma caracterização visual da área por meio de agrupamento de fotografias (Figura 3), e coleta das informações de coordenadas georreferenciadas pelo equipamento Etrex Vista-Garmin (Quadro 1).

**Figura 3.** Imagens dos Pontos Experimentais (a) Ponto 1, Estação da UFRPE; (b) Ponto 2, Reitoria



Anteriormente a etapa de instalação do sensor termo-higrômetro, realizou-se um teste entre este, da ONSET de modelo HOBOUX100-003 com precisão dentro de 3.5% e sistema *datalogger*, e o equipamento da Estação Meteorológica da UFRPE, com intuito de verificar as variações dos valores das temperaturas e da umidade relativa do ar para estabelecer um mesmo padrão. Esse teste foi realizado durante um período de 5 dias cujo sensor experimental foi fixado na estação para obtenção das medições, e a partir disso calcular a amplitude e seus ajustes para equiparação ou normalização dos parâmetros, ficando nos padrões do sensor (Figura 4).

**Figura 4.** Realização de testes na estação da UFRPE



A partir de realização da normalização dos equipamentos, instalou-se no Ponto 2 um abrigo Meteorológico constituído de tripé e proteção contra radiação solar e chuva, instalado a 1,10m de altura a partir do chão, conforme orienta a Norma ISO 7726 (1998). Para a medição da temperatura do ar, é necessário que o sensor esteja protegido da radiação solar e de outras fontes de calor (superfícies vizinhas). Em sua confecção, empregaram-se os seguintes materiais: tijolo (como base de suporte), cano galvanizado (para fixar o protetor), flange (para fixar os pratos); pratos de plástico leitoso, parafusos e rosca (que serviram para fixar o prato e o espaço necessário para fixação do sensor) (Figura 5).

**Figura 5.** Tripé e o abrigo confeccionado para instalações dos sensores. a) Tripé adaptado b) Proteção Adaptada



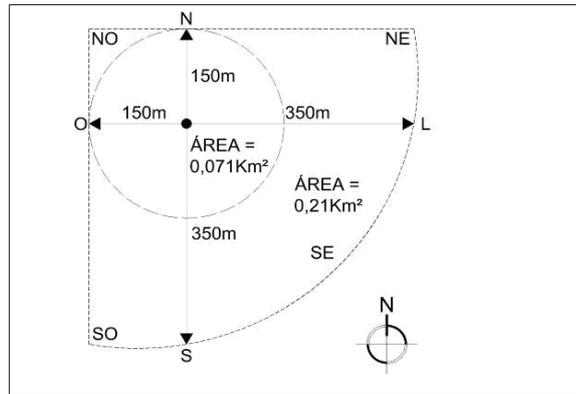
### 2.3 Mapeamento do uso e ocupação do solo

Capturou-se as coordenadas dos limites do Campus da UFRPE pelo equipamento Etrex Vista-Garmin, visando a etapa de georreferenciamento da área de estudo. Para a confecção de mapas de uso e ocupação do solo, identificou-se atributos da área de acordo com observação *in loco*. Nessa etapa foram estabelecidas ao longo das análises, classes de uso e ocupação, como: (1) áreas verdes, (2) cobertura de edificações, (3) padrões de uso do solo e (4) pavimentação, em que se utilizou do método proposto por Katzschner et al. (2002).

Portanto, em ambos pontos de coleta, determinou-se uma distância de 150m do centro de cada ponto no sentido norte oeste e um raio de 350m nas direções leste e sul (Figura 6), de modo que o total resulte em 500 m, que corresponde à medida de 0,5 km defendida por Oke (2004). Tal metodologia é capaz de analisar a influência da ventilação no 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.

Obtiveram-se imagens do *software* Google Earth Pro com resolução de 4800×3200 pixels. As mesmas foram georreferenciadas e utilizadas para composição de mapas por meio de técnicas de Sistemas de Informações Geográficas com auxílio Qgis 2.18.

**Figura 6.** Área de análise de uso e ocupação do solo em cada ponto de coleta



Fonte: Costa (2007).

## 2.2. Análise de Conforto térmico

Para analisar o nível de conforto térmico nos pontos monitorados, tanto no mês seco como no chuvoso, utilizou-se o índice bioclimático proposto por Thom (1959), para descrever a sensação térmica que uma pessoa experimenta devido às condições climáticas. Este índice fornece uma medida razoável do grau de desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar.

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

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

Onde:

T é a temperatura do ar (°C) e

UR é a umidade relativa do ar (%).

O IDT foi desenvolvido tomando como base as regiões de clima temperado, sendo que o presente estudo está inserido no clima tropical, portanto a análise será baseada no estudo de Santos (2011) ajustada para as condições tropicais adaptada para cidade João Pessoa-PB. Considerado as mesmas condições climáticas da cidade do Recife-PE, os novos valores do índice de Thom são ajustados e indicam níveis de conforto significativamente diferentes daqueles propostos por Giles e Balafoutis (1990) (Quadro 2).

**Quadro 2.** Faixa de classificação do Índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas da cidade de João Pessoa.

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

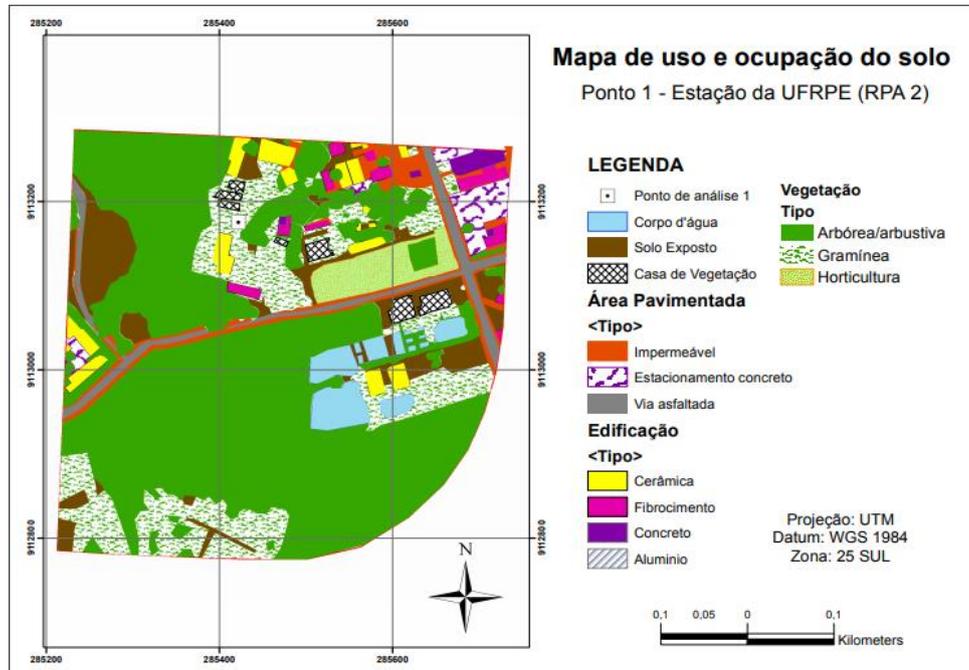
Fonte: Santos (2011).

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Uso e Ocupação do solo

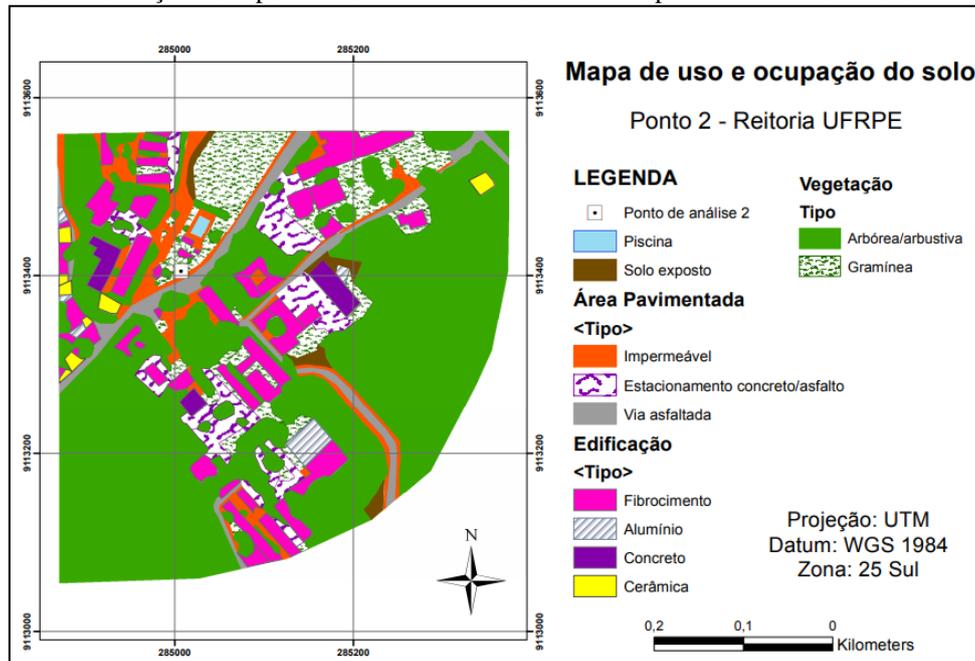
Foram identificados sete tipos de ocupação do solo, sendo: edificações; corpos hídricos; vegetação; solo exposto; área pavimentada; casas de vegetação e vias de acesso do campus. A partir das classes de ocupação do solo da área de estudo, identificou-se em algumas classes secundárias para os diferentes tipos de uso de desses espaços; como as coberturas das edificações; os usos das pavimentações; e os tipos de vegetação (Figura 7 e 8).

**Figura 7.** Caracterização dos tipos variados de cobertura do solo no ponto 1 referente à Estação Meteorológica da UFRPE.



O Ponto 1, 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 (Figura 7). 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 (denominada *Transrural*) e baixo fluxo de veículos, localizada ao lado da reserva de Mata Atlântica. Ainda na Figura 7, 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. A caracterização das variadas coberturas do solo no ponto 2 do estudo é exposta na Figura 8.

**Figura 8.** Caracterização dos tipos variados de cobertura do solo no ponto2 referente à Reitoria da UFRPE.



O Ponto 2, situa-se próximo ao prédio central do Campus da UFRPE e está inserido numa área de recobrimento do solo com herbáceas que fica ao lado de uma rua com pavimentação asfáltica (Figura 8). Nas direções noroeste, oeste e sul, encontra-se área edificada com cobertura em telha cerâmica e pavimentação de concreto tipo próprio para calçada. Percebe-se também área de maior aglomerado urbano a noroeste, e áreas com solo impermeabilizado que reduzem a taxa de evapotranspiração e por consequência acabam aumentando a temperatura do ambiente em relação ao Ponto 1.

Dessa forma, é possível afirmar que a cobertura do solo e das edificações atua nos processos de troca de energia e calor na superfície, influenciando nos valores médios de temperatura (aumentando) e na umidade relativa do ar (diminuindo) quando comparados ao ponto de controle (Ponto 1). Isso se deve ao fato dos materiais presentes (cerâmica, alvenaria, concreto, asfalto) possuírem propriedades físicas que aumentam a estocagem de calor e não o dissipam na superfície, de modo a contribuírem para aumento do desconforto térmico das áreas.

A caracterização física do uso e ocupação do solo na área do campus da UFRPE serviu para

demonstrar as intervenções antrópicas no espaço urbano do bairro de Dois Irmãos. 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.

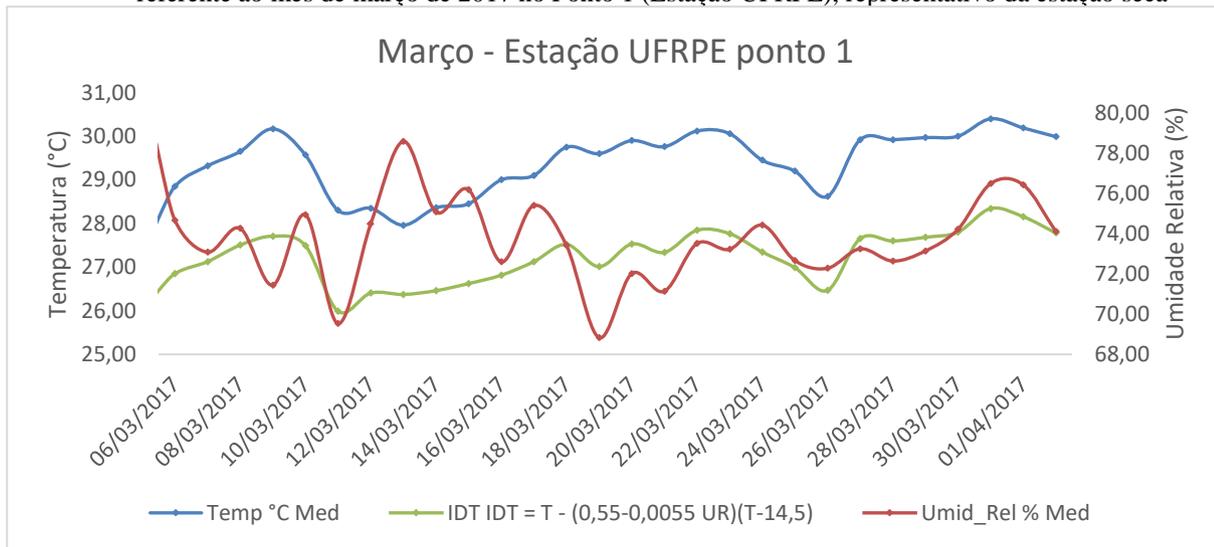
### 3.2 Conforto Térmico

Os valores médios diários da temperatura e umidade relativa do ar (UR) (Tabela 2) resultaram em índices de conforto (IDT) (Figuras 9 e 10), que permitiram identificar um quadro de desconforto térmico existente na região, de acordo com a classificação de Santos (2011). Essa situação ocorreu durante o mês de março em ambos os pontos de análise (estação seca e chuvosa).

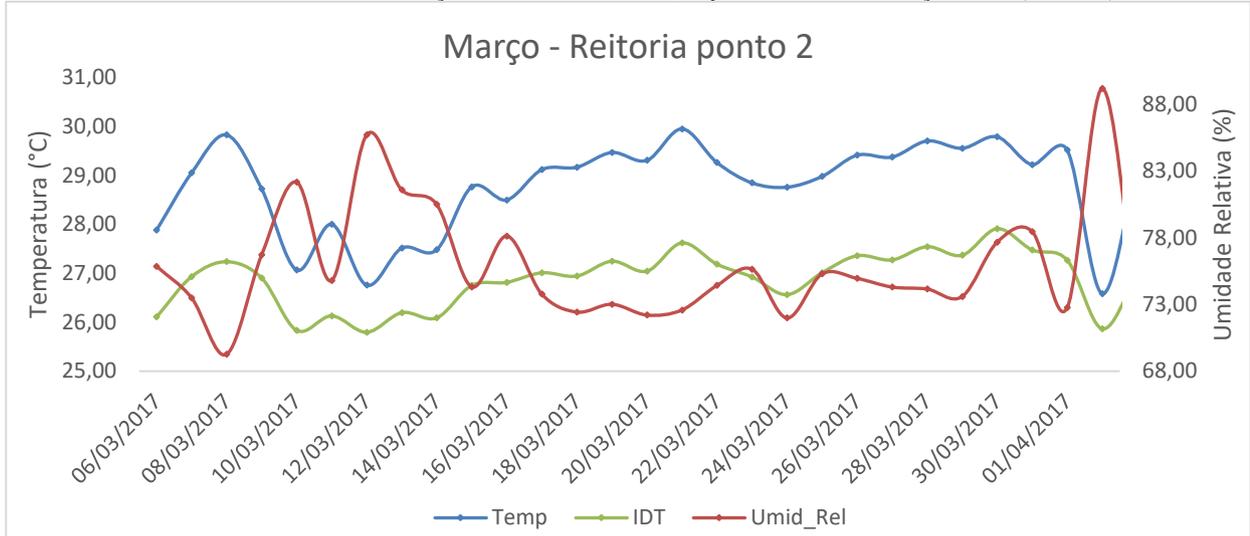
**Tabela 2.** Temperatura média do ar e umidade relativa média do ar para cada ponto analisado nos dois períodos na área de estudo.

Pontos	Temperatura média do ar (°C)		Umidade relativa do ar (%)		Índice de Thom (%)	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
P01	29,38	27,64	73,86	77,53	27,24	26
P02	28,79	28,04	75,92	77,94	26,88	26,31
<b>Média</b>	<b>29,08</b>	<b>27,84</b>	<b>74,89</b>	<b>77,73</b>	<b>27,06</b>	<b>26,15</b>

**Figura 9.** Demonstrativo da temperatura e umidade relativa média diária e índices de desconforto de Thom (IDT) referente ao mês de março de 2017 no Ponto 1 (Estação UFRPE), representativo da estação seca



**Figura 10.** Demonstrativo da temperatura e umidade relativa média diária e índices de desconforto de Thom (IDT) referente ao mês de março de 2017 no Ponto 2, representativo da estação seca (Ponto 2).



No caso do Ponto 1, apenas em um dia (11/03/17) o valor do IDT demonstrou que a sensação térmica foi parcialmente confortável e neste dia sua temperatura média foi de 26,7°C, valor abaixo da média mensal que foi de aproximadamente 27°C. A umidade relativa decresceu de valor de 82,17% para 74,79%, tais variáveis climáticas influenciaram diretamente na amenização do conforto térmico. Nesse ponto de análise os valores médios da Temperatura e Umidade Relativa ficaram situados entre 30,4°C e 73,7% respectivamente (Figura 9).

Nascimento et al. (2017), comentam sobre a elevação da temperatura média e redução da Umidade Relativa do ar em Regiões de clima tropical, ocorre devido aos fenômenos de impermeabilização do solo com materiais que elevam a sensação de calor gerando um desconforto térmico. Esse fenômeno também foi identificado dentro escala microclimática aqui estudada, em que a presença de elementos urbanos (edificações, pavimentação, vias) favoreceu um quadro de desconforto térmico no Ponto 2 do dia 18/03/2017 ao dia 30/03/2017, tendo neste último o IDT atingido 27,91°C (Figura 10). Nesse Ponto, o número de dias classificados como desconfortáveis pelo nível de IDT foi maior quando comparado ao Ponto 1 com menor presença de elementos urbanos.

Numa análise comparativa do Ponto 1 (ponto de controle) com o Ponto 2 (Figura 10), percebe-se diferença de apenas 0,3°C na Temperatura Média e de cerca de 2 % na diferença de Umidade Relativa. Isso revela que, ainda com a forte presença de vegetação no Ponto da Estação Meteorológica, as características físicas do entorno do ponto (edificações, impermeabilização do solo, solo exposto) não favoreceram condições de conforto térmico, estabelecidas por meio do microclima da região. Já os valores médios das variáveis climáticas no Ponto 2 foram de 26,8°C para Temperatura do ar e 75,9% de Umidade Relativa. E os níveis de IDT na maioria dos dias demonstraram que existe um desconforto térmico conforme a classificação de Santos (2011), com valores entre 25,8°C e 27,6°C (Figura 10).

O quadro de desconforto térmico durante o mês pertencente a estação mais quente (março) corrobora com os estudos de Nóbrega e Lemos (2011) para o município de Recife, a qual a área estudada está inserida. Os autores comentam durante a estação mais quente o desconforto por ser mais intenso é fortemente percebido pela população, visto que nos meses chuvosos essa situação é amenizada devido às precipitações

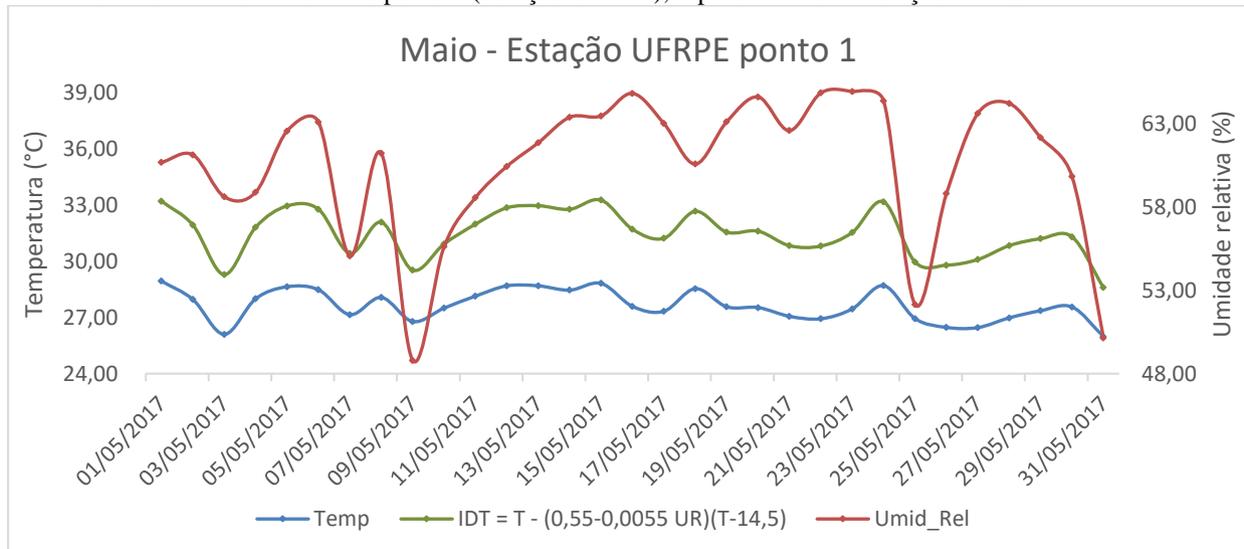
mais intensas e frequentes do período climático.

Em cenários futuros isso pode se agravar, caso a ocupação urbana ocorra sem devido planejamento dos elementos urbanos. A utilização de materiais de cobertura de edificações com elevado albedo e aumento da impermeabilização do solo por meio de pavimentação, são exemplos de impactos negativos no conforto térmico (Silva et al., 2018). Contudo, a preservação da vegetação, principalmente as de elevado dossel proporciona maior conforto térmico, e aumenta resiliência ao estresse térmico. Tal resiliência consiste na capacidade do espaço de suportar suas atividades normais ao experimentar temperaturas fora da faixa confortável (Sharifi, Sivam e Boland, 2016).

Os autores López, Lucchese e Andreasi (2015) em pesquisa sobre conforto térmico num ambiente interno escolar de uma região quente-úmida, que assim como o presente estudo trata-se de um local acadêmico, demonstram que nesse âmbito é necessário estabelecer estratégias bioclimáticas visando o conforto térmico dos usuários. Dentre essas, estão a alocação de dispositivos de sombreamento em áreas externas e o favorecimento do aumento da velocidade do ar nesses ambientes. A velocidade do ar afeta as perdas de calor por convecção e por evaporação do corpo humano e, portanto, influencia diretamente nas condições de conforto térmico (Cândido et al., 2010).

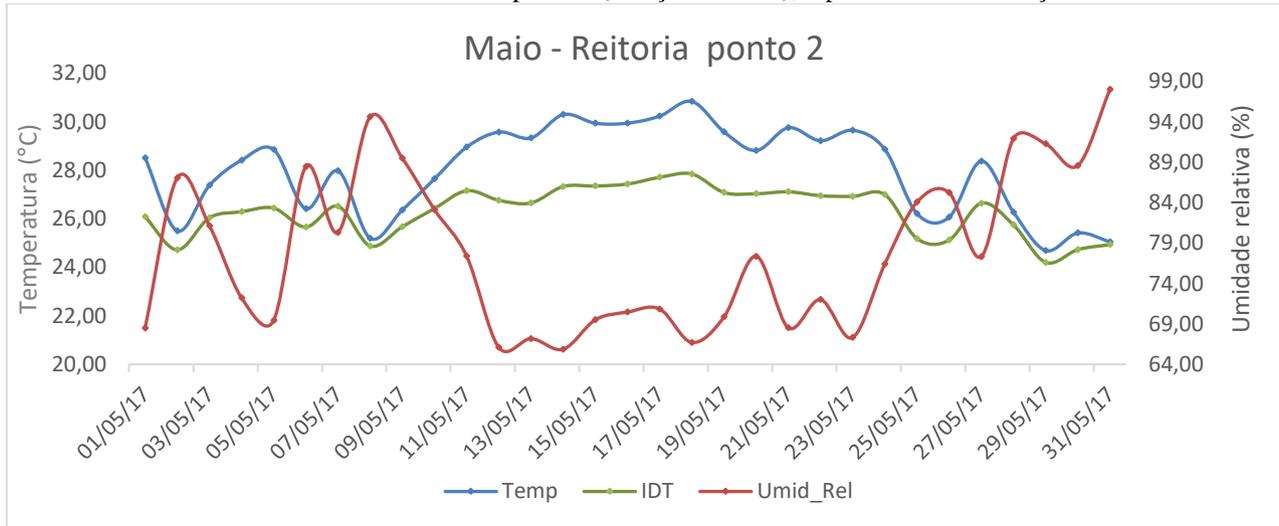
Entretanto, elevadas taxas de ventilação que garantem qualidade do ar e conforto térmico no ambiente interno podem causar efeitos negativos no conforto acústico, visto que geram ruído de fundo e permitem a entrada de ruído externo (Mujan et al, 2019). Nesse sentido, é fundamental um planejamento ambiental dos espaços urbanos que considere além das variáveis micrometeorológicas, respostas das pessoas e o tipo de atividades a serem desenvolvidas. A análise dos dados no Ponto 1 durante a estação chuvosa demonstrou que ocorreu uma redução de 30,4°C na temperatura média para 27,6°C, conforme já comentado isso ocorre devido ao fato de ser início do período dos eventos intensos de precipitação. Logo, observou-se o aumento nos valores médios da UR que se situam em sua maioria acima de 80%, com uma média de 77,5% para o período (Figura 11).

**Figura 11.** Demonstrativo da temperatura e umidade relativa média diária e índices de desconforto de Thom (IDT) referente ao mês de maio de 2017 no ponto 1 (Estação UFRPE), representativo da estação chuvosa.



Ainda no Ponto 1, os níveis de IDT apresentaram valor médio de 26°C, demonstrando que há uma modificação na situação de desconforto térmico durante o período chuvoso (Figura 11) classificada como parcialmente desconfortável.

**Figura 12.** Demonstrativo da temperatura e umidade relativa média diária e índices de desconforto de Thom (IDT) referente ao mês de maio de 2017 no ponto 2 (Estação UFRPE), representativo da estação chuvosa.



As diferenças na temperatura e consequentemente no conforto térmico durante o período chuvoso também puderam ser notadas no Ponto 2 (Figura 12). As variáveis climáticas analisadas apresentaram valores médios semelhantes do Ponto 1, que foram, portanto; o IDT 26,3°C; a umidade relativa 77,9 % e temperatura média 28,0°C. Verificou-se variação do índice de desconforto térmico entre os pontos de 0,36 e 0,31 °C nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. A comparação entre os valores médios das variáveis analisadas entre o período seco e chuvoso indicou redução de 0,59 °C na temperatura do ar e acréscimo de 2,84% na umidade relativa e, tendo como consequência redução de 0,91 °C no Índice de Desconforto de Thom.

Observou-se que mesmo com a realização dos experimentos em períodos distintos não ocorreu variação significativa entre as estações. Porém foi verificado que a variação do desconforto térmico entre o período seco e chuvoso não foi suficiente para modificar o estado de conforto térmico. Pois em ambos identificou-se um quadro de desconforto térmico.

#### 4. Conclusões

Conclui-se que ambos os pontos de análise apresentaram um desconforto térmico para as populações transeuntes, mesmo o ponto 01 apresentando influência da mata atlântica. Ou seja, as variações dos valores de temperatura e umidade registrados no campus, não produziram diferentes sensações térmicas e de conforto, sendo classificada na estação seca e chuvosa como desconfortável.

Com relação ao uso e ocupação do solo, observou-se que o campus ainda possui grande quantidade de áreas verdes, devido sua inserção em Unidade de Conservação (UCN) do município de Recife. Em contrapartida, há necessidade de melhoria em algumas áreas, por meio de implantação de estratégias a fim de promover conforto térmico aos usuários desse espaço, como reforço de sombreamento e incremento na

circulação de ar.

As informações contidas neste estudo poderão contribuir na definição de técnicas de amenização climática adequadas à configuração do espaço urbano do campus. Bem como, subsidiar o plano diretor do campus da UFRPE. Recomenda-se para pesquisas futuras a ampliação de pontos de análise e inserção de outras variáveis climáticas como a radiação solar, direção e velocidade dos ventos, temperatura do solo e precipitação (mm).

## 5. Agradecimentos

Agradecemos ao Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos (Grupo de Pesquisa CITAR) do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPQ/UFRPE).

## 6. Referências

Alves, E. D. L.; Mendonça, F.; Danni-Oliveira, I. M. (2007). **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficinas de Textos. 206 f.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Monitoramento Pluviométrico. Disponível em: [http <://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php >](http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php). Acesso em: 21 set. 2017.

ASHRAE -American Society of Heating and Air Conditioning Engineers.Physiological principles for comfort and health. (2001). *In: **Handbook Fundamentals***. Atlanta, p. 8.1 – 8.2.

Bender, A. P.; Dzedzic, M. Dispersão de poluentes nos eixos estruturais em Curitiba (PR), Brasil. (2014). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Edição Especial, v. 19,p. 31-42.

Cândido, C., De Dear, R. J., Lamberts, R., & Bittencourt, L. (2010). Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. **Building and Environment**, v. 45, p. 222-229.

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

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

Gomes, H. B.; Cavalcante, L. B.; Silva Junior, R. S.; Santos, M. N. (2017). Surface temperature and albedo in the Ilha Solteira Region, São Paulo. **Mercator**, Fortaleza, v. 16, e16018.

Houet, T.; Pigeon, G. (2011). Mapping Urban Climate zones and quantifying climate behaviors – An application on Toulouse urban area (France). **Environment Pollution**, v.26, n.159, p. 2180-2192.

ISO - International Organization for Standardization. (1998). **ISO 7726**: ergonomics: instruments for measuring physical quantities. V. 7726.Genève: ISO.

Katzschener, L.; Bosch.; Ulrike, Rottgen, M. (2002). Behaviour of people in open spaces in in dependency of thermal comfort conditions. **International conference on passive and low energy architecture**, France, 19.

Labaki, L.C., Santos, R.F.S., Bueno-Bartholomei, C.L., Abreu, L.V.A. (2013) Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Mudanças climáticas e o impacto das cidades: Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42.

López, V.; Lucchese, J. R.; Andreasi, W. A. (2015). Avaliação do conforto térmico na região quente e úmida do Paraguai: uma comparação entre três metodologias. **International Journal of Civil & Environmental Engineering** , v. 15, n. 6, p. 26-31.

Lima Mendes, T. G., do Nascimento, P. T. B., de Melo Bezerra, J., dos Anjos, L. S., & Nóbrega, R. S. (2018). Avaliação de índices de conforto térmico ambiental nos bairros de Recife-Pernambuco (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 136-147.

Lucena, A. J.; Filho, O. C. R.; França, J. R. A.; Peres, L. F.; Xavier, L. N. R. (2013). Urban climate and clues of heat island events in the metropolitan area of Rio de Janeiro. **Theoretical and applied climatology**, 111(3-4), 497-511.

Monteiro, C.A.F. (1976). **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEO/USP.

Mujan, I., Anđelković, A. S., Munćan, V., Kljajić, M., & Ružić, D. (2019). Influence of indoor environmental quality on human health and productivity-A review. **Journal of cleaner production**, v. 217, p. 646-657.

Nascimento, J. G. D. (2018). Avaliação do índice de conforto térmico em pontos representativos da malha urbana da cidade de Bayeux (PB). **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 3, p.53 – 62.

Nóbrega, R.S.; Lemos, T.V.S. (2011). O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Recife. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 28, n. 1, 2011, p. 93-109.

Oke, T. R.; Mills, G.; Christen, A.; Voogt, J. A. (2017). **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University.

Oke, T.R. (1978). **Boundary layer climate**. London: Methuen. 464p.

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

Oke, T.R. (2004).**Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. World Meteorological Organization, Geneva: IOM ReportTD.

Paiva, F. I. B.; Zanella, M. E. (2014) Microclimas urbanos na área central bairro da Messejana, Fortaleza/CE. **Revista Equador (UFPI)**, v. 2, n. 2, p. 153-172.

PCR - Prefeitura do Recife. (2011). **Perfil dos Bairros do Recife**. Disponível em:

<<http://www2.recife.pe.gov.br/servico/perfil-dos-bairros>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

PCR - Prefeitura do Recife. (2012). **Lista das Unidades de Conservação do Recife**. Recife. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/Lista-das-U-do-Recife.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

Sant'anna Neto, J. L. (2011). O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8.

Santos, J.S. (2011). Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida. **Tese de Doutorado em Recursos Naturais**, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB. 133 f.

Santos, P. F. C.; Moreira, A. B.; Almeida, C. A. P.; Nóbrega, R. S. (2017). Conforto térmico e diferentes tipos de tempo meteorológico na cidade do Recife (PE). **ENTRE-LUGAR**, 8(16), 12-31.

Santos, T. O.; Moura, G. B. A.; Silva, B. B.; Oliveira, L. M.; Machado, C. C. (2013). Influence of urbanization on land surface temperature in Recife City. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 6, p. 1234-1244.

Semas - Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. (2014) **Plano de Manejo – Parque Estadual Dois Irmãos**. Pernambuco. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/EJO%20com%20lei%2011%20622.pdf;10;20151015.pdf>> . Acesso em: 10 jan. 2017.

Sharifi, E.; Sivam, A.; Boland, J. (2016) Resilience to heat in public space: a case study of Adelaide, South Australia, **Journal of Environmental Planning and Management**, 59:10, 1833-1854.

Silva, J.F.; Ferreira, H.S.; Santos, M.O.(2016). Considerações sobre os estudos em clima urbano. **Revista Geama**, 1(2), 162-175.

Silva, V. D. P. R. D., Santos, J. S., Lima, E. R. V. D., Holanda, R. M. D., Sousa, E. P. D., & Araújo, L. E. D. (2018). Future scenarios of thermal bioclimatic conditions in a humid tropical city under urban development. **Revista Ambiente & Água** [online], v. 13, n. 15.

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

### **Informações adicionais**

**Como referenciar este artigo:** Falcão, S.M.P., Bezerra, A.P.X.G., Alves, M.F.A., Holanda, R.M., Campos, J.H.B.C. (2019). Análise de Conforto Térmico urbano da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Campus Recife (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.7, n.1, p.70-85.



Direitos do Autor. A Revista Brasileira de Meio Ambiente utiliza a licença Creative Commons - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), no qual, os artigos podem ser compartilhados desde que o devido crédito seja aplicado de forma integral ao autor (es) e não seja usado para fins comerciais.