



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE –
PRODEMA
-MESTRADO-



DISSERTAÇÃO

Ingrid Almeida da Silva

**A FLORESTA NACIONAL DE RESTINGA\PB E SUA
INFLUÊNCIA NAS CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS DE
ÁREAS ADJACENTES**

João Pessoa - PB
2018

Ingrid Almeida da Silva

**A FLORESTA NACIONAL DE RESTINGA\PB E SUA
INFLUÊNCIA NAS CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS DE
ÁREAS ADJACENTES**

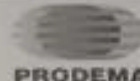
Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Paraíba como requisito para a
obtenção do título de Mestre em
Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Joel Silva dos Santos
Orientador

João Pessoa - PB
2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Programa Regional de Pós-Graduação
Em Desenvolvimento e Meio Ambiente
MESTRADO



Ata da 440ª Sessão Pública de Defesa de Dissertação do **Ingrid Almeida da Silva** do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, na área de Gerenciamento Ambiental. Aos vinte e nove dias de março de dois mil e dezoito às 14:00 horas, no Auditório do PRODEMA, no CCEN, reuniu-se, na forma e termos do art. 64 do Regulamento Geral dos Cursos e Programas de Pós-Graduação "stricto sensu" da UFPB, anexo à Resolução CONSEPE nº 12/00, a Banca Examinadora, composta pelos professores doutores Joel Silva dos Santos – PRODEMA/UFPB, na qualidade presidente/orientador, Rodrigo Bezerra Pessoa, na qualidade de membro externo, UFCCG, Eduardo Rodrigues Viana de Lima na qualidade de membro interno UFPB para julgamento da dissertação de mestrado da aluna, **Ingrid Almeida da Silva** intitulada "**A Floresta Nacional de Restinga e sua influencia nas condições microclimáticas de áreas adjacentes**". A sessão pública foi aberta pelo Prof. Dr. Joel Silva dos Santos na qualidade de presidente. Após a apresentação dos integrantes da banca examinadora, a candidata iniciou a exposição de seu trabalho. Em seguida o Prof. Dr. Joel Silva dos Santos passou a palavra ao examinador externo o Prof. Dr. Rodrigo Bezerra Pessoa, que iniciou a arguição. Na sequência, o Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima fez os seus comentários que foram finalizados pelo Prof. Dr. Joel Silva dos Santos o presidente da banca examinadora solicitou a retirada da Assembléia para, em sessão secreta, avaliar o candidato. Após a análise da banca examinadora foi atribuído o conceito (**APROVADO**), conforme o art. 65 do anexo à Resolução CONSEPE-UFPB nº 12/00. Nada mais havendo a tratar, eu, Sisannde Uchôa Borges, secretário, lavrei a presente Ata, que lida e aprovada, assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

João Pessoa/PB, 29 de março de 2018.

Sisannde Uchôa Borges
Secretário

Prof. Dr. Joel Silva dos Santos
Presidente/Orientador

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima
Avaliador interno

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra Pessoa
Avaliador externo

CPF:

FICHA CATALOGRÁFICA

S586f Silva, Ingrid Almeida da.

A Floresta Nacional de Restinga\PB e sua influência nas condições microclimáticas de áreas adjacentes / Ingrid Almeida da Silva. - João Pessoa, 2018.

116 f. : il.

Orientação: Joel Silva Santos. Dissertação (Mestrado)
- UFPB/CCEN.

UFPB/BC

CDU 332.36(043)

Ingrid Almeida da Silva

**A FLORESTA NACIONAL DE RESTINGA\PB E SUA
INFLUÊNCIA NAS CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS DE
ÁREAS ADJACENTES**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Paraíba como requisito para a
obtenção do título de Mestre em
Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Joel Silva dos Santos

Orientador – PRODEMA/UFPB

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra Pessoa

Membro Externo – UFCG

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Membro Interno – PRODEMA/UFPB

Dedico a todos que me acompanharam nesta caminhada, família e amigos. Em especial à minha mãe Carmen Almeida, que sempre me incentivou

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por permitir que eu ingressasse nessa jornada, e sem ele eu não estaria aqui.

A minha família, minha mãe Carmen Almeida que sempre me apoiou e é o meu maior exemplo de pessoa e profissional. Ao meu irmão Marcio Almeida, com quem divido tantas coisas, principalmente as rotinas difíceis, medos e frustrações. E a todos meus familiares de um modo geral, que perto ou longe sempre torcem pelo meu sucesso.

Ao meu namorado Rodrigo Torres, a quem devo gratidão por cada sorriso e cada choro que me acompanhou nesta jornada, pelo apoio e compressão nos dias mais difíceis, pelas ajudas na universidade e no campo.

A minha filha Isabela, que mesmo ainda não tendo nascido me fez ter forças para concluir essa jornada.

A todos os colegas de turma, que fizeram com que essa caminhada as vezes um pouco difícil se tornasse mais tranquila, em especial aos amigos Tatiane, Raquel, Lázaro agradeço pelos momentos descontraídos e amizade. À Gabrielle e Anne pelo apoio no campo e fora dele.

Aos professores do PRODEMA, pelos seus ensinamentos e atenção dentro e fora das salas de aula.

Ao professor Joel Silva dos Santos, pela orientação e todo conhecimento passado ao longo desses anos.

Aos professores Lincoln Eloi e Eduardo Viana, que participaram desta banca e pelas contribuições na pesquisa.

Ao ICMbio pelo espaço para a instalação dos equipamentos, em especial ao Fabiano.

Aos colegas Carol, Cintia e Clara, por cederem um espaço nas suas residências para a instalação dos equipamentos.

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	9
Lista de tabelas.....	12
Resumo.....	13
Abstract.....	14
1. Introdução.....	15
2. Objetivos	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. Referencial teórico.....	17
3.1 A crise ambiental.....	17
3.2 O processo de urbanização e a formação do clima urbano.....	19
3.2.2 Ilhas de calor.....	23
3.2.2 Desconforto térmico.....	25
3.3 Influência da vegetação na amenização climática.....	26
4. Metodologia.....	27
4.1 Caracterização da área de estudo.....	27
4.2 Procedimentos metodológicos.....	30
4.2.1 Campo de análise do sistema clima urbano e coleta de dados.....	31
4.2.2 Uso e cobertura do solo.....	33
4.2.3 Cálculo da intensidade da ilha de calor.....	34
4.2.4 Cálculo do índice de desconforto térmico.....	34
5. Resultados e discussões.....	35
5.1 Caracterização do uso e ocupação do solo dos pontos de monitoramento.....	35
5.1.1 Ponto de monitoramento 01.....	35
5.1.2 Ponto de monitoramento 02.....	37
5.1.3 Ponto de monitoramento 03.....	40
5.1.4 Ponto de monitoramento 04.....	41
5.1.5 Ponto de monitoramento 05.....	44
5.2 Avaliação da climatologia geral da área de estudo.....	46

5.3 Comportamento das variáveis temperatura e umidade relativa do ar nos pontos de monitoramento durante o período seco	51
5.4 Análise do comportamento das ilhas de calor no período seco.....	64
5.5 Comportamento do índice de desconforto térmico no período seco.....	70
5.6 Comportamento das variáveis temperatura e umidade relativa do ar nos pontos de monitoramento durante o período chuvoso.....	74
5.7 Análise do comportamento das ilhas de calor no período chuvoso.....	82
5.8 Comportamento do índice de desconforto térmico durante o período Chuvoso.....	85
5.9. Análise comparativa das condições microclimáticas entre o período seco e chuvoso	89
6. Considerações finais.....	93
Referencias.....	94
Apêndice.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Esquema representativo do perfil da ilha de calor urbana relacionada ao tipo de ocupação.	24
Figura 02. Causas e efeitos no habitat urbano	25
Figura 03. Localização da área de estudo	27
Figura 04 Localização dos pontos de medições.	31
Figura 05. Sensor Hobo (A) e cabines meteorológicas (B)	32
Figura 06. Área de análise de cada ponto de coleta.....	32
Figura 07. Uso e ocupação do solo do ponto experimental 01.....	37
Figura 08. Uso e ocupação do solo do ponto experimental 02	39
Figura 09. Uso e ocupação do solo do ponto experimental 03	41
Figura 10. Uso e ocupação do solo do ponto experimental 04.....	43
Figura 11. Uso e ocupação do solo do ponto experimental 05.....	45
Figura 12. Média anual de temperatura máxima (1986-2015)	47
Figura 13. Média anual de temperatura mínima (1986-2015)	48
Figura 14. Média anual da Umidade relativa do ar (1986-2015)	49
Figura 15. Média anual da velocidade dos ventos (1986-2015)	50
Figura 16. Média anual de precipitação (1986-2015)	51
Figura 17. Comportamento diário da temperatura durante o período seco no P01	52
Figura 18. Comportamento diário da temperatura durante o período seco no P02.....	53
Figura 19. Comportamento diário da temperatura durante o período seco no P03	54
Figura 20. Comportamento diário da temperatura durante o período seco no P04.....	55
Figura 21. Comportamento diário da temperatura durante o período seco no P05	56
Figura 22. Comportamento semanal da temperatura dos pontos monitorados.....	57
Figura 23. Comportamento mensal dos pontos monitorados,.....	58

Figura 24.	Comportamento da umidade relativa do ar no P01 durante o período seco...	59
Figura 25.	Comportamento da umidade relativa do ar no P02 durante o período seco ..	60
Figura 26.	Comportamento da umidade relativa do ar no P03 durante o período seco ..	61
Figura 27.	Comportamento da umidade relativa do ar no P04 durante o período seco...	62
Figura 28.	Comportamento da umidade relativa do ar no P05 durante o período seco...	63
Figura 29.	Comportamento da umidade semanal no período seco.....	63
Figura 30.	Comportamento mensal da umidade no período seco	63
Figura 31.	Comportamento das ilhas de calor no p01 durante o período seco.....	65
Figura 32.	Comportamento das ilhas de calor no p02 durante o período seco	66
Figura 33.	Comportamento das ilhas de calor no p03 durante o período seco	67
Figura 34.	Comportamento das ilhas de calor no p04 durante o período seco	68
Figura 35.	Comportamento das ilhas de calor semanais no período seco	69
Figura 36.	Comportamento das ilhas de calor mensais no período seco	69
Figura 37.	Comportamento do IDT no P01 durante o período seco.....	70
Figura 38.	Comportamento do IDT no P02 durante o período seco	71
Figura 39.	Comportamento do IDT no P03 durante o período seco	71
Figura 40.	Comportamento do IDT no P04 durante o período seco	72
Figura 41.	Comportamento do IDT no P05 durante o período seco.....	72
Figura 42.	Comportamento do IDT semanal durante o período seco.....	73
Figura 43.	Comportamento do IDT mensal durante o período seco.....	74
Figura 44.	Comportamento diário da temperatura durante o período chuvoso no P01.....	75
Figura 45.	Comportamento diário da temperatura durante o período chuvoso no P02.....	75
Figura 46.	Comportamento diário da temperatura durante o período chuvoso no P03.....	76
Figura 47.	Comportamento diário da temperatura durante o período chuvoso no P04.....	76
Figura 48.	Comportamento diário da temperatura durante o período chuvoso no P05.....	77

Figura 49.	Comportamento semanal da temperatura no período chuvoso.....	78
Figura 50.	Comportamento mensal da temperatura no período chuvoso.....	78
Figura 51.	Comportamento da umidade relativa do ar durante o período chuvoso no P01..	79
Figura 52.	Comportamento da umidade relativa do ar durante o período chuvoso no P02..	79
Figura 53.	Comportamento da umidade relativa do ar durante o período chuvoso no P03..	80
Figura 54.	Comportamento da umidade relativa do ar durante o período chuvoso no P04..	80
Figura 55.	Comportamento da umidade relativa do ar durante o período chuvoso no P05..	81
Figura 56.	Comportamento semanal da umidade relativa do ar durante o período chuvoso..	82
Figura 57.	Comportamento mensal da umidade relativa do ar durante o período chuvoso..	82
Figura 58.	Comportamento diário da ilha de calor no P01 durante o período chuvoso.....	83
Figura 59.	Comportamento diário da ilha de calor no P02 durante o período chuvoso.....	83
Figura 60.	Comportamento diário da ilha de calor no p03 durante o período chuvoso.....	84
Figura 61.	Comportamento diário da ilha de calor no P04 durante o período chuvoso.....	84
Figura 62.	Comportamento semanal das ilhas de calor durante o período chuvoso.....	85
Figura 63.	Comportamento mensal das ilhas de calor durante o período chuvoso.....	85
Figura 64.	Comportamento do IDT no P01 durante o período chuvoso.....	86
Figura 65.	Comportamento do IDT no P02 durante o período chuvoso.....	86
Figura 66.	Comportamento do IDT no P03 durante o período chuvoso.....	87
Figura 67.	Comportamento do IDT no P04 durante o período chuvoso.....	87
Figura 68.	Comportamento do IDT no P05 durante o período chuvoso.....	88
Figura 69.	Comportamento Semanal do IDT.....	88
Figura 70.	Comportamento mensal do IDT.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Escalas espaciais horizontais	21
Tabela 02. Principais características que contribuem para a formação da ilha de calor urbana.....	22
Tabela 03. Taxas de refletância dos materiais urbanos	23
Tabela 04. Localização dos pontos experimentais em coordenadas geográficas.....	32
Tabela 05. Classificação da intensidade da ilha de calor.	33
Tabela 06. Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas da cidade de João Pessoa.....	34
Tabela 07. Classificação do índice de desconforto término semanal no período seco.....	73
Tabela 08. Classificação do índice de desconforto término semanal no período seco.....	88

RESUMO

A região metropolitana de João Pessoa, na Paraíba, passou por um processo de crescimento urbano desordenado, transformando profundamente o uso e ocupação do solo, reduzindo principalmente a Mata Atlântica. Nesta região encontra-se um fragmento ocupado pela Unidade de Conservação (UC) denominada de Floresta Nacional (Flona) da Restinga de Cabedelo. O principal objetivo do presente estudo consiste em averiguar o papel da vegetação na amenização das ilhas de calor urbanas da área de estudo. A princípio foi realizado uma análise da climatologia geral da cidade utilizando uma série histórica de 30 anos de dados sobre temperatura, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos e precipitação utilizando dados de uma estação do INMET localizada em João Pessoa. Posteriormente, foram realizadas medições da temperatura e umidade relativa do ar durante os meses de janeiro a março (período seco) utilizando termohigrômetro Hobo® U10-003 em 5 pontos experimentais na área de estudo. Estes pontos foram distribuídos no sentido área urbana- FLONA, sendo três pontos localizados na malha urbana e dois localizados na mata. Para o cálculo da ilha de calor urbana foi utilizado um ponto de referência P05, localizado na Flona, a partir do qual foram calculados os valores, e posteriormente classificada a sua magnitude. E também foi calculado o índice de desconforto térmico de Thom. Os resultados permitiram caracterizar o microclima da área de estudo e identificar que as alterações ambientais provocadas pelo processo de urbanização repercutem diretamente na temperatura e umidade relativa do ar, assim como na formação e intensidade de ilha de calor. Os pontos localizados na área urbana P01, P02 apresentaram as maiores temperaturas, ilhas de calor e IDT, já o P03 (ponto mais próximo da mata) apresentou valores menores. Já os P04 e o P05 foram os que apresentaram melhores condições de temperatura, umidade relativa do ar e conforto térmico. Desta forma, obteve-se como resultado um gradiente térmico, onde a medida que os pontos monitorados se aproximaram da mata, a temperatura, ilhas de calor e desconforto térmico diminuem e a umidade relativa do ar aumenta.

Palavras-chaves: Uso e ocupação do solo, ilhas de calor, conforto térmico.

ABSTRACT

The metropolitan region of João Pessoa, in Paraíba, underwent a process of disordered urban growth, profoundly transforming the use and occupation of the soil, reducing mainly the Atlantic Forest. In this region there is a fragment occupied by the Conservation Unit (UC) called the National Forest (Flona) of Restinga de Cabedelo. The main objective of the present study is to investigate the role of vegetation in mitigating the urban heat islands of the study area. At first, an analysis of the city's general climatology was carried out using a 30-year historical series of data on temperature, relative air humidity, wind velocity and precipitation using data from an INMET station located in João Pessoa. Posteriorly, air temperature and relative humidity were measured during the months of January to March (dry period) using a Hobo® thermohygrometer U10-003 at 5 experimental points in the study area. These points were distributed in the urban area-FLONA, with three points located in the urban network and two located in the forest with three monitoring points in the urban area and two within the forest itself. For the calculation of the urban heat island, a reference point P05, located in Flona, was used, from which the values were calculated, and afterwards its magnitude was classified. And Thom's thermal index of discomfort was also calculated. The results allowed to characterize the microclimate of the study area and to identify that the environmental changes provoked by the urbanization process directly affect the temperature and relative humidity of the air, as well as in the formation and intensity of heat island. The points located in the urban area P01, P02 presented the highest temperatures, heat islands and IDT, and P03 (closest to the forest) had lower values. On the other hand, P04 and P05 presented the best conditions of temperature, relative humidity and thermal comfort. In this way, a thermal gradient was obtained, where as the monitored points approached the forest, the temperature, islands of heat and thermal discomfort decrease and the relative humidity of the air increases.

Keywords: Soil use and occupation, islands of heat, thermal comfort.

1.INTRODUÇÃO

O meio ambiente passa por mudanças constantemente, que ocorrem de forma natural ou são motivadas pelas ações antrópicas. Isso pode ser verificado ao longo da história da sociedade humana através da relação de interdependência entre as civilizações e o uso e extração dos recursos naturais. Com o desenvolvimento das sociedades mais civilizadas, que com o tempo aprimoraram suas técnicas, verificou-se uma maior exploração dos recursos naturais e o uso das terras. Junior (2012) destaca que essa relação com o passar dos anos tornou-se cada vez mais conflituosa, gerando assim, diversos problemas ambientais que afetam os diversos sistemas naturais do planeta.

A partir do século XVIII com a Revolução Industrial, a extração de recursos naturais passou a ocorrer em larga escala, e consequentemente, os impactos ambientais foram intensificados comprometendo assim a qualidade de vida da população residente especialmente em áreas urbanas. Além das mudanças socioeconômicas, houve mudanças importantes nas relações sociais, pois boa parte dos trabalhos que eram executados de forma manual passaram a ser feitos por maquinários que por sua vez faziam uso da energia a vapor com a queima de combustível fóssil. Desse modo, o homem que vivia no campo, passou a viver nas cidades, o que gerou um adensamento urbano acelerado e desordenado. O aumento de temperatura, a poluição do ar e a formação das ilhas de calor em ambientes urbanizados denunciavam a quebra do equilíbrio ambiental nesses ambientes transformados pela ação antrópica.

Diante desse cenário, vários estudiosos passaram a observar essas modificações e realizaram os primeiros estudos sobre o clima urbano. Por volta do século XIX, o britânico Luke Howard (1772-1864) com a obra *“The climate of London”*, foi o pioneiro nesses estudos, onde ele detectou contrastes meteorológicos entre a cidade de Londres e o seu entorno menos urbanizado (DIAS, 2014). A partir do século XX destacam-se os estudos de Landsberg (1956) com a obra *“The Urban Climate”* e Chandler (1965) com a obra *“The Climate of London”* e Oke (1978) que publica obra intitulada *“Boundary Layer Climates”*.

A partir dessas observações cresce o interesse pela climatologia urbana e os diversos meteorologistas realizam pesquisas diversas visando compreender os fenômenos que ocorrem nesses ambientes.

No Brasil a partir da década 70 verifica-se o crescimento dos estudos realizados em climatologia urbana. Gallego (1972) foi o pioneiro na temática da climatologia urbana no país. Monteiro (1976) criou o sistema clima urbano que se divide em três subsistemas: termodinâmico (conforto térmico), físico-químico (qualidade do ar) e hidromecânico (impacto pluvial). Conti (1979) analisou os aspectos temporais climáticos de duas décadas em São Paulo e Rio de Janeiro. Tarifa (1977) comparou a temperatura e umidade em dois ambientes distintos da cidade de São José do Campos. Sampaio (1981) estudou o uso do solo e a sua relação com as ilhas de calor. Lombardo

(1983), estudou a estrutura térmica urbana. Danni (1987) caracterizou o fenômeno da ilha de calor em Porto Alegre.

No entanto, ressaltam-se as pesquisas realizadas no subsistema termodinâmico aqui no Brasil, tendo em vista, que esse subsistema envolve as variáveis temperatura e umidade relativa do ar, que por sua vez são alteradas em ambientes urbanos graças aos diversos tipos de uso e ocupação do solo, além do emprego dos diversos materiais de recobrimento que apresentam albedo elevado e redução da cobertura vegetal, como destaca Moreira (2016). Tais características poderão influenciar na formação de ilhas de calor ou frescor, bem como alterar o índice de desconforto térmico existente em um local urbanizado. Dessa forma, faz-se necessário o planejamento ambiental urbano que leve em consideração os aspectos físicos do ambiente antropizado, bem como os aspectos climáticos que originam o clima urbano. Nesse sentido vale destacar a importância da arborização urbana, dos telhados verdes e das reservas florestais encravadas em ambientes urbanos.

De acordo com Araújo (2016) os serviços ambientais prestados por ambientes naturais são inúmeros, principalmente quando se trata da cobertura vegetal. Seja uma vegetação rasteira em um jardim ou parque, ou vegetação arbórea em florestas e campos, elas permitem que haja a infiltração da água no solo, além disso, são capazes de realizar a amenização das temperaturas e colaborar com o aumento da umidade relativa do ar. Por isso, elas são consideradas um regulador térmico natural nos ambientes urbanos.

Diante desse contexto, o presente estudo visa analisar a influência da Floresta Nacional (FLONA) da Restinga localizada no município de Cabedelo\PB sobre o campo térmico urbano do seu entorno. Desta forma a pesquisa parte da hipótese de que a FLONA da restinga atua como uma reguladora da temperatura em alguns bairros do seu entorno.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar a influência da Floresta Nacional da Restinga nas condições microclimáticas do seu entorno

2.2. Específicos

- Avaliar a climatologia geral da cidade de João Pessoa/PB;
- Realizar mapeamento dos diferentes tipos de uso e cobertura do solo nos pontos experimentais;
- Analisar o comportamento das variáveis temperatura e umidade relativa do ar na área de estudo durante dois períodos distintos (seco e chuvoso);
- Averiguar a existência da formação de ilhas de calor urbana;
- Calcular o índice de desconforto térmico (IDT) da área de estudo;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A CRISE AMBIENTAL

As relações entre as sociedades e o meio ambiente sempre foram muito próximas, e isso se deve ao fato do homem ser dependente das matérias primas que a natureza fornece (WHITAKER, 2006). Historicamente falando, o homem sempre explorou a natureza com o intuito de manter sua própria sobrevivência, tornando parte desses recursos em alimento para manutenção da sua própria vida. Em um dado momento da história da humanidade, o ser humano vivia como nômade, ou seja, se deslocando de um lugar para outro, buscando sempre as melhores condições de sobrevivência.

Com o passar dos tempos esses tipos de sociedades passaram a formar grupos mais organizados, onde havia a distribuição de funções entre os seus componentes. Desse modo, eles procuravam se instalar em locais onde houvesse recursos para se alimentar, e também em áreas que dispusessem de corpos de águas. Sendo assim, encontradas tais condições que fossem suficientes para suprir as necessidades das pessoas que estavam ali, eles se instalavam e deixavam o nomadismo para se fixarem e estabelecerem os primeiros passos visando os diversos processos subsequentes para a formação de uma civilização organizada. (NAVES, 2014).

Albuquerque (2007) destaca que o homem que caçava e cultivava apenas para sua sobrevivência, passou a fazer isso em maior escala, pois percebeu que tal atitude poderia gerar algum benefício: o excedente. Dessa forma, quando uma determinada comunidade se deslocava de seu local habitual e ia em busca de novas áreas, levavam consigo esses insumos excedentes que poderiam ser utilizados como moeda de troca em algum recurso que não era disponível no seu local de origem. Sendo assim, esse modelo de cultivo e troca transformou-se em um dos primeiros passos para o surgimento da agricultura e atividade pecuária promovendo a fixação do homem à terra e a formação das primeiras aldeias e tribos.

Posteriormente destaca-se o período da Grécia antiga, onde acreditava-se que os fenômenos naturais, culturais e religiosos eram considerados mitos. Nesse período, já se enxergava alguns impactos no meio ambiente fruto da exploração do homem. Aristóteles chamava atenção para que houvesse a preservação das florestas, pois a exploração da madeira era feita de forma desordenada. Um fato interessante desse período é que haviam pessoas de menor poder aquisitivo que catavam vidros para posterior reciclagem, o que é um fato recorrente dos dias atuais (MENDONÇA, 2005). Em Roma surgiram as primeiras reclamações sobre a poluição do ar (BRAGA, 2006).

Outro período que deve ser destacado é o da idade média (séc. V), quando a economia girava em torno da agricultura. A sociedade feudal foi marcada pelas desigualdades sociais, pobreza e fome. Nesse período destacava-se a cultura teocêntrica, onde os fenômenos naturais eram explicados pela

fé, haviam celebrações para ajudar as plantas crescerem. Em dado momento da história o homem acreditava que podia se aproveitar na natureza, gerando assim grandes desequilíbrios (ALBUQUERQUE, 2007).

Entende-se que as relações entre sociedade e natureza que anteriormente acontecia de forma harmoniosa passou a ser foco de grandes conflitos. Tais conflitos vieram a ganhar destaque posterior ao período intitulado de era moderna, pois o mesmo foi marcado por fortes questões de exploração/retirada de matérias primas do meio ambiente, mas também pelos impactos resultantes (SAMOHYL, 1982).

O período industrial, o homem que vivia no campo e trabalhava nas lavouras passou a ser substituído por máquinas, além disso, a queda na qualidade de vida motivou diversos grupos a buscar nos centros urbanos melhores condições de trabalho, iniciando assim o fenômeno do êxodo rural e o processo de urbanização (CARREGOSA, 2014). Tal fenômeno gerou um adensamento urbano desequilibrado, e com isso uma maior exploração dos ambientes urbanos, degradação ambiental e poluição dos diversos sistemas ambientais, principalmente hídrico e atmosférico.

O aumento progressivo das populações residentes nos centros urbanos, agregado aos processos industriais da época, foram os pontos de partida para se perceber que tais atitudes estavam gerando impactos negativos ao meio ambiente. Outra questão recorrente desse período é que todo maquinário e transporte funcionava com combustíveis fósseis, nesse caso era feita a queima do carvão mineral, considerado altamente poluente. Desse modo, além da poluição das águas, havia a poluição do ar por meio da fumaça que era dispersada pelos equipamentos das indústrias e dos transportes. Ainda se destacam a poluição do solo por meio de resíduos químicos descartados pelas fábricas e também o uso de pesticidas nas plantações (PAULO, 2010).

Em meados da década de 1960, essas tecnologias de produção, maquinários modernos, passaram a dominar todo o planeta, e por acreditar que os recursos naturais seriam infinitos, pessoas, empresas e governos intensificaram esse processo de exploração dos recursos naturais, sem tomar nenhuma medida compensatória (OLIVEIRA, 2012). Em contrapartida, já se percebia que os recursos não estavam se restaurando e então se instalou uma crise ambiental de grande proporção, Braga (1993) chama atenção para alguns problemas que foram decorrentes desse período, como a contaminação do ar em Londres e Nova York, casos de intoxicação por mercúrio em Minamata no Japão, onde as indústrias despejavam resíduos tóxicos na baía, perda da diversidade da vida aquática em lagos Norte Americanos, morte de aves contaminadas por DDT's e contaminação de rios e mares por navios petroleiros.

Sendo assim, tendo conhecimento dos diversos problemas ambientais que estavam acontecendo, alguns estudiosos passaram a avaliar tais questões, principalmente aquelas que envolviam a poluição do solo, da água e do ar, chamando atenção das autoridades para que fossem tomadas medidas atenuadoras desses impactos. Com uma maior divulgação de tal problemática, principalmente posterior a publicação do livro primavera silenciosa da autora Rachel Carson (1969), diversos problemas tornaram-se de conhecimento público, e daí não só os estudiosos passaram a cobrar os governantes, mas também a própria sociedade que se via atingida por tantos problemas socioambientais.

Com isso, ocorreram diversas conferências internacionais que tinham como objetivo discutir tais problemas e propor mudanças para que se diminuíssem os impactos ambientais gerados, dentre elas destacam-se a de Estocolmo (1972) e a Rio 92. Na Conferência de Estocolmo o objetivo principal foi discutir soluções para os problemas ambientais e a criação de um Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Nessa Conferência, houve a participação de 113 países. Já na Rio 92 foi realizado um panorama dos principais impactos ambientais no planeta e o estabelecimento de diversos acordos internacionais à respeito do uso e conservação dos recursos naturais. Nela foi criada a Agenda 21 que possuía diretrizes para o desenvolvimento sustentável a longo prazo, a partir de temas prioritários, tais como: desmatamento, lixo, clima, solo, desertos, água, biotecnologia. 179 países assinaram a agenda. Vale destacar que foi nessa conferência que surgiu a ideia do desenvolvimento sustentável, compatibilizando crescimento econômico e o uso dos recursos naturais. De acordo com Araújo (2008), dessas conferências emergiram algumas legislações internas dos Estados regulamentando questões como o aumento de rejeitos industriais e hospitalares decorrentes do aumento do contingente populacional nas concentrações urbanas, e também questões de âmbito internacional, como a regulamentação dos rios internacionais. No ano de 2012, ocorreu a Rio + 20, que teve como objetivos principais promover a economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza, bem como desenvolver a estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável (VIEIRA, 2012).

Apesar de um marco regulatório para tratar das questões ambientais, pode-se observar que com o crescimento e o aumento da população urbana os impactos ambientais nesses ambientes foram se intensificando cada vez mais. Verifica-se também, que dentre os sistemas ambientais mais afetados está o sistema atmosférico. A formação das ilhas de calor, desconforto térmico, poluição do ar, dentre outros problemas ambientais, são percebidos diariamente nos centros urbanos.

3.2. PROCESSO DE URBANIZAÇÃO E CLIMA URBANO

O início da construção das primeiras cidades ocorreu inicialmente através da formação das primeiras civilizações que datam de 5.000 a.C. (ABIKO, 1995), onde o homem procurou se instalar em locais propícios ao desenvolvimento de suas atividades. Pensando nisso, tais assentamentos foram se instalando próximos a corpos d'água estrategicamente, no intuito de utilizar esse recurso natural para sua sobrevivência. De acordo com Navarro (2006) foi a partir desse momento que o homem passou a construir estruturas fixas onde pudessem acomodar suas famílias de forma segura, protegendo-os do sol e da chuva.

Nesse período essas habitações eram construídas de forma rústica, onde eram utilizados materiais extraídos da natureza como, madeira e folhas, posteriormente passaram a utilizar argila, barro e pedras, que são materiais que dão uma melhor estrutura. Esse modelo de abrigo\ casa que era utilizado sofreu diversas modificações até chegar ao que se usa na contemporaneidade com ferro e tijolos.

Posterior a esse período da história, as sociedades foram sendo modificadas a medida que os sistemas políticos e sociais também evoluí. Nesses avanços pode-se compreender que também houve mudanças nos sistemas econômicos através do surgimento de novas técnicas de produção.

Tais mudanças foram responsáveis por um maior desenvolvimento dos países, além das mudanças dos modos de vida das populações. Esses fatores foram determinantes para uma maior atração de pessoas para as cidades que ocasionalmente não tinham capacidade para comportá – las, por conta disso elas se viram obrigadas a se instalar em construções irregulares nas margens das cidades, em encostas e outros lugares impróprios. Segundo Campos Filho (1992), na maioria das cidades latino-americanas a oferta de empregos urbanos não se faz no mesmo ritmo que a chegada de migrantes, gerando os bairros de extrema miséria.

Dessa forma se inicia um processo de modificação do espaço geográfico, onde o homem se introduz no meio de qualquer modo sem pensar nos impactos negativos ou positivos que estão provocando. A urbanização é um fenômeno que ocorreu e ocorre em todas as partes do mundo, e tais locais que são considerados fontes de grandes oportunidades de empregos. Silva (1997) destaca que a urbanização não só gera impactos positivos ao ambiente, mas como também gera diversos impactos negativos como problemas de desorganização social, falta de habitações, desemprego, além dos diversos problemas ambientais decorrentes de um processo de urbanização acelerada.

Desse modo, a urbanização pode ser entendida como um determinado processo de povoamento. E quando realizado de forma desordenada, sem levar em consideração os aspectos ambientais e físicos, gera diversos impactos. A falta do planejamento nesse fenômeno é um dos grandes problemas enfrentados na atualidade em ambientes urbanos. A ausência do planejamento

adequado é fruto do crescimento acelerado que as cidades sofrem e isso é causado pela falta ou má aplicação das legislações que envolvem o ordenamento territorial em cada país, estado e município, seja ela desenvolvido ou subdesenvolvido. Segundo Mota (1999), o planejamento das cidades deve levar em conta os aspectos do desenvolvimento sustentável, a partir disso será possível realizar as modificações necessárias no espaço sem comprometer as sociedades futuras.

Para que as cidades continuem crescendo, seja de forma ordenada ou não, as grandes construtoras buscam áreas não exploradas para instalar seus empreendimentos, gerando uma série de impactos, como as alterações dos usos e ocupações do solo, retirada da vegetação nativa, substituição do solo permeável por impermeável. E tais modificações geram alterações no campo térmico urbano, pois a medida que os solos são impermeabilizados, é reduzida a infiltração da água e ao mesmo tempo se retém mais energia térmica proveniente dos raios solares na superfície.

Dessa forma, os aspectos que envolvem a urbanização, como a falta de planejamento, junto com o adensamento urbano e materiais de recobrimento, poluição do ar, entre outros fatores geram diversas modificações no espaço, que interferem no clima local. Tais mudanças podem gerar aumento de temperaturas, formação de ilhas de calor, inundações e o desconforto térmico local, além dos diversos problemas socioambientais e interferências na qualidade de vida das pessoas que vivem nesses locais.

Devido às mudanças que os ambientes urbanos têm sofrido ao longo das décadas, diversos problemas típicos desses locais surgem, e os que ganham destaque são os que envolvem o clima (Santos, 2011). As diversas ações realizadas pelo homem provocam impactos mais rapidamente no ambiente urbano, gerando o aumento da temperatura do ar nos centros quando comparada com as zonas rurais.

É comum encontrar áreas sendo desmatadas para construção de condomínios, agricultura e etc, onde é retirada a cobertura natural do solo e é feita sua impermeabilização (ESTULANO, 2004). Essas alterações não são apenas atuais, para Franco (1997) e Junior (2006) elas acontecem desde o período que sucede a 2ª guerra mundial, quando essas mudanças vêm ocorrendo de forma acelerada sem o devido planejamento. Dessa forma, para se compreender tais fenômenos, estudiosos procuraram compreender a dinâmica climática que diferenciava as zonas urbanas das zonas rurais. Diante de tais alterações, Oke (1978) afirma que as cidades acabam gerando um clima próprio, passando a ser chamado de clima urbano.

De acordo com Oke (1976), Chandler (1976), Lombardo (1985) e Vilela (2007) o clima urbano é definido como sendo aquele que está nas cidades, ou seja, ele é, consequência das diversas relações existentes nos ambientes urbanos e resultado das modificações do clima local através das

atividades humanas que produzem efeitos substanciais no meio ambiente urbano, principalmente pelos modos de ocupação do solo.

Monteiro (1976) afirma que “o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização, sendo o clima local, o fato natural e a cidade, o fato social”. Dessa forma, para se compreender melhor o clima urbano, o autor sugere uma abordagem que foi intitulado sistema clima urbano (SCU). Estudos realizados por Sezerino (1990) em Florianópolis/SC, Mendonça (1994) em Londrina/PR, Pitton (1997) em Rio Claro/SP, Paz (2009) em Palmas/TO, Ortiz (2011) em Cândido Mota/SP e Souza (2013) em Ourinhos/SP, buscaram utilizar o SCU e comprovaram a viabilidade metodológica fornecida pelo sistema.

O SCU se subdivide em três subsistemas: termodinâmico, o físico-químico e o hidrometeorológico, que tratam, respectivamente, das questões que envolvem o conforto térmico, a qualidade do ar e do impacto meteorológico. De acordo com a teoria, o subsistema termodinâmico tem como objetos de estudo, as ilhas de calor, ventilação, conforto e desconforto térmico e as precipitações; no subsistema físico-químico seus objetos de estudo são a poluição do ar, chuvas ácidas, dinâmica dos ventos, dispersão de poluentes e visibilidade; e o subsistema hidrometeorológico está voltando para questões que envolvem impacto das precipitações, processos de inundação, impermeabilização, pavimentação e deslizamentos (MOURA, 2010).

Para a realização dos estudos a respeito da dinâmica climática urbana, pode-se utilizar algumas metodologias, a exemplo disso, destaca-se a desenvolvida por Oke (2004) que definiu algumas escalas de análise do clima urbano, sendo elas a microescala, escala local e a mesoescala (Tabela 01).

Escala	Nível	Características	Escala Horizontal
Micro	Canyons urbanos Praças e Edifícios	Cada superfície tem seu próprio Microclima podendo influenciar os vizinhos.	<200m a 300m
Local	Bairros	Caracteriza a paisagem e despreza o microclima	De 100m a 10km
Meso	Cidades	Pode-se perceber a circulação atmosférica de toda cidade.	>10km

Tabela 01. Escalas espaciais horizontais

Fonte: OKE, 2004.

A partir dessa metodologia pode-se estabelecer em que escala que os estudos sobre o clima urbano serão desenvolvidos. No presente estudo utiliza-se a escala micro, que abrange canyons urbanos, praças e edifícios, que corresponde a uma área <200 a 300m². Tal escala permitirá

compreender como funciona o micro clima de um ou de vários espaços pequenos. E através dela poderá ser analisado aspectos como o comportamento da temperatura, intensidade de ilhas de calor e desconforto térmico local.

3.2.1 Ilhas de Calor

Dentre os problemas enfrentados nos ambientes urbanos e que fazem parte dos estudos sobre o clima urbano destaca-se o fenômeno da ilha de calor. As ilhas de calor ocorrem através de mudanças no campo térmico urbano que comparadas a áreas que possuem maior densidade de vegetação possuem temperaturas mais elevadas (MOREIRA, 2016). Este fenômeno pode ser compreendido de acordo com (Oke, 1982) como uma anomalia térmica positiva com dimensões horizontais, verticais e temporais, onde as características destas se relacionam diretamente com as condicionantes geoambientais e urbanas de cada cidade. Ou seja, diferentes ambientes, com características distintas, irão se comportar diferentemente, a ICU é um resultado dos múltiplos usos e ocupações da terra.

Para Gartland (2010, p. 26), as principais características urbanas que contribuem para a formação da ilha de calor estão listadas na tabela 02.

Características que contribuem para a formação de ilhas de calor	Efeitos sobre o balanço de energia
Falta de vegetação	Reduz a evaporação
Utilização difundida de superfícies permeáveis	Reduz a evaporação
Maior difusividade térmica de materiais urbanos	Aumento do armazenamento de calor
Baixa reflectância solar dos materiais urbanos	Aumento do saldo de radiação
Geometrias urbanas que aprisionam o calor	Aumenta o saldo de radiação
Geometrias urbanas que diminuem as velocidades dos ventos	Reduz a convecção
Aumento dos níveis de poluição	Aumenta o saldo de radiação
Aumento da utilização de energia	Aumento do calor antropogêneo

Tabela 02. Principais características que contribuem para a formação da ilha de calor urbana

Fonte: Gartland (2010, p 26). Org. Moreira (2016).

Dessa forma, diferentes fatores podem estar influenciando na formação das ilhas de calor. De um modo geral elas são produto da energia térmica que é refletida pelo sol durante o dia e que fica aprisionada nas estruturas, e durante a noite a mesma será desprendida lentamente (OKE, 1982). Dessa forma as ilhas de calor mais intensidade ocorrerão sempre durante a noite. Além disso, a produção antropogênica de calor pode ser citada como contribuinte na formação das ilhas, pois podem se igualar a incidência de energia solar ou excede-la, principalmente no inverno.

Quando se compara uma área urbanizada com uma que não é urbanizada, pode-se encontrar diferenças de 10 a 3 C° (GARTLAND, 2010). A figura 01 demonstra como as ilhas de calor podem ser melhor visualizadas em áreas urbanizadas e verticalizadas. Isto porque essas áreas possuem materiais de recobrimento diferenciados que os das áreas rurais, além da ausência de cobertura vegetal. A substituição da vegetação por concreto e asfalto no núcleo urbano leva a redução da evapotranspiração (TAHA ,1997).

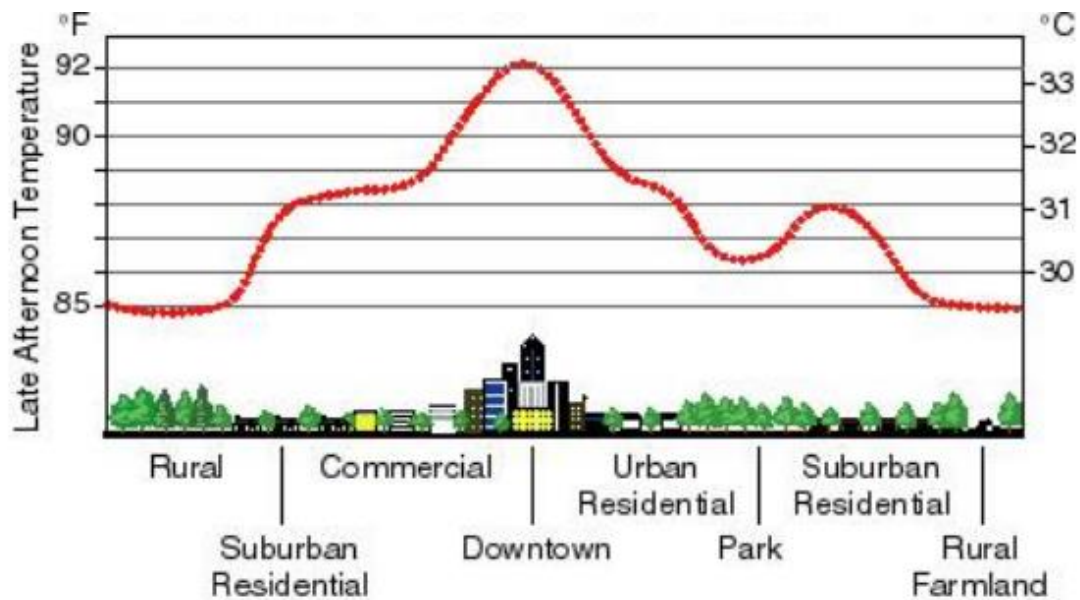


Figura 01. Esquema representativo do perfil da ilha de calor urbana relacionada ao tipo de ocupação.

Fonte: EMMANUEL, 2005, p. 22

O cânion urbano é formado principalmente por concretos e outros materiais rígidos, sendo eles influenciadores do movimento térmico. Esses materiais tem um albedo elevado, como demonstra a tabela 03. O albedo é a quantidade de radiação que é refletida por um determinado material. Como pode-se observar, o concreto possui um albedo elevado, pois consegue refletir até 80% da energia que recebe, comparado com as plantas que refletem entre 20 e 25%, e o asfalto que tem um albedo baixo e graças a isso possui uma absorção de até 95% da radiação incidente, sendo essa energia absorvida dispersada ao meio durante o período noturno.

Material	Albedo	Refletância
Concreto	0,80	80%
Plantas	0,20-0,25	20-25%
Asfalto	0,05	5%

Tabela 03. Taxas de refletância dos materiais urbanos

Fonte: Adler & Colby, 2015

Além dos fatores já citados, pode-se dizer que as superfícies verticais recebem a radiação solar incidente durante longos períodos no decorrer do dia e aprisionam a radiação emitida à noite. Os materiais de construção escuros que aprisionam e armazenam a radiação incidente e a atmosfera urbana mais poluída conseguem absorver mais calor e são responsáveis pela formação das ICU's, como demonstra a figura 02.

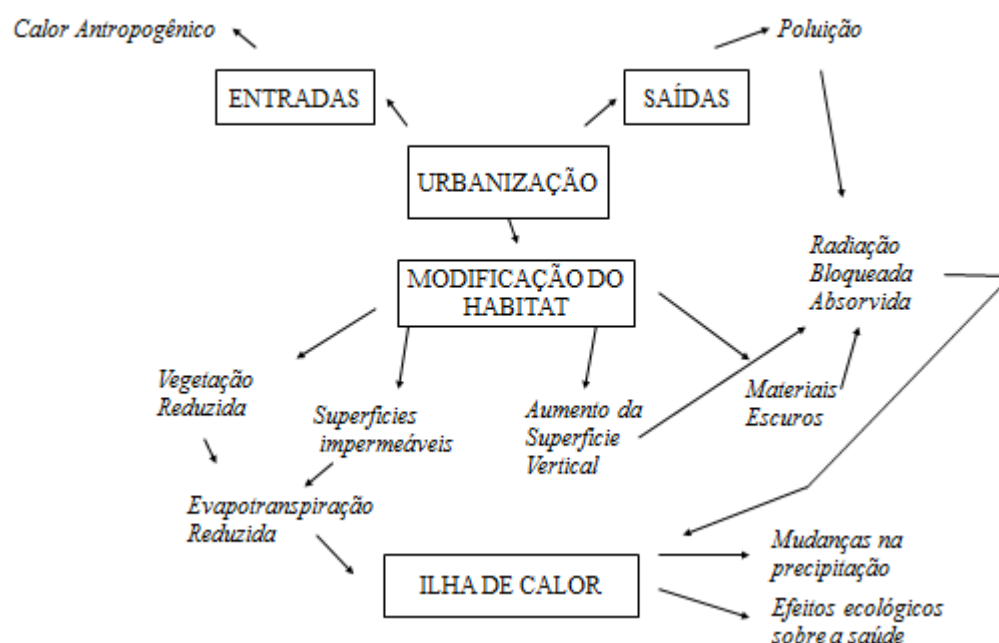


Figura 02. Causas e efeitos no habitat urbano

Fonte: Adler & Colby, 2015.

É importante ressaltar que “ilhas de calor afetam diretamente o conforto e a saúde dos indivíduos, seja por problemas relacionados diretamente ao calor, como o estresse térmico ou por problemas de doenças relacionados à qualidade do ar” (AMORIM, 2010, p. 74).

3.2.2 Desconforto Térmico

Além das ilhas de calor, outro problema enfrentado nos ambientes urbanos é o desconforto térmico, que é uma consequência dos problemas enfrentados nos ambientes urbanos. De acordo com Silva Junior et al (2012, p.219) “Os primeiros estudos relacionados ao conforto térmico datam do início do século XIX na Europa, quando teve início o movimento para melhoria das condições de trabalho nas indústrias metalúrgicas e têxteis, em vista dos frequentes acidentes e enfermidades devido à influência do calor”.

Segundo a Norma ISO 7330 (1994) apud Costa *et. al.* (2013), conforto térmico é a condição em que o corpo humano expressa satisfação com o ambiente térmico. De acordo com Frota e Schiffer (2003), compõem as variáveis ambientais do conforto térmico a temperatura, a umidade, a velocidade

do ar e a radiação solar incidente. Agregam-se a essas variáveis: precipitação, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, morfologia do relevo, entre outras características locais que podem ser alteradas pela presença humana (VIANA, 2013).

Sant'Anna Neto (2011) afirma que “espaços desiguais potencializam os efeitos do clima, que se manifestam, também, de forma desigual. Nessa perspectiva, tem-se que admitir que o clima possa ser interpretado como uma construção social”. Uma das perspectivas possíveis para entendê-lo como fenômeno que interessa a Geografia, poderia ser a influência que determinados elementos meteorológicos exercem na qualidade de vida (coletiva) e no conforto (individual) dos diversos segmentos sociais. (SANT'ANNA NETO, 2008, p. 64).

Para se medir o desconforto térmico, Thom (1959) desenvolveu o índice de desconforto térmico (IDT) esse índice utiliza dados de temperatura e umidade relativa do ar de determinadas localidades é possível classificar áreas entre confortáveis a muito desconfortáveis.

Dentre os estudos que utilizaram o índice para medir os níveis de conforto térmico, pode-se destacar o realizado por Santos (2011), que para caracterizar o nível de conforto térmico dentro de um campus universitário na cidade de João Pessoa, utilizando escalas diárias e horárias. Realizou também uma correlação com o uso e ocupação do solo, onde conclui que as áreas mais recobertas por materiais impermeáveis possuem um maior nível de desconforto térmico, já as áreas que possuem maior densidade de vegetação foram classificadas como confortáveis.

Em um estudo realizado na Cidade de Natal por Silveira (2001), utilizou-se a metodologia para classificar o nível de conforto térmico. Em Belém também foi realizada a classificação de acordo com o Índice de Thom, e o mesmo foi definido durante os meses de julho e agosto como parcialmente desconfortável, já durante os outros meses foi classificado como muito desconfortável.

3.3. INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NA AMENIZAÇÃO CLIMÁTICA

A presença de vegetação no meio ambiente urbano é de suma importância, pois ela fornece diversos serviços ecossistêmicos que contribuem para o equilíbrio energético desses locais. De acordo com França (2016) “as relações estabelecidas entre solo, vegetação, água (rios) e o clima expressa o alicerce na configuração da paisagem de determinado ambiente sobre a superfície terrestre”.

Para Araújo (2016) o papel que a vegetação urbana desempenha na amenização climática é de grande importância, principalmente na atenuação das temperaturas, pois influencia a radiação solar, temperatura, umidade e vento. A vegetação pode funcionar como uma reguladora da temperatura, pois ela é capaz de dispensar e absorver a radiação solar, além disso ela libera umidade através da evapotranspiração.

Além de fornecer tais benefícios, as áreas verdes funcionam como reguladoras do conforto térmico, pois através do controle da radiação solar e também com a manutenção da umidade relativa do ar, fazem com que as temperaturas diminuam, gerando tal sensação de conforto ambiental.

Segundo Silva Filho *et al.* (2005 apud MARTINI, 2013), as árvores funcionam como bombas de água autorreguláveis, pois abrem os estômatos quando existe disponibilidade de água e calor, refrescando o ambiente através da evapotranspiração e os fecham quando situações adversas ocorrem, preservando condições agradáveis e condicionando o clima urbano. O sombreamento das plantas também é um mecanismo importante de atenuação da temperatura. Mascaró e Mascaró (2009) afirmaram que a temperatura sob agrupamentos arbóreos era de 3 a 4 °C menor que nas áreas expostas à radiação solar, e a umidade relativa do ar sob a vegetação era maior, entre 3 e 10%.

Matos (2009), Nucci (2008) e Benini (2010) também destacam que a cobertura vegetal presta diversos serviços ambientais, especialmente em áreas urbanas, pois ela é responsável pela recarga dos aquíferos, a purificação do ar, a manutenção da biodiversidade das espécies da fauna e flora e a amenização das temperaturas nessas áreas. Ela também é importante para a manutenção do conforto térmico e a qualidade de vida das populações residentes em áreas urbanas. Os autores também destacam que sua influência no clima local acontece de diferentes formas, afetando o albedo, tanto quanto a umidade relativa do ar e as variações térmicas de ambientes urbanizados.

4. METODOLOGIA

4.1. Caracterização da área de estudo

O município de Cabedelo faz parte da Região Metropolitana de João Pessoa, Capital do Estado da Paraíba. Possui uma área territorial de 31,42 km², com medidas singulares: 18 km de extensão por apenas três quilômetros de largura. A população estimada segundo o IBGE (2016) é de 66.858 habitantes e sua densidade demográfica é de 1.815,57 hab./km². O clima da região é do tipo Tropical quente e úmido com duas estações bem definidas ao longo do ano: estação seca e chuvosa.

É nesse contexto geográfico, que se insere a Floresta Nacional da Restinga localizada às margens da Br 230 entre os municípios de João Pessoa/PB e Cabedelo/PB. A FLONA é uma Unidade de Conservação Brasileira de uso sustentável da natureza, localizada na área urbana do município de Cabedelo. Criada através de decreto instituído em 02 de junho de 2004, é a primeira floresta nacional localizada em área urbana no Brasil, conhecida popularmente como Mata da “Amém” (DIAGNÓSTICO DO PLANO DE MANEJO DA FLONA DE CABEDELLO, 2013). A Unidade Ambiental possui 103,39 ha e abriga um dos últimos fragmentos de mata atlântica em restinga na Paraíba. Ela está localizada entre os bairros do Jacaré e Renascer (Cabedelo) fazendo limite com o bairro do Bessa, localizado no município de João Pessoa. O bairro do Bessa faz parte da área de coleta

de dados da pesquisa devido à proximidade entre os dois ambientes: FLONA e uma área urbanizada (figura 03).

Em relação ao clima da área de estudo, ele é considerado tropical quente e úmido, com precipitações que alcançam maiores índices pluviométricos entre os meses de maio, junho e julho com máximas de até 1800 mm anuais no litoral (DIAGNÓSTICO DO PLANO DE MANEJO DA FLONA DE CABEDELO, 2013).

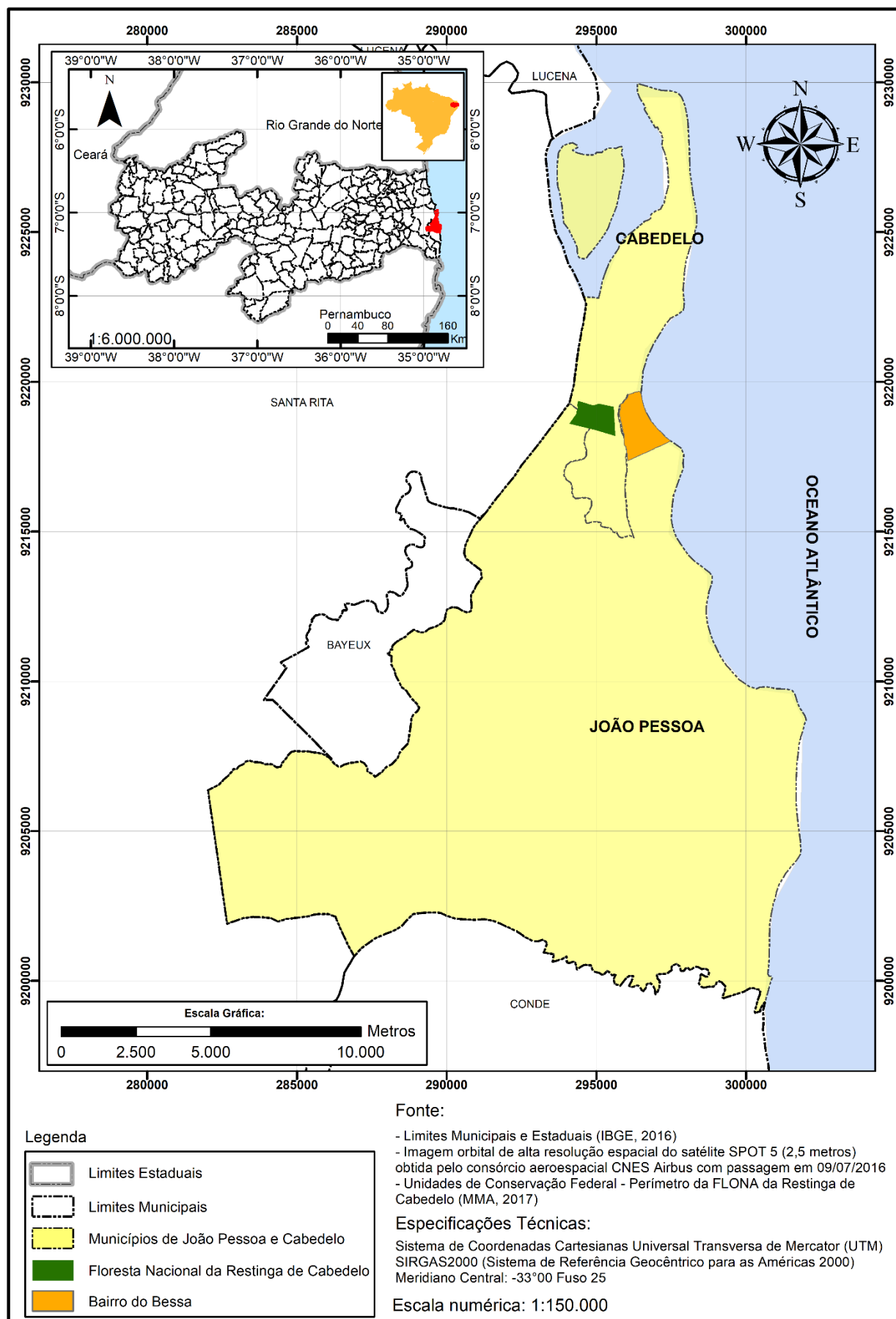


Figura 03. Localização da área de estudo

4.2.Procedimentos metodológicos

4.2.1 Campo de análise do sistema clima urbano e coleta dos dados

A análise do clima urbano foi realizada através das descrições físicas do espaço ocupado e fundamentada na metodologia apresentada por Monteiro (1976), Katzschner et al (2002), Costa (2007) e Santos (2011). O método consistiu em medições *in loco* das variáveis temperaturas e umidade relativa do ar.

Logo, para a realização da pesquisa, foi definido o campo térmico da área de estudo, como subsistema climático urbano. Em seguida, foi realizado o reconhecimento da área dos experimentos, em função das diferenciações do uso e cobertura do solo. Foram definidos cinco pontos experimentais (Figura 04) entre a malha urbana e a FLONA, distribuídos da seguinte forma: três na malha urbana e dois na área da FLONA no sentido interior- borda e malha urbana.

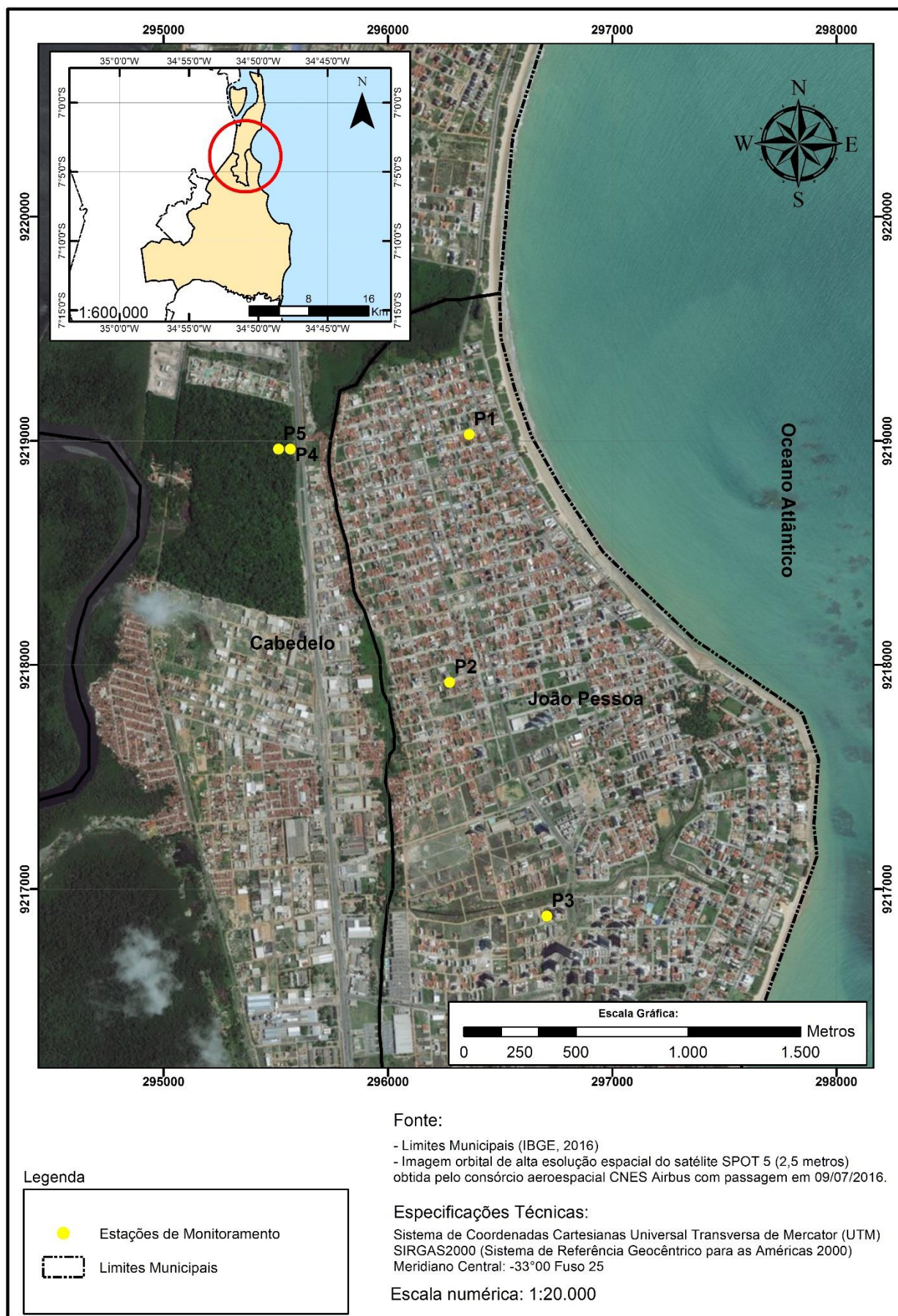


Figura 04. Localização dos pontos de medições.

Para a medição das variáveis microclimáticas temperatura e umidade relativa do ar, em cada ponto experimental foram instalados sensores Data Loggers Hobo® U10-003 (Resolução: Temperatura: 0.1°C em 25°C e RH: 0.07% em 25°C), os quais foram programados para obter dados durante intervalos horários em dois períodos climáticos distintos climáticos: período seco e período chuvoso. A coleta de dados ocorreu durante os meses de janeiro (seco) e junho/2017 (chuvoso). Os Hobos® foram protegidos em cabines meteorológicas plásticas de cor branca, as quais contêm pequenas aberturas permitindo a livre circulação do ar, mas evitando a incidência solar direta. Essas cabines foram apoiadas em tripés distando 1,5m do solo, formando estações meteorológicas para medição de temperatura e da umidade relativa do ar.

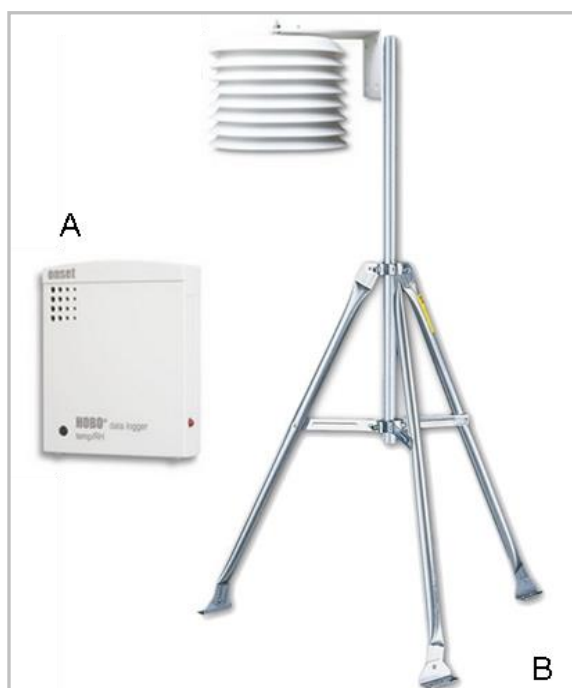


Figura 05. Sensor Hobo (A) e cabines meteorológicas (B)

Fonte: (SANTOS, 2017).

Cada estação de coleta de dados foi georreferenciada com GPS de navegação, com o sistema de posicionamento global com projeção UTM e Datum planimétrico SAD 69, para posterior espacialização no Sistema de Informação Geográfica. A tabela 03 exibe os pontos experimentais com as suas respectivas coordenadas geográficas.

Pontos	Localização dos pontos em relação a FLONA	Longitude “X”	Latitude “Y”
P01	Urbano – 3,5km	34° 50’ 26’’ O	7° 4’ 5’’ S
P02	Urbano – 2,2 km	34° 50 ‘ 40’’ O	7° 4’ 18’’ S
P03	Urbano – 1,4 km	34° 50’ 37’’ O	7° 3’ 42’’ S
P04	Mata – Borda 5m	34° 51’ 3’’ O	7° 3’ 44’’ S
P05	Mata – 50 m	34° 51’ 4’’ O	7° 3’ 44’’ S

Tabela 04. Localização dos pontos experimentais em coordenadas geográficas.

4.2.2 Uso e cobertura do solo

Em cada ponto do experimento foi delimitado um raio de 150 m da localização do ponto de coleta, nas direções Norte e Oeste (KATZSCHNER et al., 2002) e um raio de 350 m nas direções Leste e Sul, compreendendo um valor total de 500 m, que correspondesse à medida de 0,5 km (OKE, 2004). Este procedimento objetivou analisar a importância da ventilação como um elemento de controle climático para o campo térmico da área, como demonstra a figura 06.

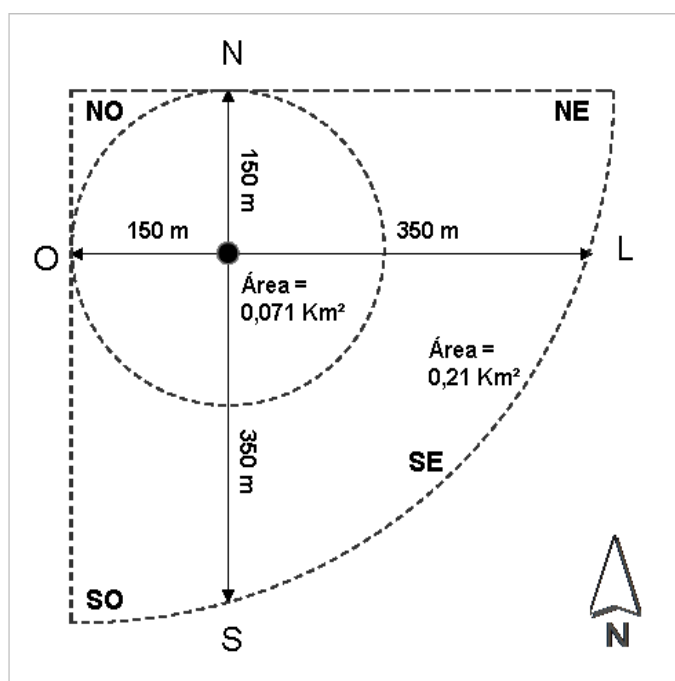


Figura 06. Área de análise de cada ponto de coleta

(Fonte: COSTA, 2007).

Para o mapeamento do uso e cobertura do solo da área de estudo foi utilizada uma imagem georreferenciada com resolução espacial de 1 m do satélite Quick BIRD (Digital Globe, 2017). As seguintes classes de uso e cobertura do solo nos pontos experimentais foram consideradas: cobertura de cerâmica, cobertura de concreto, cobertura metálica, corpo hídrico (piscina), pavimento asfáltico, solo exposto e vegetação arbórea/arbustiva.

4.2.3 Cálculo da intensidade da Ilha de Calor (IC)

A intensidade de ilha de calor (IC) é obtida pela diferença entre a temperatura do ar de uma área não urbanizada ou menos urbanizada e aquela mais urbanizada (OKE, 1973; SILVA et al., 2010). Dessa forma, foi utilizado como ponto de controle dessa variável o P05 (localizado na borda – próximo a BR 230) na Flona de Cabedelo. Esse ponto foi considerado ponto de referência para o estabelecimento da intensidade da ilha de calor urbana, pois apresenta condições de um ambiente natural.

Para verificar a intensidade da ilha de calor foi utilizada a classificação adaptada de García (1996), como apresentada na Tabela 05, abaixo:

IC	Intensidade da IC
0°C	Neutra
0°C < 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

Tabela 05. Classificação da intensidade da ilha de calor

Fonte: García (1996).

4.2.4 Cálculo do índice de desconforto térmico

Para medir o conforto térmico em áreas urbanas, um dos índices mais utilizados é o Índice de Desconforto Térmico (IDT), desenvolvido por Thom (1959), o qual estabelece uma relação entre a temperatura média e a umidade relativa do ar com a finalidade de se obter resultados quanto ao conforto ou estresse experimentados em um ambiente físico modificado. Esse índice se constitui em uma ferramenta indispensável para o planejamento e ordenamento territorial dos centros urbanos, e pode ser obtido pela seguinte equação:

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

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 de Santos (2011), apresentada na Tabela 6. Nessa classificação a faixa de variação dos níveis de conforto térmico expresso por esse índice foi ajustada às condições climáticas das regiões tropicais, a partir de um estudo na 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).

Tabela 06. Faixas de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas da cidade de João Pessoa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS AMOSTRAS EXPERIMENTAIS

As amostras experimentais foram caracterizadas e classificadas de acordo com o uso e ocupação do solo que está presente no entorno de cada ponto monitorado. Dois pontos estão localizados dentro do fragmento florestal (FLONA da Restinga) e três no perímetro urbano.

5.1.1 Caracterização física do ponto de monitoramento 01

O ponto de monitoramento 01 está inserido dentro do perímetro urbano do bairro Aeroclub, onde o mesmo, dista cerca de 3,5km do fragmento florestal. Tal bairro está nas proximidades tanto do oceano quanto da Br 230. O Aeroclub é caracterizado por ser um bairro residencial, em sua maioria composto por prédios. O p01 foi instalado na área externa de um dos edifícios residenciais do bairro. Através da Figura 07 pode-se observar que o solo é recoberto por cerâmica e as paredes do entorno da área externa do edifício é composta por concreto.

Na Figura 10 pode-se observar o mapeamento do uso e cobertura do solo do P01. A partir das classes definidas para este estudo, foi possível identificar que no P01 o maior percentual de cobertura do solo consiste em concreto e calçamento. Foram encontradas também, cobertura vegetal do tipo herbácea, que tem como característica ter um porte rasteiro e em algumas áreas pequenas manchas com cobertura do tipo arbórea. Em menor proporção foram encontradas as coberturas de amianto e asfalto apenas nas avenidas. Tais materiais de revestimento do solo encontrados no ponto 01 – em sua maioria - se constituem fatores potencializadores para o aumento da temperatura local e a redução da umidade relativa do ar.



Figura 7. Uso e ocupação do solo do ponto experimental 01

5.1.2. Caracterização física do ponto de monitoramento 02

O ponto 02 também está localizado dentro no perímetro urbano do bairro do Bessa, localizando-se a aproximadamente 2,2km do fragmento florestal. Esse ponto localiza-se entre

prédios, casas, estabelecimentos comerciais e praças. O P02 foi instalado nas dependências de um edifício residencial em uma área ao ar livre onde o solo é recoberto por concreto e as paredes de tijolos.

Levando em consideração o uso e ocupação do solo do P02 (figura 08), o mesmo apresenta percentuais de recobrimento do solo com várias classes similares: telhados, concreto, calçamento, amianto e cobertura herbácea.

Observa-se que em relação ao P01, o P02 teve um maior percentual de cobertura vegetal arbórea. A cobertura do tipo asfalto foi encontrada nas avenidas próximas ao ponto. Além disso, verifica-se também, que boa parte das ruas possuem o solo exposto ou recoberto por areia.

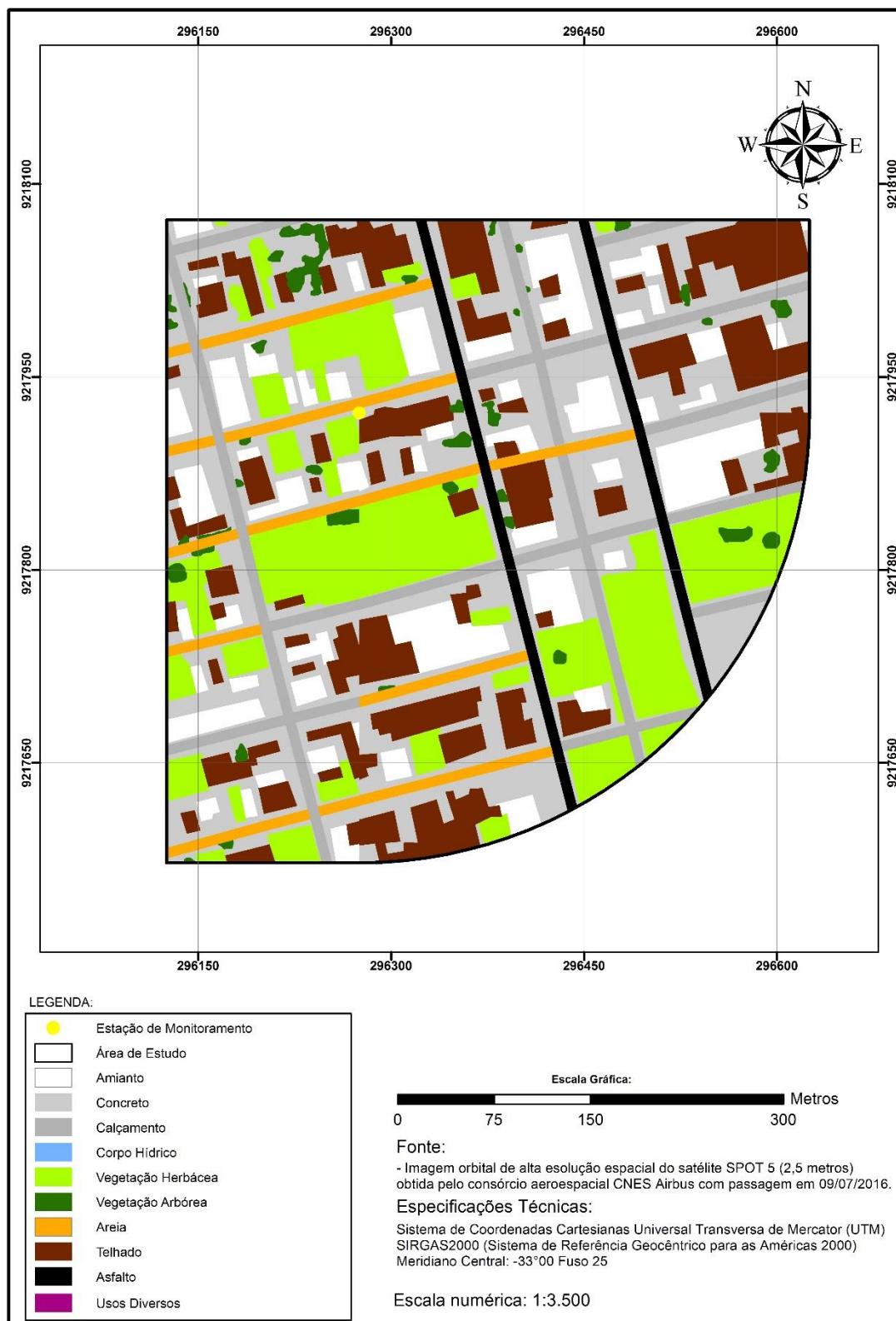


Figura 08. Uso e ocupação do solo do ponto experimental 02

5.1.3 Caracterização física do ponto de monitoramento 03

O ponto 03 também localizado no bairro do Bessa está inserido dentro do perímetro urbano. Diferente dos demais, esse ponto foi instalado em uma residência em área aberta. O recobrimento do solo é composto por gramíneas, mas na sua maior parte o solo é recoberto por concreto e cerâmica. Tal ponto está localizado a 1,2 km de distância do fragmento florestal, sendo ele o ponto na área urbana mais próximo da FLONA.

Com relação ao uso e ocupação do solo, verifica-se um maior percentual de cobertura do solo tipo paralelepípedo, concreto, telhados e cobertura amianto. Existem também fragmentos espaçados de cobertura vegetal herbácea e arbórea. O asfalto está inserido apenas nas avenidas. Observa-se também a maior proximidade com o Oceano Atlântico, sendo este um fator influenciador desta área.

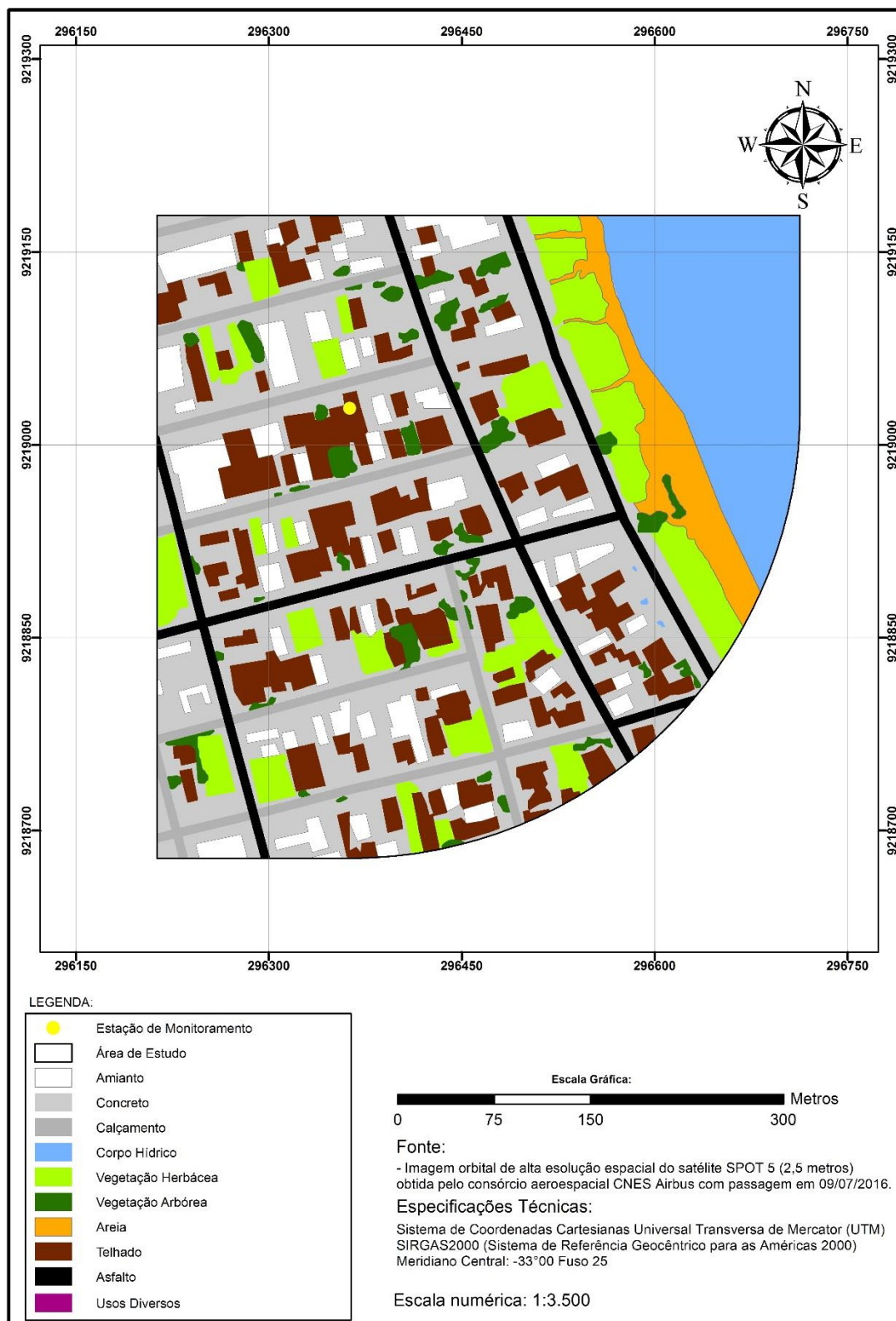


Figura 09. Uso e ocupação do solo do ponto experimental 03

5.1.4 Caracterização física do ponto de monitoramento 04

O ponto 04 é um dos pontos inseridos dentro da Flona da Restinga de Cabedelo. Foi instalado na borda da mata estando a aproximadamente 5 metros de distância da Br 230. Através da Figura 10

é possível observar as características do entorno deste ponto. Existe proximidade com o asfalto da Br, além de solo desnudo.

No p04, a maior parte do seu uso e ocupação do solo é constituída de cobertura vegetal arbórea, e outra pequena parcela do tipo cobertura herbácea. A proximidade com a BR230 demonstra exatamente o contraste dos diversos usos e ocupações do solo entre uma área urbanizada e uma área vegetada. Tal características definem a borda da FLONA com uma área de transição para a urbanização, pois do outro lado da rodovia encontra-se o bairro residencial e comercial do Bessa, recoberto por materiais do tipo telhado, amianto e concreto em sua maioria.

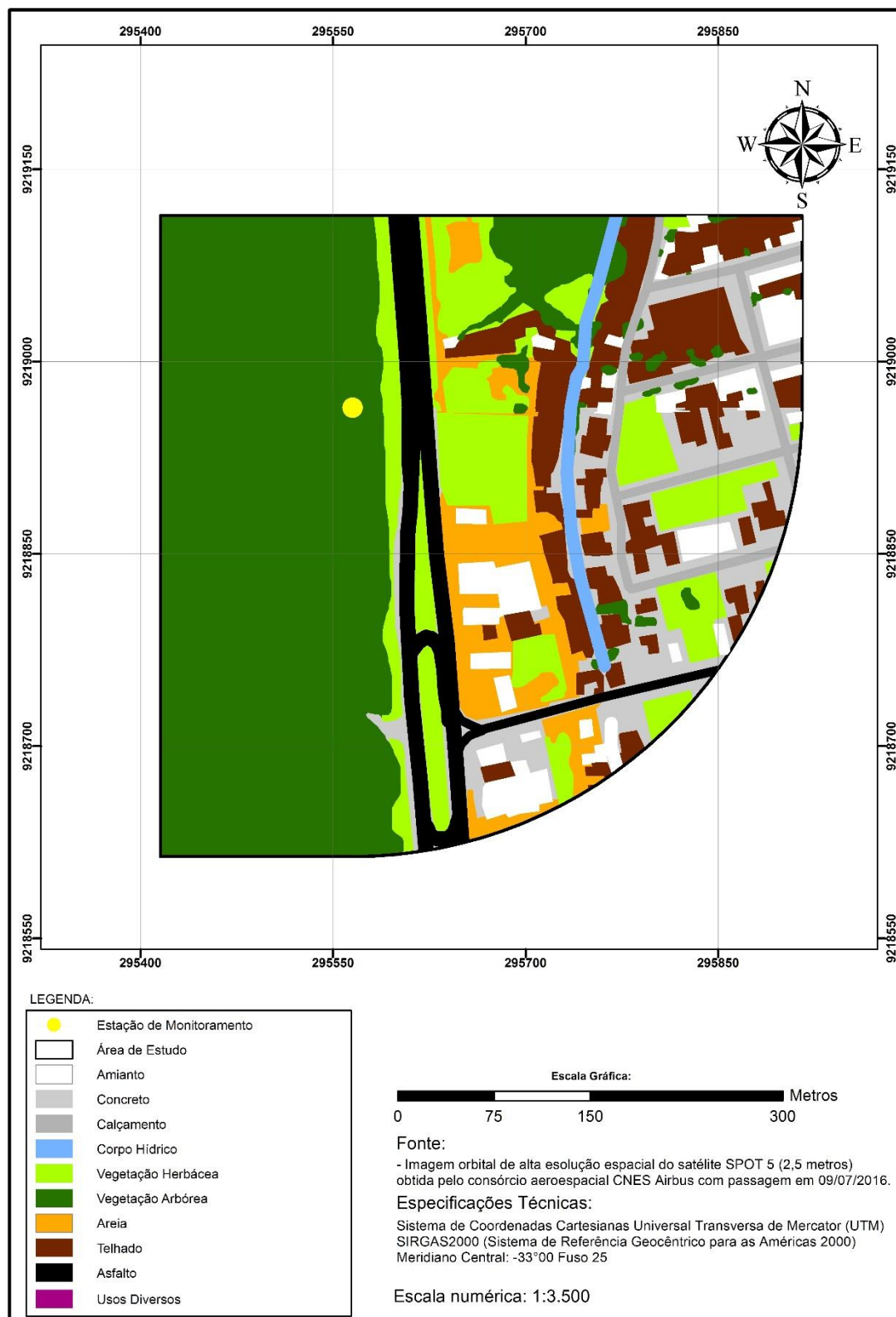


Figura 10. Uso e ocupação do solo do ponto experimental 04

5.1.5 Caracterização física do ponto de monitoramento 05

O P05 está inserido na FLONA (Figura 11) e dista 50 metros da BR 230. Esse é o ponto de referência utilizado na avaliação entre a zona urbana (p01, p02 e p03) e a FLONA (p04 e p05). Este ponto está inserido em um remanescente de Mata Atlântica e apresenta vegetação tanto arbórea quanto herbácea, mas com alguns pontos de clareiras e solo desnudo.

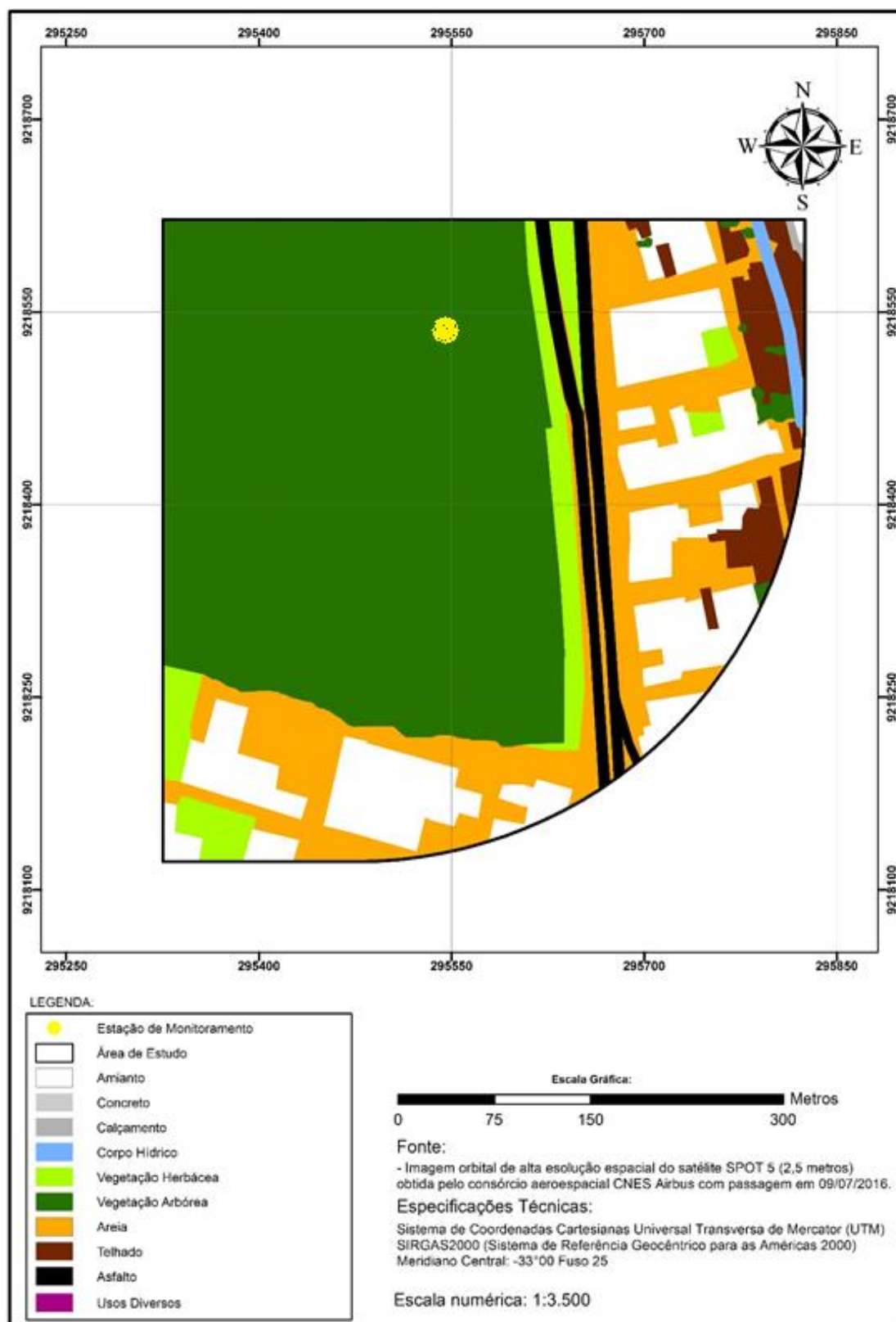


Figura 11. Uso e ocupação do solo do ponto de monitoramento 05

5.2 AVALIAÇÃO DA CLIMATOLOGIA GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

Para a realização da avaliação da climatologia geral foram utilizados os dados oficiais da estação meteorológica do INMET, localizada em João Pessoa (A320) latitude -7.165409° e longitude -34.815670. A partir dos dados históricos de 30 anos (1986-2015) consecutivos. Foi possível analisar o comportamento da temperatura, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos e da precipitação. A escolha desta estação se deu pela proximidade com a área de estudo em questão.

A média das temperaturas máximas para a cidade de João Pessoa foi de 29,7°C durante a série de 30 anos de dados (figura 12), sendo assim, destacam-se os anos de (1988, 1993, 1997, 1999, 2001 e 2002) como sendo os que estiveram dentro da média geral na série histórica analisada

Com relação aos anos que tiveram temperaturas maiores que a média geral se destacam os anos de 1987, 1996, 1998, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013, 2014 e 2015). Tal aumento de temperatura no início dos anos 2000 até 2011 decorre da expansão urbana que ocorreu em João Pessoa, por sua vez modifica as estruturas naturais do espaço, substituindo as áreas verdes por áreas construídas, o que possibilita o aumento das temperaturas (SOBREIRA *et al.*, 2011).

Dentro da série investigada, a maior média de temperatura encontrada foi de 30,6 °C no ano de (2010) e a menor média da temperatura foi de 28,9°C no ano de (2004), com amplitude térmica de 1,7°C.

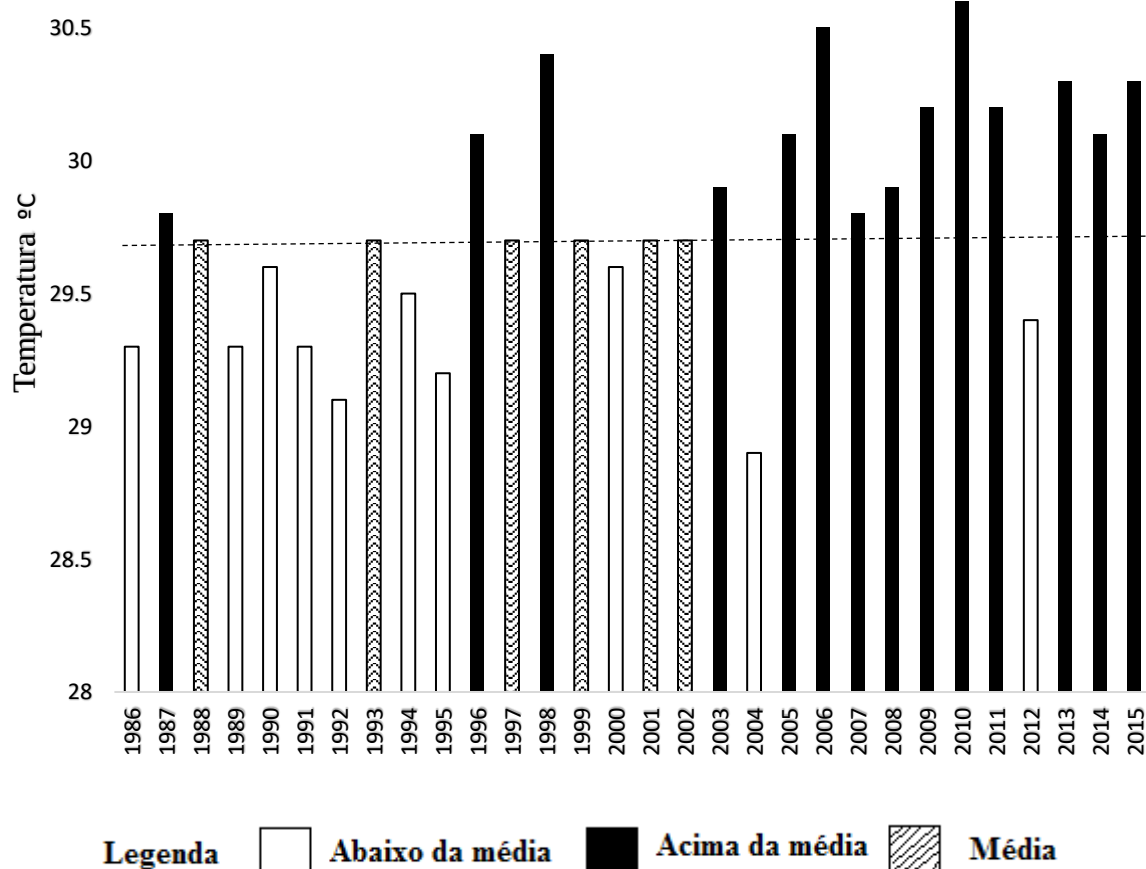


Figura 12. Média anual de temperatura máxima (1986-2015)

Já com relação à média mínima de temperatura (figura 13) obteve-se para a região 23,7°C, durante os anos de (1994, 1995 e 2000). As temperaturas mínimas pouco diferiram durante os anos, mantendo um padrão, onde a mínima foi de 22,3°C em (1988) e a máxima foi de 24,5 °C nos anos de (1992, 1998 e 2006). Dessa forma, obteve-se uma diferença de 2,2°C entre a maior e menor média mínima de temperatura para esta série de dados.

Essas diferenças são bastante significativas, de acordo com o IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (2007), os cenários apontavam diferenças de temperatura acima de 2°C na média global. No entanto, guardada as devidas proporções essas diferenças já podem ser percebidas para as médias locais da área de estudo. Ávila (2014) destacou que em Minas Gerais a cada década houve um aumento de 1,5°C, onde foi constatado que tal mudança ocorrida é fruto da urbanização que ocorreu no Estado, tal fato pode ser comparado ao que também ocorreu na cidade de João Pessoa.

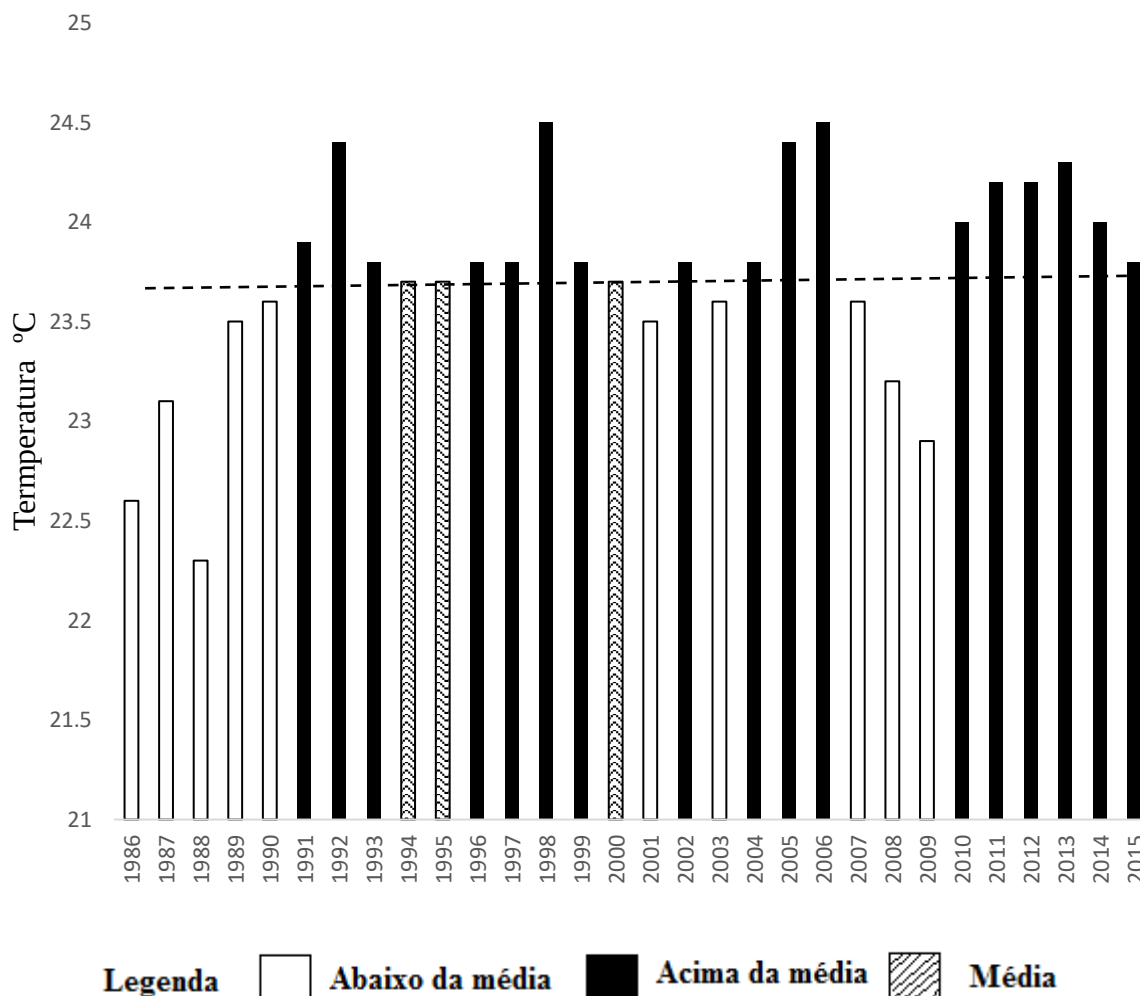


Figura 13. Média anual de temperatura mínima (1986-2015)

No que diz respeito a umidade relativa do ar, vale destacar que este elemento climático é um dos componentes do clima que mais interferem na qualidade de vida das pessoas, principalmente daquelas que vivem no meio urbano. Desse modo, a média geral da umidade relativa do ar para a cidade foi de 76% (figura 14), e apenas o ano de 2015 esteve na média.

Dentre os anos analisados, 13 deles estiveram acima da média (1986, 1993, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2010 e 2012). Já 16 anos estiveram abaixo da média (1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2007, 2009, 2011, 2013, 2014).

corroborando com o aumento das temperaturas. A maior média da umidade relativa do ar registrada foi de 78,6% no ano de (2005) e a menor de 73,9% em 1987,

A umidade relativa do ar é um elemento crucial para análise das condições de conforto térmico ambiental da população. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a umidade relativa do ar precisa variar entre 50% e 80% para que se considere em condições confortáveis. Acima ou baixo desses valores é considerada condições de risco à saúde humana.

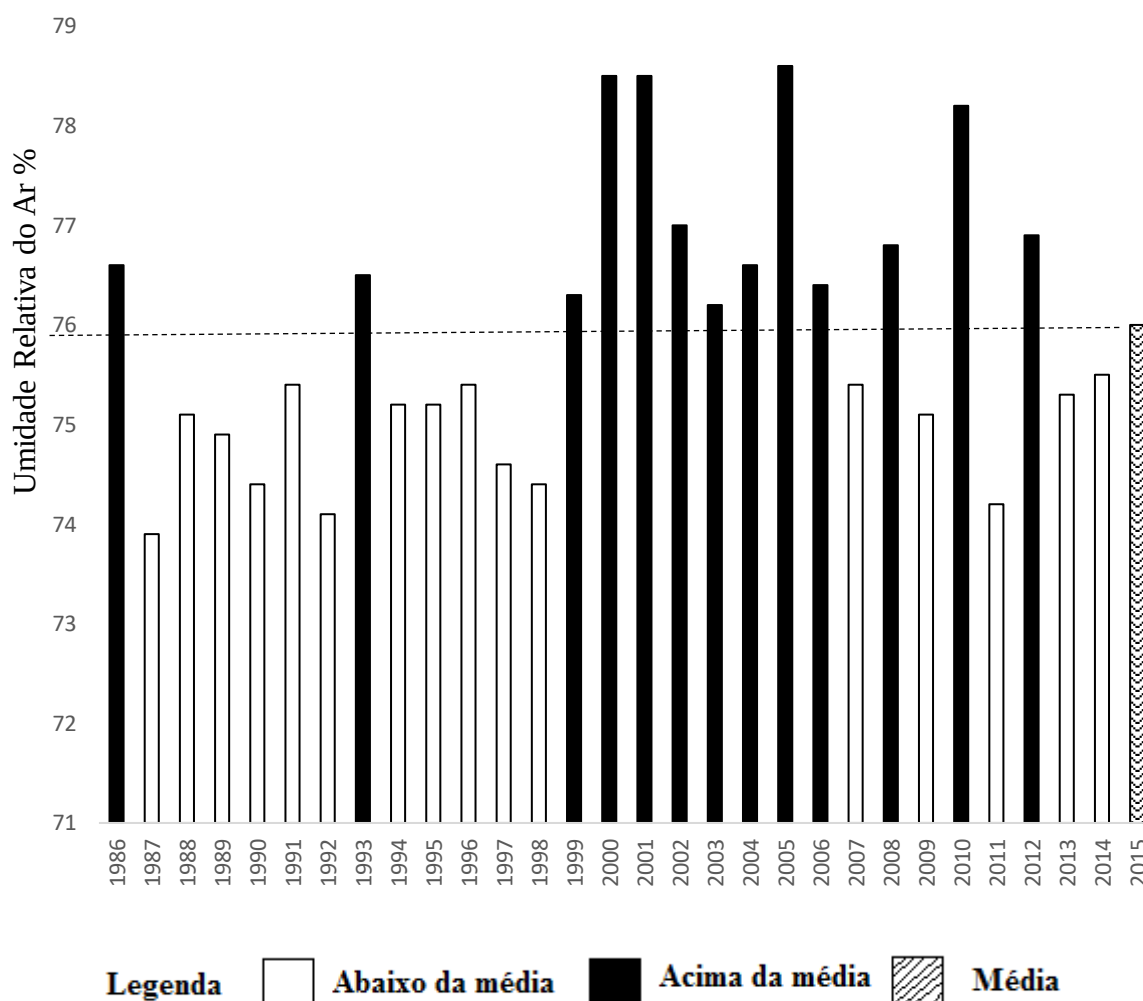


Figura 14. Média anual da Umidade relativa do ar (1986-2015)

Os ventos se originam através das diferenças de gradientes da pressão atmosférica. Eles partem das zonas de maior para as de menor pressão, sofrendo influências do movimento de rotação d aterra, bem como da topografia e o atrito com a superfície terrestre (TUBELIS & NASCIMENTO, 1984).

De acordo com Santos (2010) a área de estudo está inserida na faixa de influência dos ventos alísios de sudeste. Nesse sentido, avaliando a velocidade dos ventos dentro da série climatológica

investigada, observou-se que a média estabelecida para a área foi de 2,9 m/s nos anos 1991, 1993, 1994 e 2012 (Figura 15). De acordo com a classificação da escala de *Beaufort* a velocidade entre 1,6 - 3,3 m/s é caracterizada por ser uma brisa leve, onde as folhas se movem e o vento é sentido no rosto.

Para 15 anos (1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1992, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000, 2001, 2013, 2014 e 2015) a velocidade dos ventos foi superior à média, sendo a maior média de 3,5 m/s. A escala de *Beaufort* define que velocidade entre 3,3 - 5,4 m/s é caracterizada com brisa fraca onde as folhas e os ramos pequenos se movem continuamente. As menores médias ocorreram entre os anos de 2002 a 2011 caracterizadas por brisas leves.

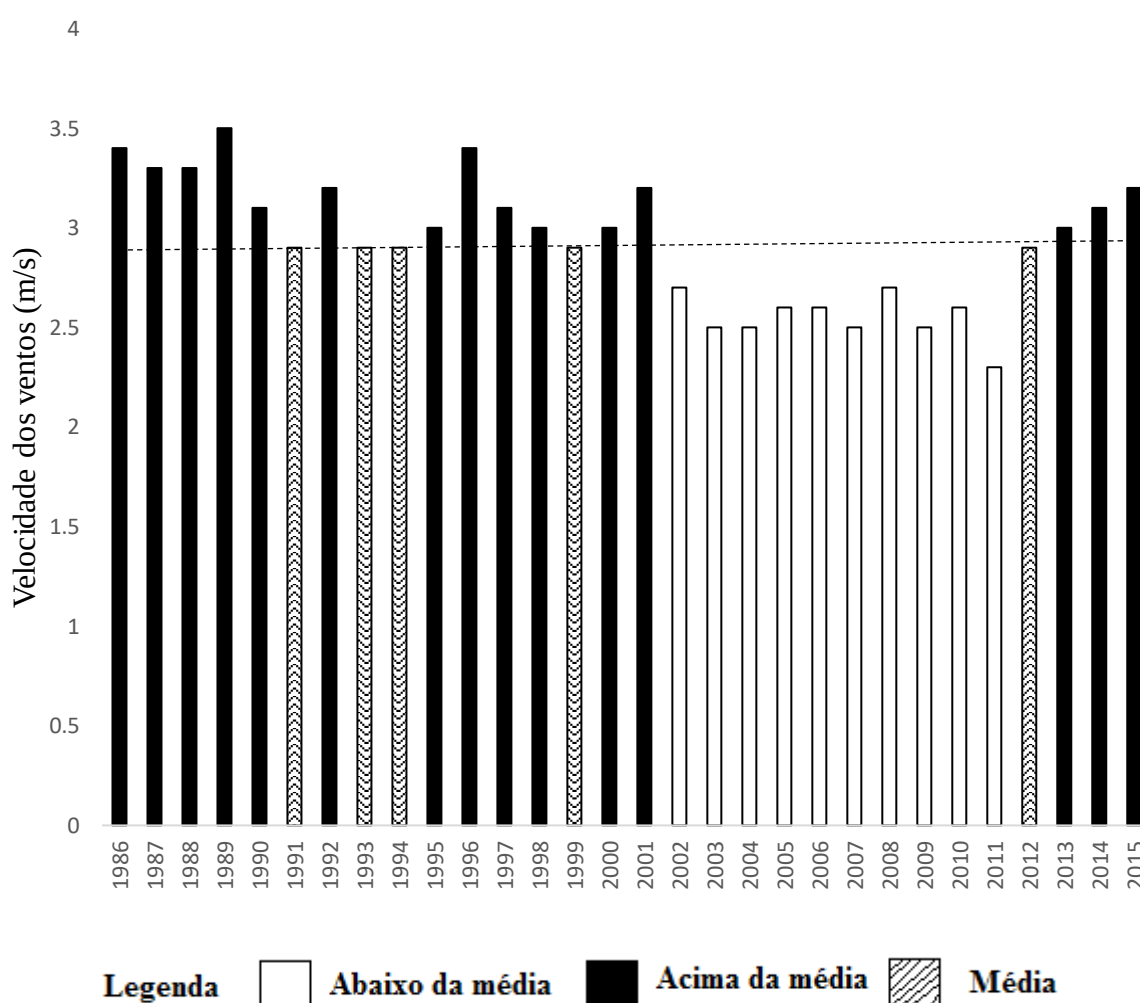


Figura 15. Média anual da velocidade dos ventos (1986-2015)

O vento é um importante elemento climático na amenização das altas temperaturas de áreas urbanas. Outro elemento crucial é a precipitação.

A média geral da pluviometria da cidade foi de 1808,00 mm (Figura 16). No entanto, nenhum dos 30 anos ficaram dentro da média da série histórica investigada. Sendo assim 16 dos anos

obtiveram médias pluviométricas acima da média, destacando os anos de (1994 e 2009) por terem a pluviosidade maior que 2500,00 mm. Já os outros anos ficaram abaixo da média, com destaque para o ano de 1999 com 1090,00 mm. O Nordeste Brasileiro passa por várias diferenças anuais no que diz respeito a quantidade de chuvas, existem anos são muito secos e outros nem tanto, tal fato se dá pela existência de diversas zonas áridas que passam por muitos períodos de secas (PEREIRA, 2014).

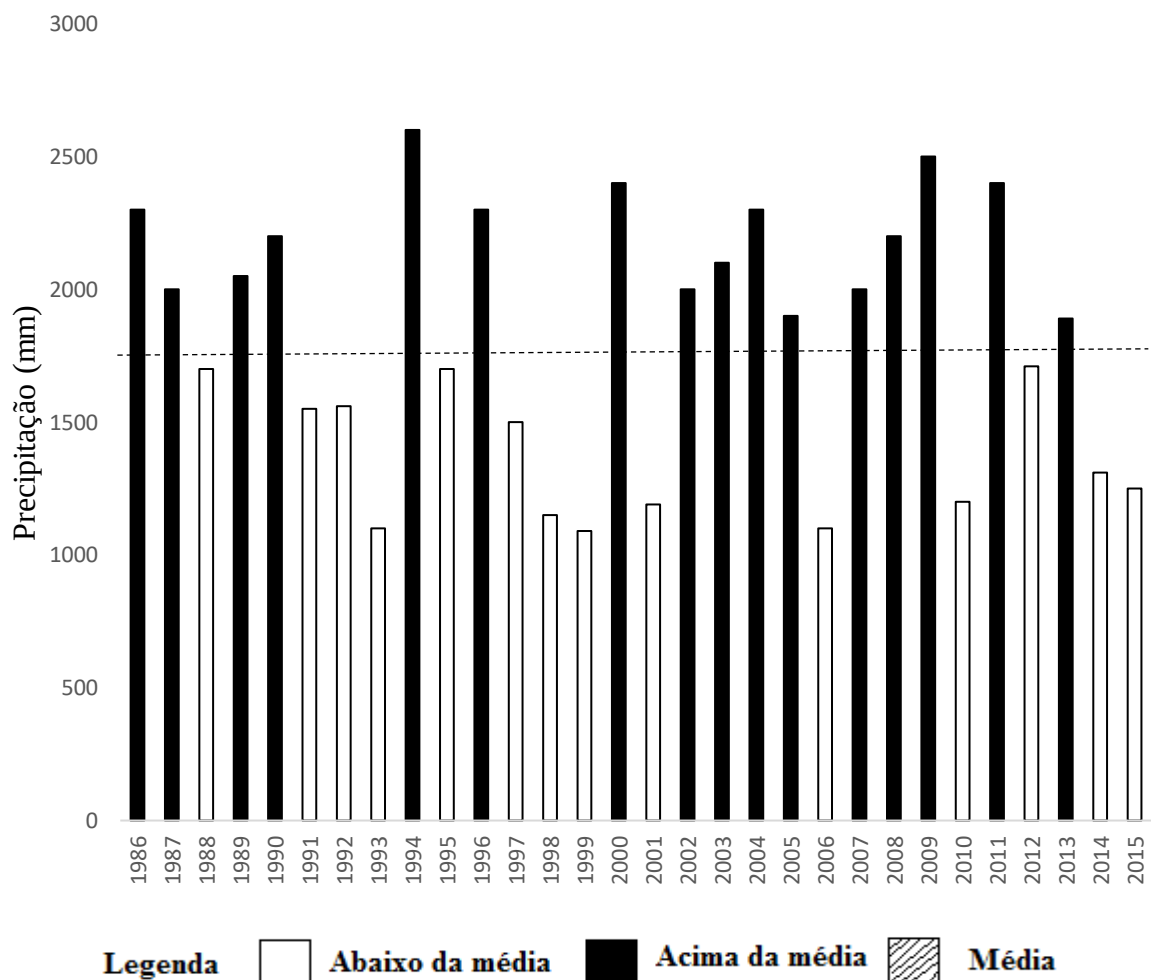


Figura 16. Média anual de precipitação (1986-2015)

5.3 COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NOS PONTOS DE MONITORAMENTO DURANTE O PERÍODO SECO

Através da (figura 17) é possível observar o comportamento durante o mês de janeiro referente ao período seco de monitoramento no P01. Observa-se também que a média diária de temperatura para mês de janeiro deste ponto é de 30,7°C. Nota-se que a maior parte dos dias monitorados ficaram acima da média, sendo a maior temperatura registrada, de 32,1 °C.

A menor média de temperatura foi obtida no mês de janeiro com 26,2 °C. Desse modo, a amplitude térmica encontrada no ponto 01 foi de 5,9°C. Observa-se que o P01 obteve a maior temperatura encontrada em todo período de análise. Este comportamento está diretamente relacionado com os diversos tipos de os materiais de uso e cobertura do solo -concretos, calçamentos e amianto – que perfazem boa parte do entorno deste ponto. Tais materiais apresentam albedo diferentes e são condutores de calor. Vale destacar, que materiais de recobrimento que possuem características de alta porcentagem de albedo (80%) refletem para o ambiente boa parte da energia recebida através da radiação solar. Já os materiais que apresentam baixo albedo absorvem mais calor. (ADLER e COLBY, 2015).

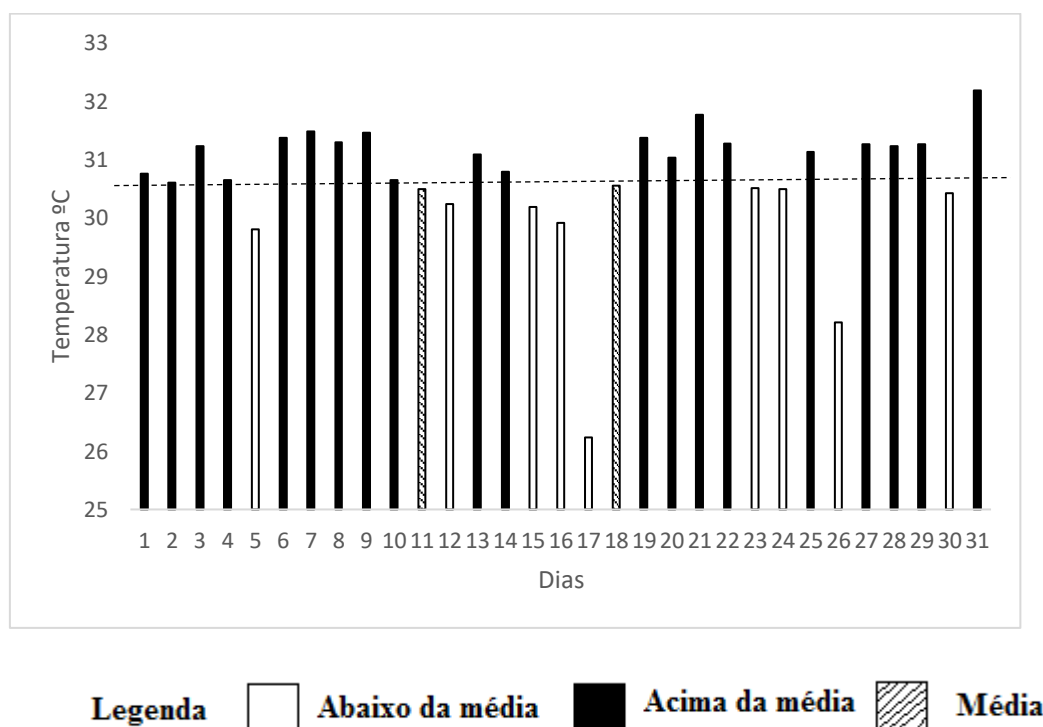


Figura 17. Comportamento diário da temperatura durante o período seco no P01

Na figura 18, observa-se o comportamento da temperatura no P02 para o mês de janeiro, onde a média diária encontrada foi de 30,4°C. Neste ponto houve uma maior homogeneidade na distribuição das médias, considerando que aproximadamente metade dos dias ficaram acima dela, e a outra metade, abaixo da média.

A menor média diária identificada foi de 26,1°C. Já a maior média diária encontrada no período seco foi de 31,7°C. Neste ponto de referência a amplitude térmica foi de 5,6°C.

Observa-se claramente que os resultados foram semelhantes ao ponto experimental 01 devido a semelhança dos materiais de recobrimento do solo encontrados no entorno deste ponto. De acordo com um estudo realizado por Santos (2013) na cidade de João Pessoa\pb, os materiais de recobrimento do solo interferem diretamente no campo térmico local alterando as condições do campo térmico urbano da área do entorno de cada ponto monitorado.

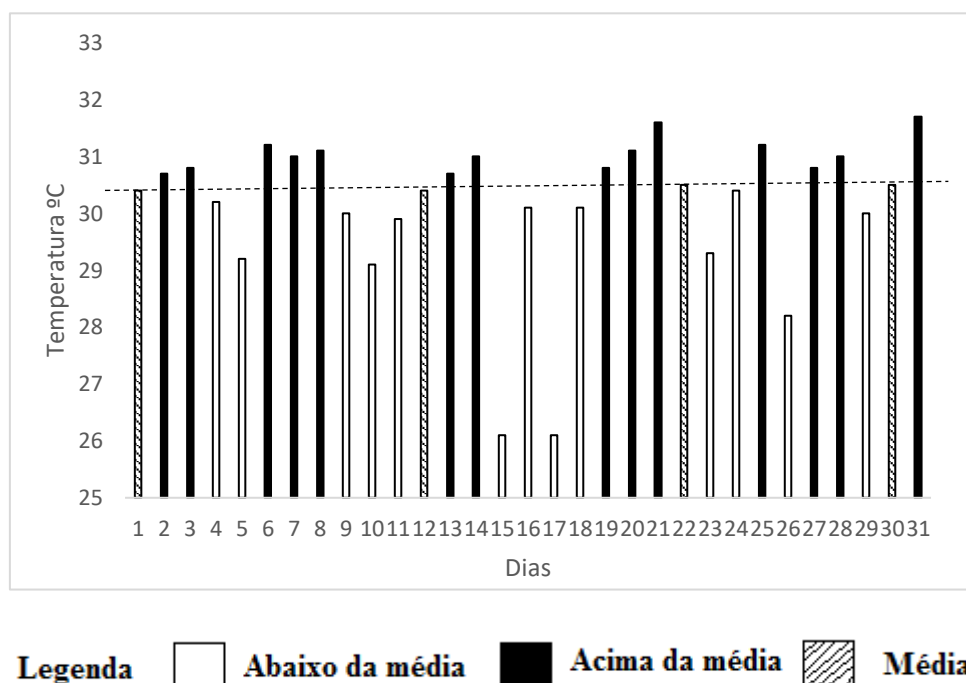


Figura 18. Comportamento diário da temperatura durante o período seco no P02

Para o P03 (Figura 19), a média diária da temperatura obtida no mês representativo do período seco (janeiro) foi de 29,6 °C. Vale destacar, que a maior parte dos dias ficaram acima desse valor durante o período monitorado. Para esse ponto a maior média obtida foi de 30,1°C e a menor foi de 26,2°C. A amplitude térmica deste ponto foi de 3,9°C. O p03 foi o ponto localizado em área urbana que obteve as menores temperaturas, tal fato pode deve está associado a proximidade dele com o oceano, que serve como regulador térmico permite uma maior absorção da energia térmica através da água, diminuindo assim, a quantidade de energia que iria ser absorvida pelo solo(ROSOLEN, 2011). Além disso, sua proximidade com a Flona – dos pontos localizados em

área urbana é o mais próximo da Reserva Florestal - também pode ter colaborado para este resultado.

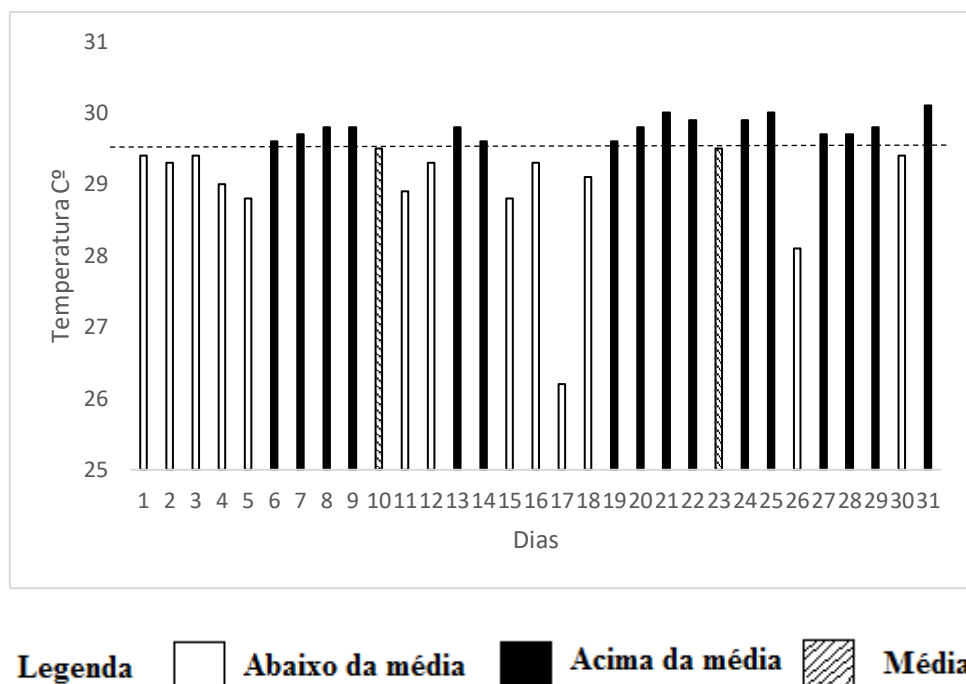


Figura 19. Comportamento diário da temperatura durante o período seco no P03

Observando o comportamento da temperatura no P04 (Figura 20) verificou-se que a média diária do período seco foi de 28,3°C. Observa-se que na maior parte dos dias monitorados a média da temperatura ficou dentro da média observada.

No P04 – ponto já inserido na borda da FLONA - a maior média diária do período encontrada foi de 29,1°C. Já a menor média foi de 25,3°C. Sendo assim, a amplitude térmica encontrada foi de 3,8°C para este ponto de monitoramento. Dessa forma, destaca-se que o p04 por estar inserido na borda da Flona já sofre os efeitos da amenização climática.

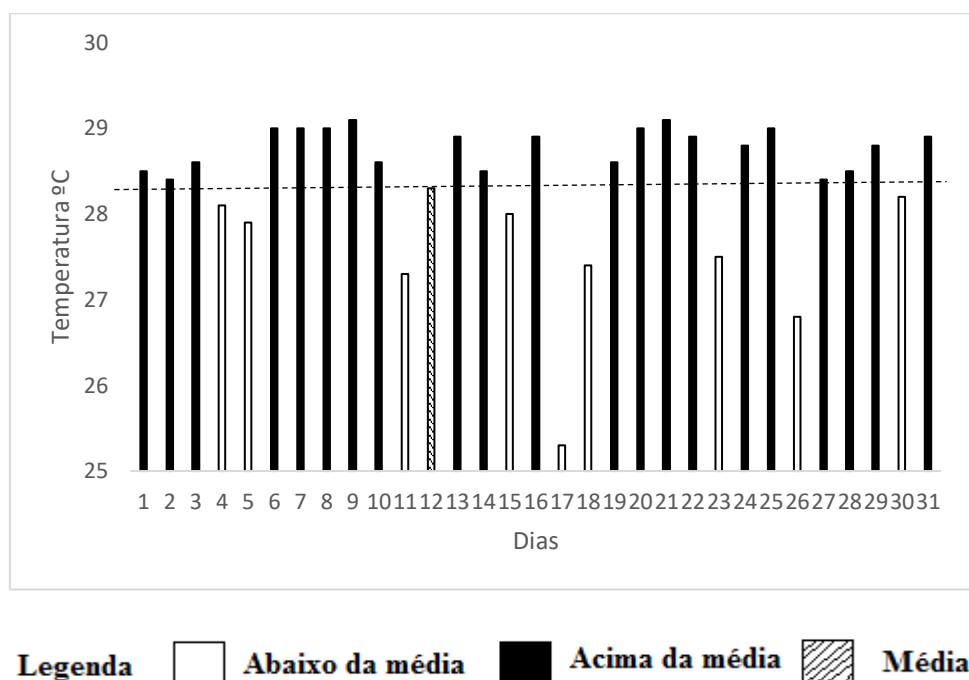


Figura 20. Comportamento diário da temperatura durante o período seco no P04

Verificando o comportamento diário do P05 (Figura 21), observou-se uma média de 28,2 °C. Verifica-se também na figura, que diferentemente dos demais pontos, a maioria deles ficaram abaixo da média. Este ponto também está localizando dentro da Flona e já sofre a influência da cobertura vegetal local, onde a vegetação predominante é arbórea e parte dela rasteira, o que pode ter favorecido a existência das menores temperaturas durante o período analisado. A maior média encontrada neste ponto de monitoramento foi de 28,9°C e a menor foi de 25,4°C. Sendo assim, a amplitude térmica foi de 3,5°C.

De acordo com Gomes e Amorim (2003) a vegetação traz diversos benefícios ao ambiente, como por exemplo, a regulação da temperatura local. Tal efeito ocorre através da absorção da radiação solar, o que posteriormente será utilizada em processos biológicos como a fotossíntese e a transpiração. O sombreamento também contribui para a redução das temperaturas nesses ambientes.

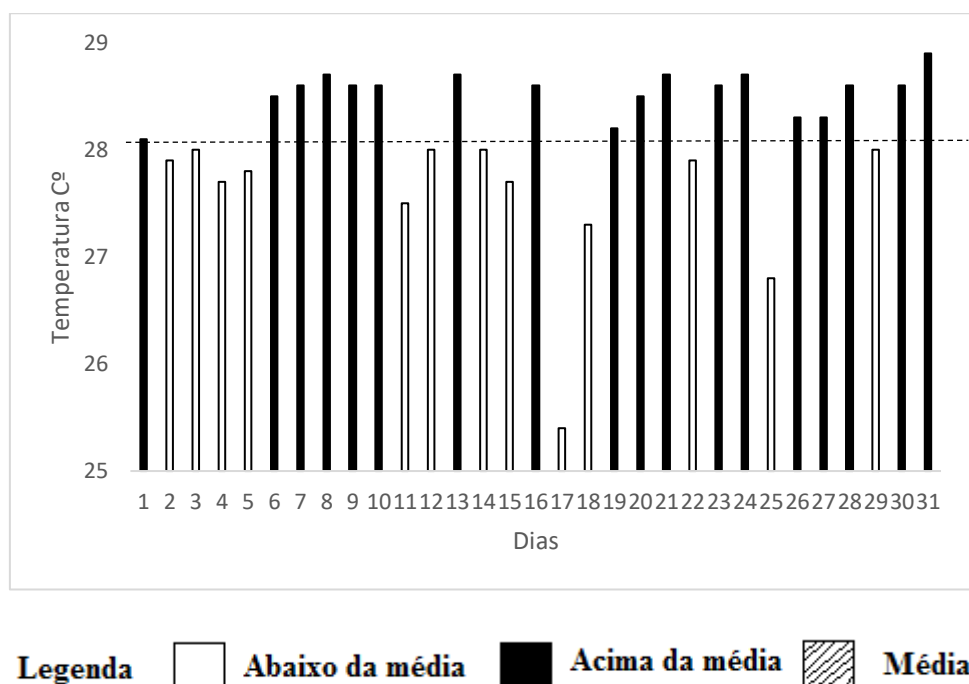


Figura 21. Comportamento diário da temperatura durante o período seco no P05

Na figura 22 verifica-se o comportamento semanal das médias de temperaturas do período seco. É possível notar a formação de um gradiente térmico com um comportamento padrão do tipo decrescente. Tal resultado demonstra a influência da Flona nas condições microclimáticas do seu entorno. Isso reforça a importância da preservação desta reserva que presta um serviço ambiental imprescindível para a amenização climática local.

Observando o comportamento das 04 semanas de monitoramento no período seco da área de estudo, verifica-se também que no P01 são encontradas as maiores médias/semanais, enquanto que no P05, são encontradas as menores médias semanais. Isso reforça a compreensão de um gradiente térmico na direção crescente dos pontos localizados na mata em direção aos pontos localizados na área urbano do entorno da Flona.

Por conseguinte, os dados apontam para uma amenização climática para aqueles pontos que estão mais próximos da floresta, identificando assim, o papel importante da cobertura vegetal como reguladora da temperatura principalmente em áreas urbanas. (LANDSBERG, 1981).

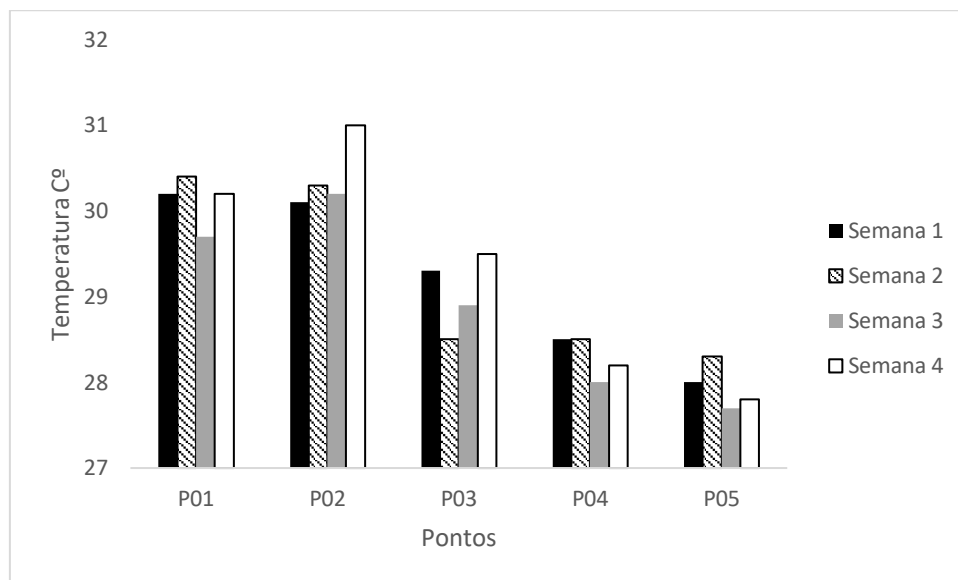


Figura 22. Comportamento semanal da temperatura dos pontos monitorados

Tal comportamento também pôde ser observado verificando o comportamento da média mensal dos pontos monitorados. As médias para o mês de janeiro ficaram entre 30,5°C e 28°C. Destaca-se o mesmo padrão de comportamento crescente das temperaturas entre a Flona e a área urbana do seu entorno. Dessa forma, destaca-se a relação dos diversos materiais de recobrimento do solo e papel da vegetação na dinâmica microclimática dos pontos monitorados. Essa relação também foi encontrada por Santos (2011) na cidade de João Pessoa\PB e Santos (2017) no estudo do campo térmico da cidade de Bayeux\PB.

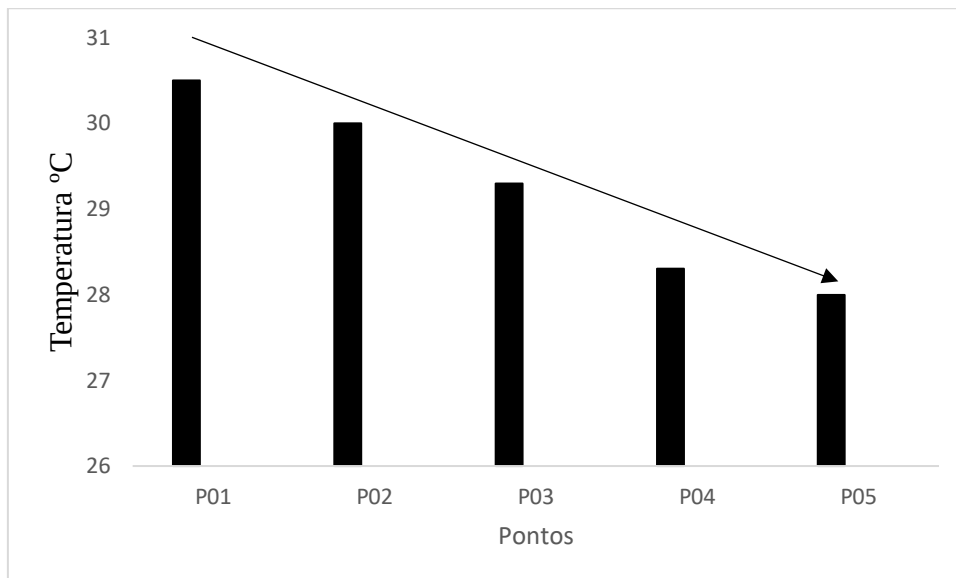


Figura 23. Comportamento mensal dos pontos monitorados

Outro elemento climático analisado no estudo foi o comportamento da umidade relativa do ar dos pontos monitorados. Verificou-se que P01 (figura 24) apresentou a média de 66%. Vale salientar, que a maior parte dos dias ficaram abaixo dela. As médias baixas de umidade relativa do ar encontradas neste ponto, podem ser explicadas pelo próprio uso e ocupação do solo considerando que a porcentagem de área construída é impermeabilizada é maior que as áreas verdes. Tais materiais potencializam o aumento da temperatura, a redução da umidade relativa do ar e consequentemente o desconforto térmico local (SANTOS, 2011).

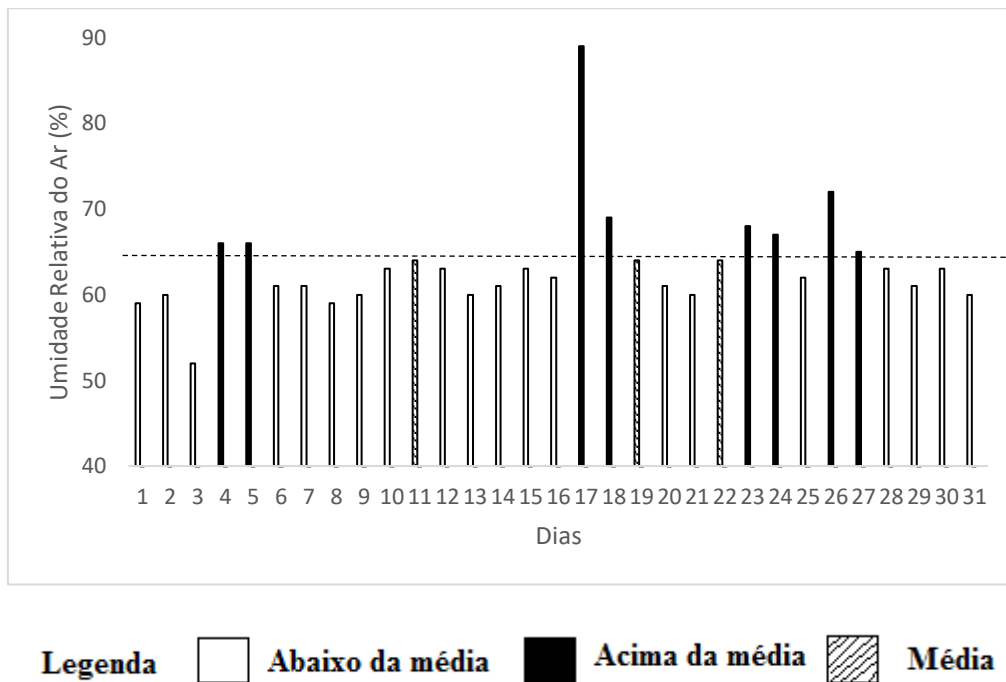


Figura 24. Comportamento da umidade relativa do ar no P01 durante o período seco

No P02 a média diária da UR identificada foi também de 68% (Figura 25). A maior parte dos dias monitorados durante o período seco ficaram abaixo dela.

A menor UR encontrada neste ponto experimental foi de 59%. Os demais dias ficaram entre 60% e 70%. O P02 também possui características de uso e cobertura do solo semelhantes ao P01 (solo impermeável/redução da cobertura vegetal) que influenciam a existência de menores porcentagens de UR.

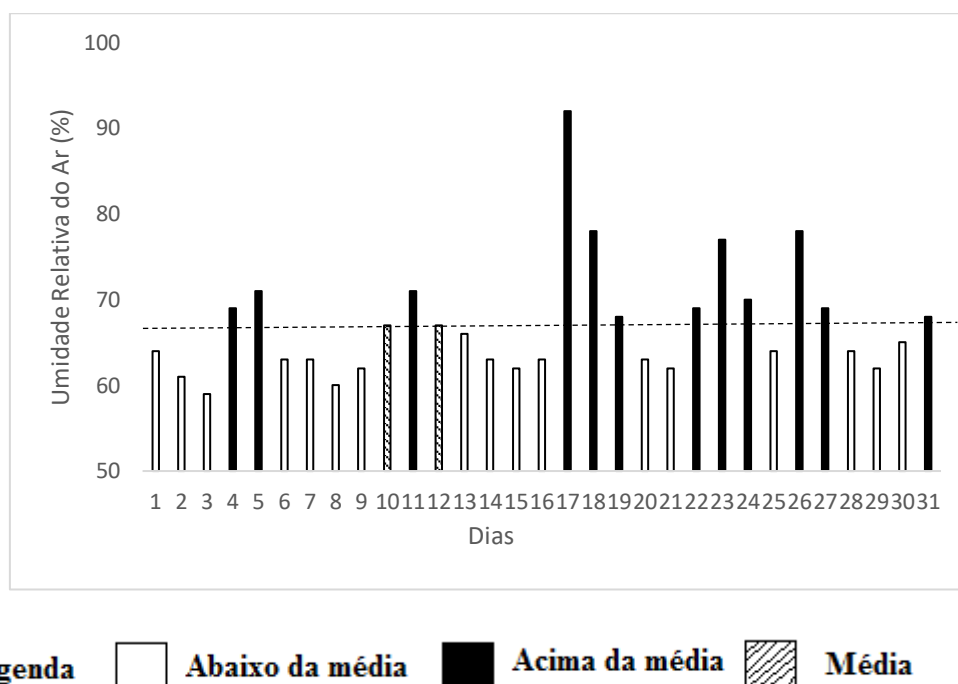
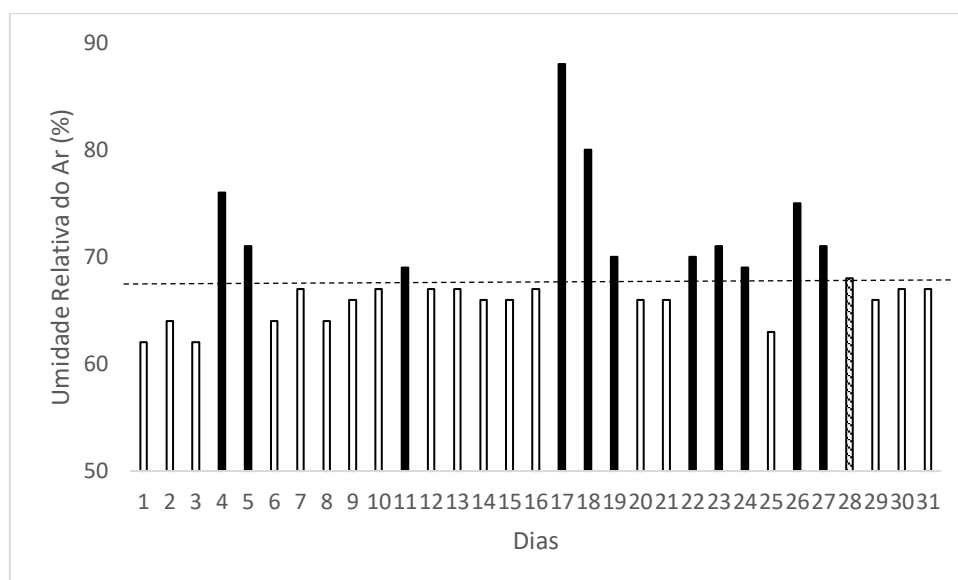


Figura 25. Comportamento da umidade relativa do ar no P02 durante o período seco

A média da UR no P03 foi de 68%. A maior parte dos dias ficaram abaixo desta média (Figura 26). A maior média de UR encontrada em pontos localizados em área urbana do entorno da FLONA foi de 88% no P03. Já a menor média encontrada foi de 62% neste mesmo ponto.

Esse ponto recebe influência direta do mar e está localizada a 1,4 km da FLONA. Ou seja, é o ponto mais próximo da FLONA dentre os demais localizados em área urbana.



Legenda **Abaixo da média** **Acima da média** **Média**

Figura 26. Comportamento da umidade relativa do ar no P01 durante o período seco

No P04 a média diária da umidade relativa do ar foi de 77% (Figura 27). Na mesma figura, observa-se que a maior parte dos dias ficaram abaixo da média. Para esse ponto, a maior média de umidade relativa do ar foi de 97%. Já a menor média de umidade relativa do ar foi de 78%. Tal ponto está localizado dentro na Flona da Restinga de Cabedelo, onde o mesmo foi instalado a 5 metros de distância da Br 230, sendo assim, influenciado diretamente pela cobertura vegetal existente na área.

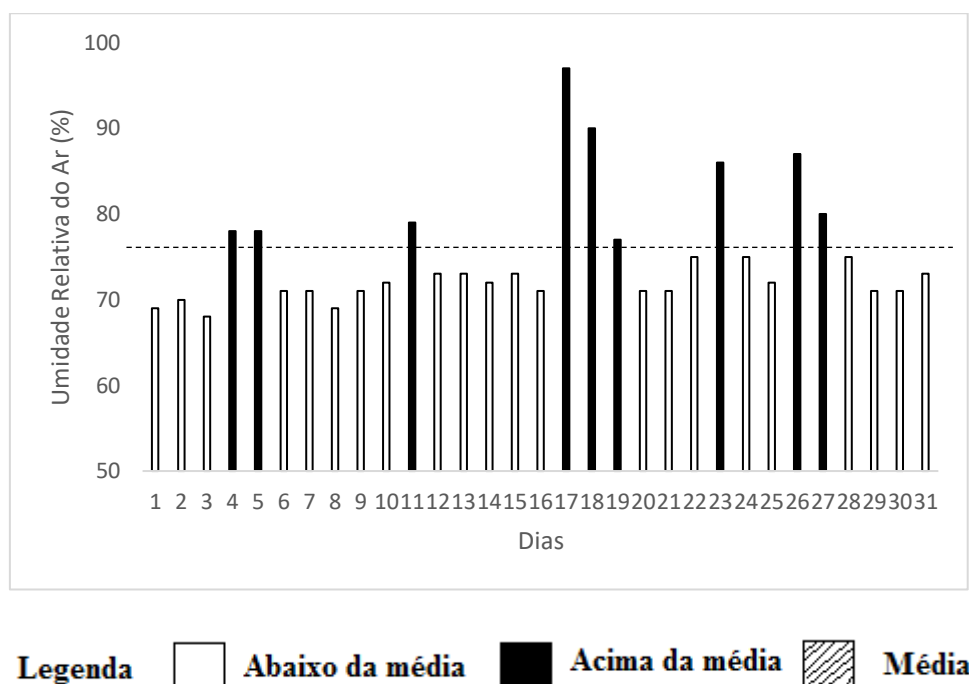


Figura 27. Comportamento da umidade relativa do ar no P04 durante o período seco

A figura 28 demonstra o comportamento diário da UR no P05. A média registrada foi de 74%. Neste ponto houveram poucos dias que ficaram acima da média. A maior média diária da umidade relativa do ar registrada foi 96% e a menor de 68% .

O P05 também localizado dentro Flona, tal fato possibilitou que as maiores médias na umidade relativa do ar fossem encontradas neste ponto, sendo este ponto o que possui as melhores condições de UR comparado com os demais pontos monitorados. Isso reforça mais uma vez o papel da cobertura vegetal na manutenção da umidade relativa do ar. A OMS recomenda que as taxas de umidade relativa do ar estejam entre 60 e 80%, desse modo os valores encontrados no P05 conseguem ser superiores a esta recomendação, demonstrando assim a importância da Flona para a região.

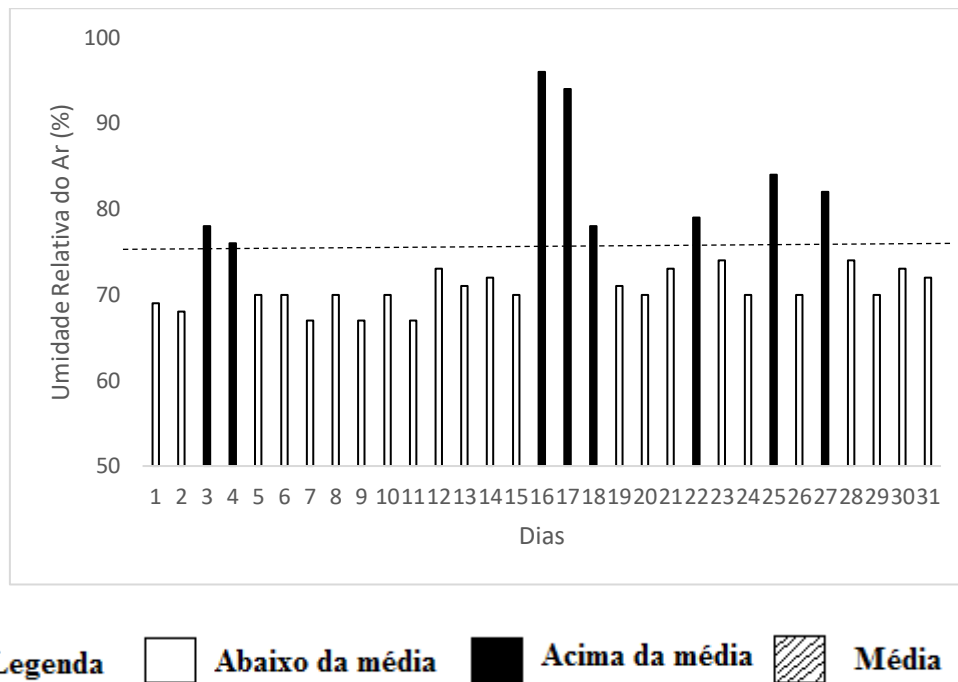


Figura 28. Comportamento da umidade relativa do ar no P05 durante o período seco

De acordo com a figura 29, a umidade relativa do ar semanal obedece um padrão diferente das médias da temperatura, pois neste caso, o percentual de umidade é crescente em relação ponto monitorado dentro da Flona, ou seja, o gradiente de umidade relativa do ar é inverso em relação ao gradiente de temperatura (decrece da Flona para as áreas urbanas do entorno).

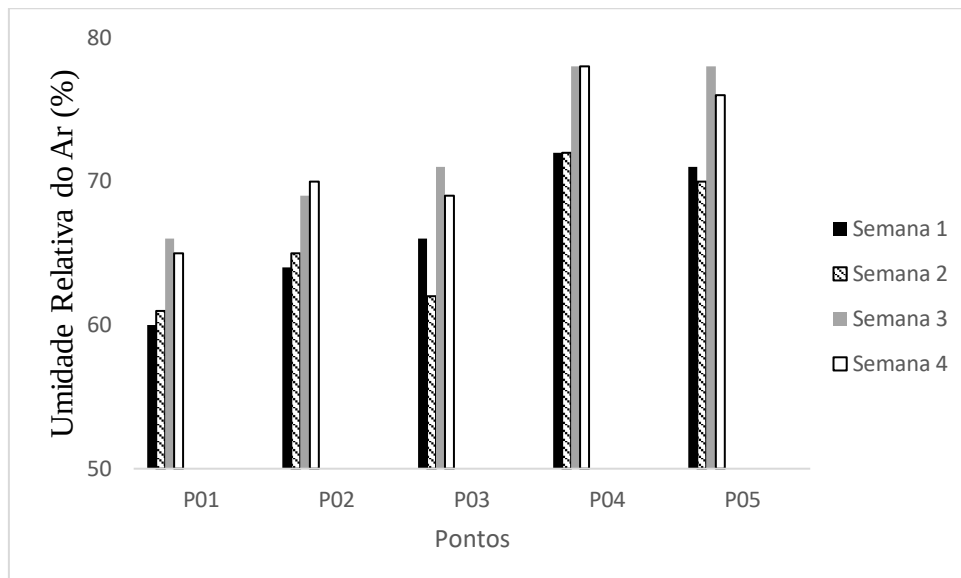


Figura 29. Comportamento da umidade semanal no período seco

Neste caso, verificou-se o aumento gradativo da UR à medida que o ponto se aproxima da FLONA.

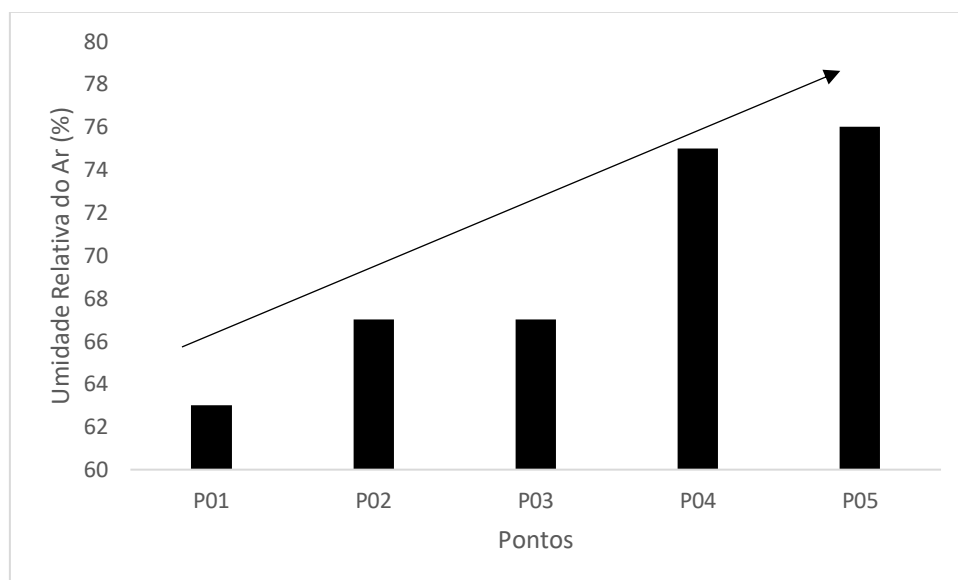


Figura 30. Comportamento mensal da umidade no período seco

5.4 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS ILHAS DE CALOR NO PERÍODO SECO

Observando a Figura 31, verifica-se o comportamento médio diário da ilha de calor na amostra experimental P01 durante o período seco da área de estudo. Os resultados demonstram que a média da ilha de calor para este ponto foi de 2,5°C, o que caracteriza uma ilha de calor de média magnitude. Verifica-se também, que a maior parte dos dias apresentaram ilhas de calor abaixo da

média diária e que ocorreu uma ilha de frescor, -1°C no dia 16/01. Esta ilha de frescor pode ser explicada pelo resfriamento das superfícies sólidas por algum evento climático (pluviosidade).

A ilha de calor mais intensa foi de $5,9^{\circ}\text{C}$ caracterizada como de forte magnitude. Isso demonstra mais uma vez que áreas urbanizadas sem a presença de vegetação de porte arbóreo apresentam predisposição a obter maiores intensidades de ilha de calor, pois os materiais impermeáveis de recobrimento do solo urbano apresentam geralmente baixo albedo e aprisionam calor. De acordo com Souza (2004) as ilhas de calor estão associadas a falta de planejamento das cidades, que por sua vez tem excesso de construções e baixa concentração de áreas verdes.

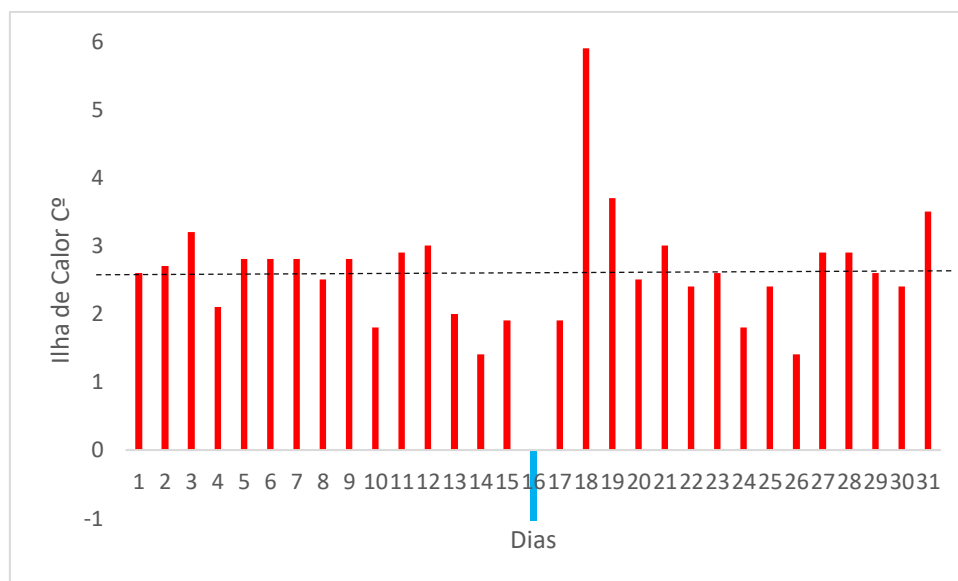


Figura 31. Comportamento das ilhas de calor no p01 durante o período seco

Para o P02, as ilhas de calor apresentaram uma média de $2,2^{\circ}\text{C}$, sendo um pouco menor que ilhas encontradas no P01. Neste caso, semelhantemente ao P01, como demonstra a figura 32, as ICU na maior parte dos dias ficaram abaixo da média. A ilha de calor encontrada neste ponto caracteriza-se como sendo de média magnitude.

Verifica-se na amostra experimental que a maior IC encontrada foi de 3°C sendo caracterizada de média magnitude. De um modo geral, as ilhas de calor neste ponto experimental ficaram entre $1,5^{\circ}\text{C}$ e 2°C durante todo o período analisado. A diferença entre a maior ilha de calor e a menor foi de $2,5^{\circ}\text{C}$.

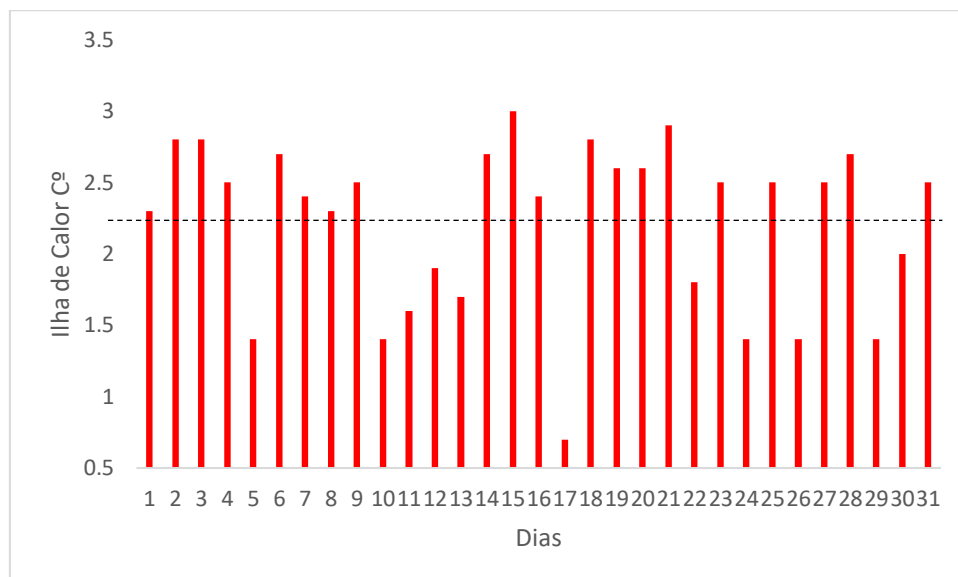


Figura 32. Comportamento das ilhas de calor no p02 durante o período seco

No P03, a média diária das ilhas foi de 1,1°C (Figura 33), sendo considerada de fraca magnitude. A maior ilha de calor encontrada neste ponto foi de 1,6°C, caracterizada por ser de média magnitude. Já a menor ilha de calor obtida foi de 0,7°C considerada de fraca magnitude.

O P03 está localizado na malha urbana próximo ao Ocenó Atlântico e a FLONA distando 1,4 km desta Reserva Ecológica. Mesmo estando localizado em uma área urbanizada, como os demais pontos 01 e 02 e apresentando recobrimento do solo do tipo concreto, calçamento, telhados e cobertura de vegetação herbácea, tal ponto recebe influência de um corpo hídrico no seu entorno e por ser o mais próximo da Flona (ponto de referência) também é influenciado por esse resquício de Mata Atlântica. Isso demonstra mais uma vez a importância das áreas verdes urbanas na amenização climática. Para Amorim (2011) o uso de áreas verdes como uma reguladora da temperatura é uma medida eficaz para que se diminua a concentração de energia nas áreas urbanas.

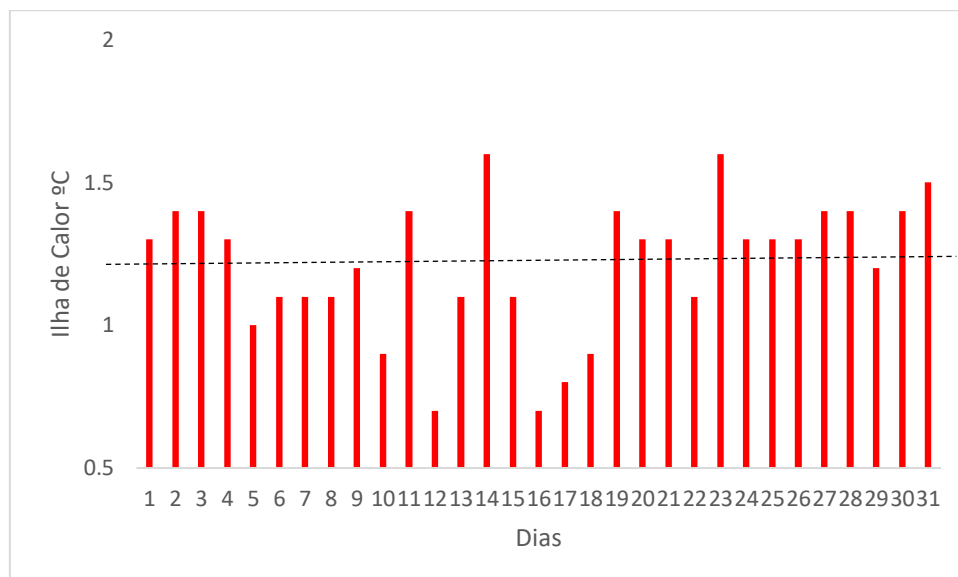


Figura 33. Comportamento das ilhas de calor no p03 durante o período seco

A figura 34 demonstra o comportamento da ilha de calor no P04. Foi verificada a existência de uma ilha de frescor neste ponto, no valor de $-0,4^{\circ}\text{C}$. Neste ponto, a média diária das ilhas de calor foi de $0,8^{\circ}\text{C}$, o que caracteriza por ser de fraca magnitude. A maior ilha encontrada foi de $1,7^{\circ}\text{C}$.

O P04 encontra-se na borda da Flona e dista 50m do ponto de referência P05. Esse ponto recebe toda a influência da cobertura vegetal da FLONA. Por isso, possibilitou a diminuição das ilhas de calor. Em um estudo semelhante realizado por Amorim (2011), utilizou-se um fragmento florestal como ponto de referencia para as análises das ilhas de calor urbanas e a medida que os pontos monitorados dentro do perímetro urbano se distanciavam da reserva, maiores foram as ilhas de calor encontradas.

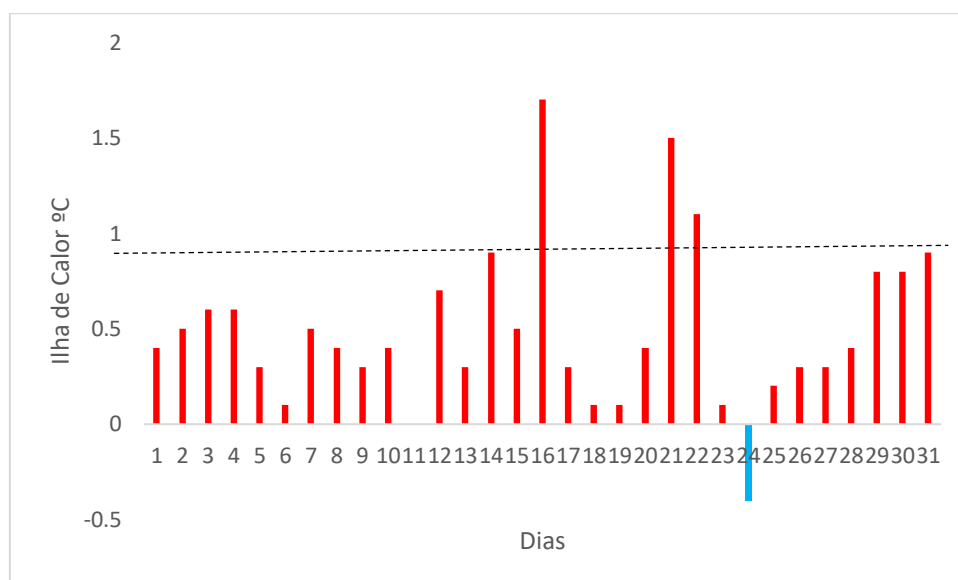


Figura 34. Comportamento das ilhas de calor no p04 durante o período seco

No que diz respeito a análise do comportamento semanal das ilhas de calor na área de estudo (Figura 35), verificou-se um padrão crescente no sentido FLONA e seu entorno urbanizado nos pontos monitorados.

Observando o comportamento semanal das ilhas de calor nos pontos monitorados, verifica-se que a maior ilha de calor da média semanal ocorreu no P02 durante a quarta semana do período seco monitorado. Essa ilha de calor é classificada como de média magnitude.

As menores ilhas de calor das médias semanais ocorreram novamente nos pontos 03 e 04, justamente os pontos mais próximos da FLONA. Verificou-se também uma ilha de frescor na semana 12 no P04. Valem destacar novamente, que ambos os pontos onde as ilhas de calor são menores são justamente os pontos mais próximos da FLONA. Isso reforça a existência de gradiente térmico bem definido no sentido Flona – área urbana. Tais dados, reforçam o serviço ambiental prestado por esta Reserva Ecológica na amenização climática local.

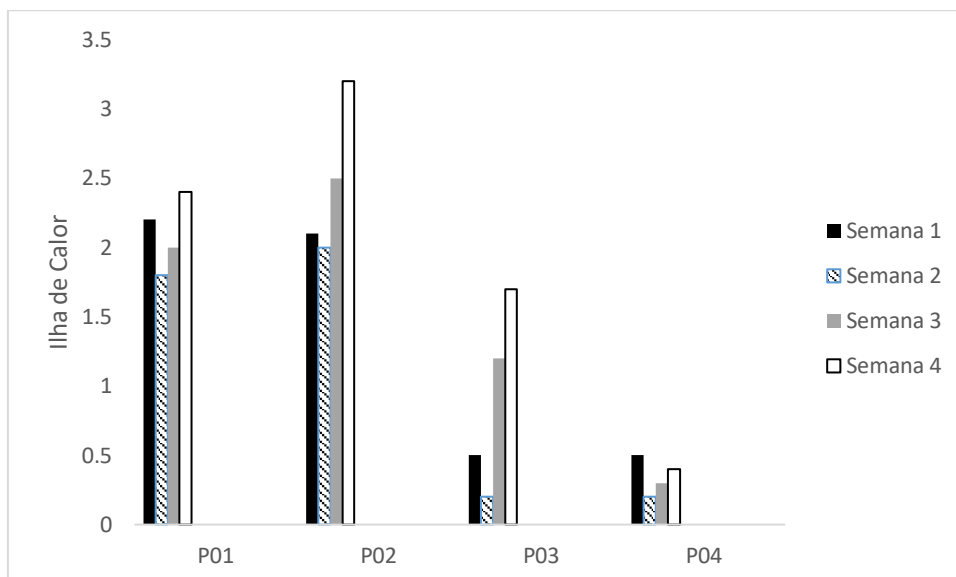


Figura 35. Comportamento das ilhas de calor semanais no período seco

Corroborando com o padrão decrescente das ilhas de calor em direção a FLONA, a figura 36 demonstra o comportamento mensal das ilhas de calor durante o período seco. Diante disso, observa-se que no decorrer dos meses monitorados, as ilhas de calor foram reduzindo sua magnitude em direção a Reserva Ambiental.

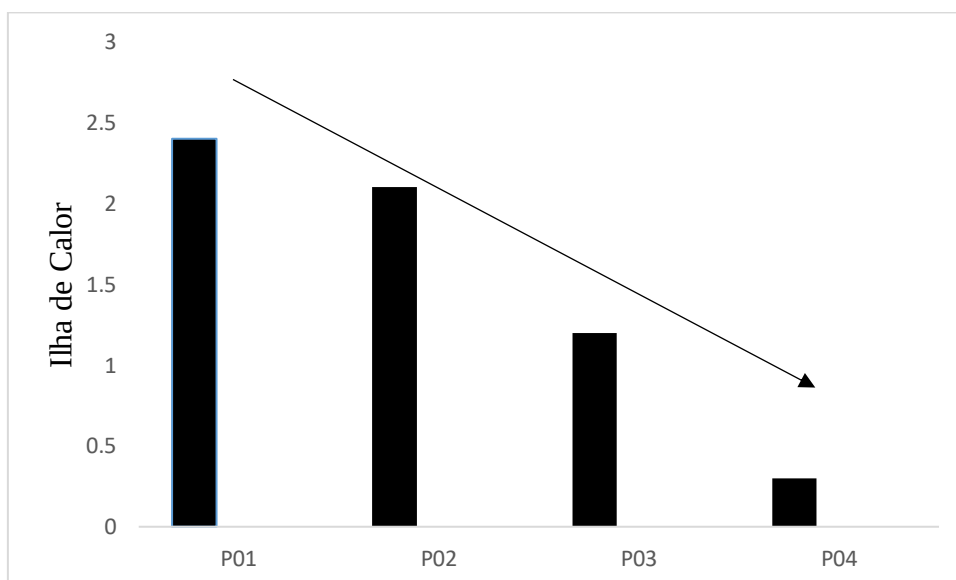


Figura 36. Comportamento das ilhas de calor mensais no período seco

Daí a importância da preservação deste espaço natural em função dos diversos serviços ambientais prestados para as áreas adjacentes na área de estudo.

5.5 COMPORTAMENTO DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO NO PERÍODO SECO

Com relação ao índice de desconforto térmico, pode-se observar que a média encontrada no P01 foi de 26,8°C, classificada como desconfortável. Dessa forma, observando a figura nota-se que a maior parte dos dias ficaram acima da média. Sendo o maior IDT encontrado com média de 28°C (desconfortável) e o menor IDC com 25°C (parcialmente confortável).

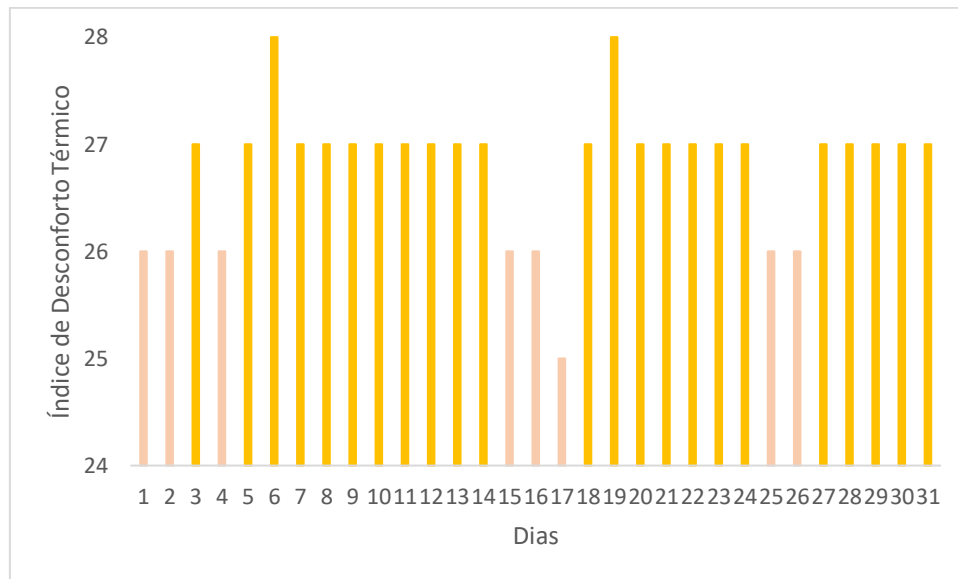


Figura 37. Comportamento do IDT no P01 durante o período seco

No P02 a média do IDT estabelecida diariamente no período seco foi de 26,5°C, sendo assim considerado desconfortável. Neste ponto de monitoramento o maior IDT encontrado foi de 28°C (desconfortável) e o menor foi 22°C (confortável). Vale ressaltar, que Na maior parte dos dias monitorados o IDT é considerado desconfortável.

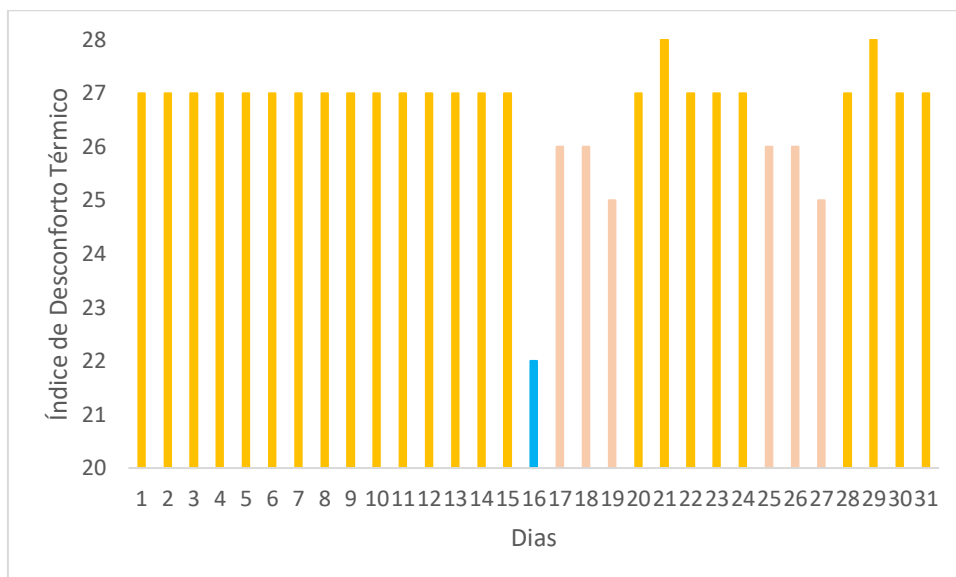


Figura 38. Comportamento do IDT no P02

No ponto 03, a média encontrada do IDT foi de 25,2°C, sendo assim, considerado parcialmente confortável. O maior IDT encontrado neste ponto foi de 28°C (desconfortável) e o menor foi de 23°C (confortável). Vale ressaltar, que a maior parte dos dias obtiveram IDT igual a 26°C, sendo assim, parcialmente confortável.

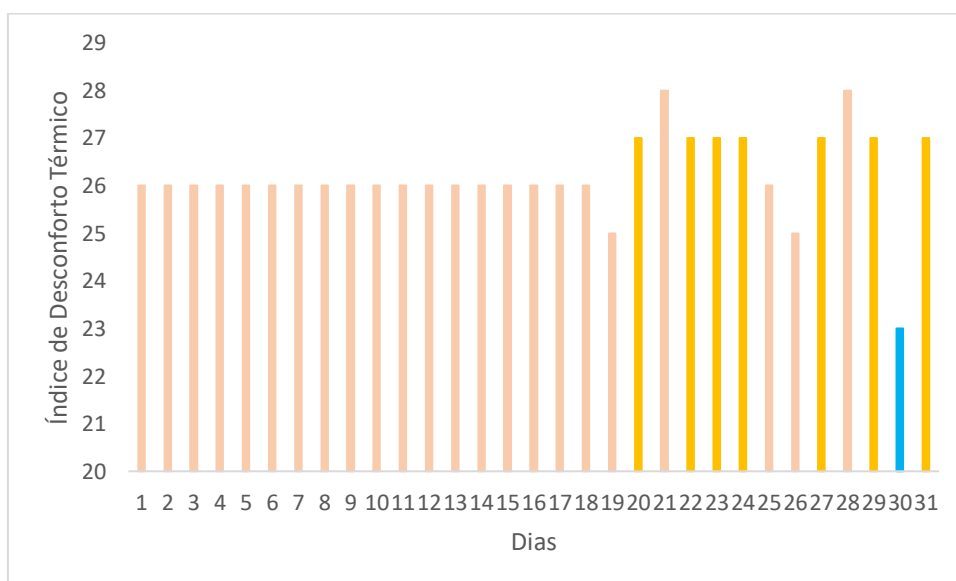


Figura 39. Comportamento do IDT no P03

O comportamento do IDT no p04 teve média diária de 25,2°C, sendo assim, considerado parcialmente confortável. O maior IDT encontrado foi de 26°C (parcialmente confortável) na maior parte dos dias e o menor foi 24°C (confortável). Além disso, destacam-se alguns dias que ficaram com IDT por volta de 25°C, também considerado parcialmente confortável. Observa-se neste caso, uma tendência para os pontos localizados em áreas vegetadas apresentarem melhores condições de

conforto térmico ambiental. Essa queda brusca no IDT que corresponde aos dias 15 à 25 provavelmente está relacionado a algum evento meteorológico (chuvas). Esse comportamento foi verificado apenas nos pontos localizados no interior da Reserva.

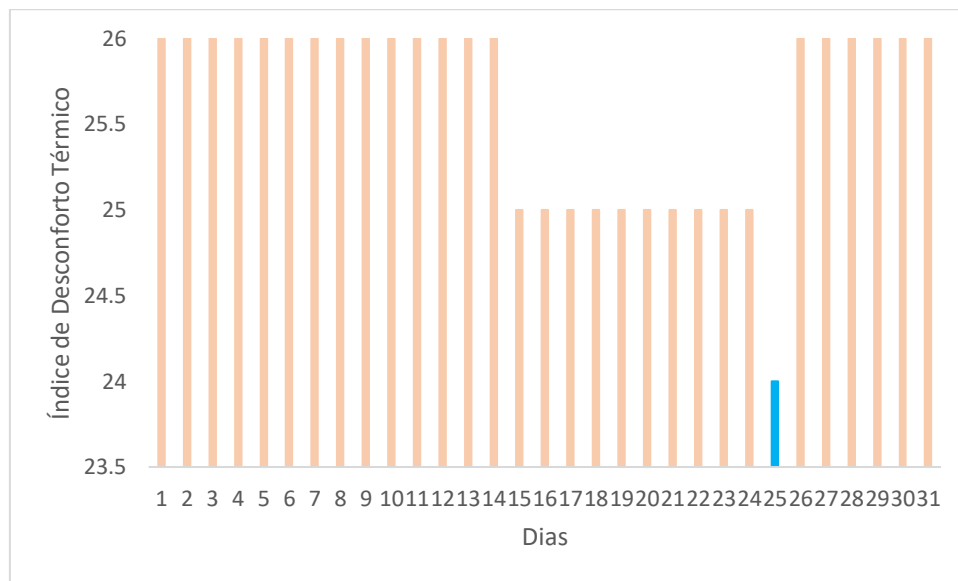


Figura 40. Comportamento do IDT no P04

NO p05, a média diária do IDT foi de 25,5, considerado parcialmente confortável. O maior IDT encontrado foi de 26°C (parcialmente confortável) encontrado na maior parte dos dias. O menor IDT encontrado foi de 24°C (confortável).

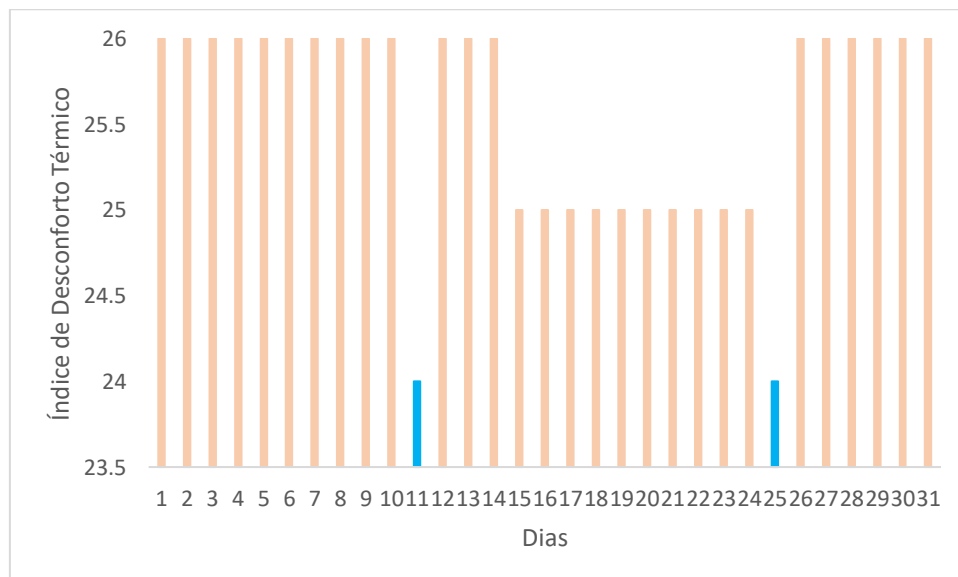


Figura 41. Comportamento do IDT no P05

Na análise semanal do IDT durante o período seco observa-se que os p01 e p02 foram os que atingiram os valores mais altos, sendo a segunda semana de destaque com IDT igual a 27°C, classificado como desconfortável. Já os p03, p04 e p05, tiveram menos idt's que ficaram entre 25 e

26°C, sendo assim considerados parcialmente confortáveis. Mais uma vez, observa-se a influência da FLONA nas condições microclimáticas do entorno.

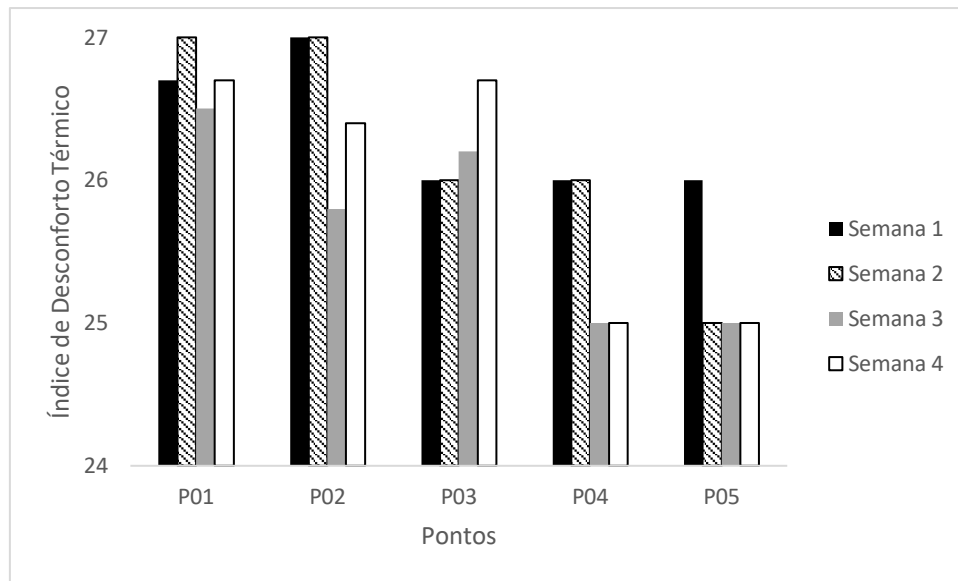


Figura 42. Comportamento do IDT semanal

A tabela 07 apresenta a classificação do IDT durante as semanas monitoradas no período seco.

Diante dela, é perceptível verificar houveram duas classificações gerais para as semanas monitoradas, sendo elas parcialmente confortáveis e desconfortáveis. Destaca-se o P04 e P05 com as melhores condições de conforto térmico ambiental. Desse modo, é possível compreender como a vegetação atua na regulação do conforto térmico (GOMES & AMORIM, 2003), visto que os pontos localizados dentro da FLONA foram os que tiveram as melhores classificações durante o período seco.

Semanas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
P01	26,7	27	26,5	26,7
P02	27	27	25,8	26,4
P03	26	26	26,2	26,7
P04	26	26	25	25
P05	26	25	25	25
Confortável	Parcialmente confortável	Desconfortável	Muito desconfortável	

Tabela 07. Classificação do índice de desconforto término semanal

Com relação ao comportamento mensal do IDT, observa-se que o mesmo obedeceu a um padrão decrescente no sentido FLONA – área urbana, similar ao que ocorreu durante as análises semanais, sendo os p03, p04 e o p05 os que tiveram as melhores condições de conforto térmico, classificados como parcialmente confortáveis.

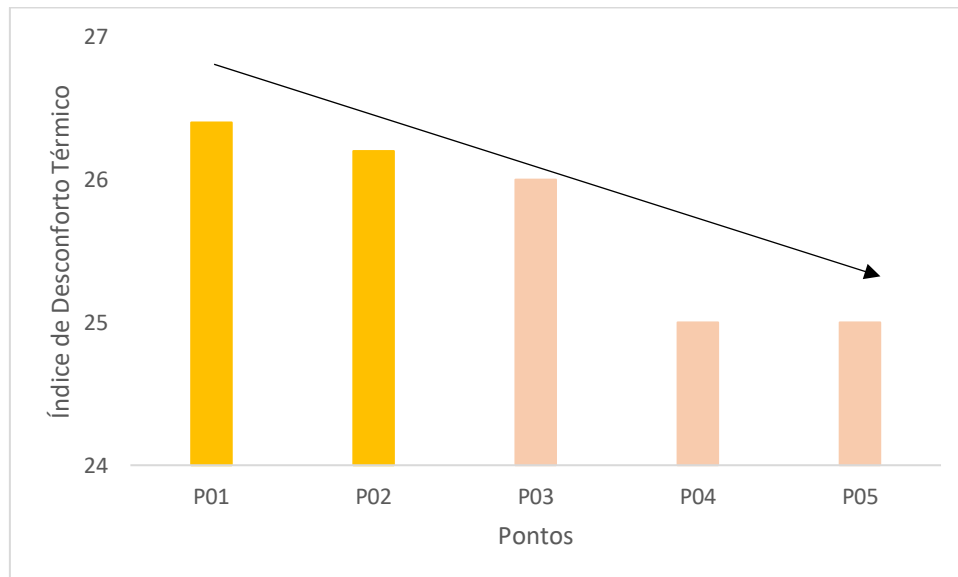


Figura 43. Comportamento mensal do IDT

5.6 COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NOS PONTOS DE MONITORAMENTO DURANTE O PERÍODO CHUVOSO

Para o comportamento diário da variável temperatura no período seco, verificou-se que o P01 (Figura 44) atingiu uma média de 29,8 °C. Verifica-se também na figura, que a maior parte dos dias ficaram abaixo desta média, diferentemente do que ocorreu no período seco da área de estudo. A maior média encontrada neste ponto de monitoramento foi de 30,8°C e a menor foi de 28,2°C Sendo assim, a amplitude térmica foi de 2,6°C para o período chuvoso.

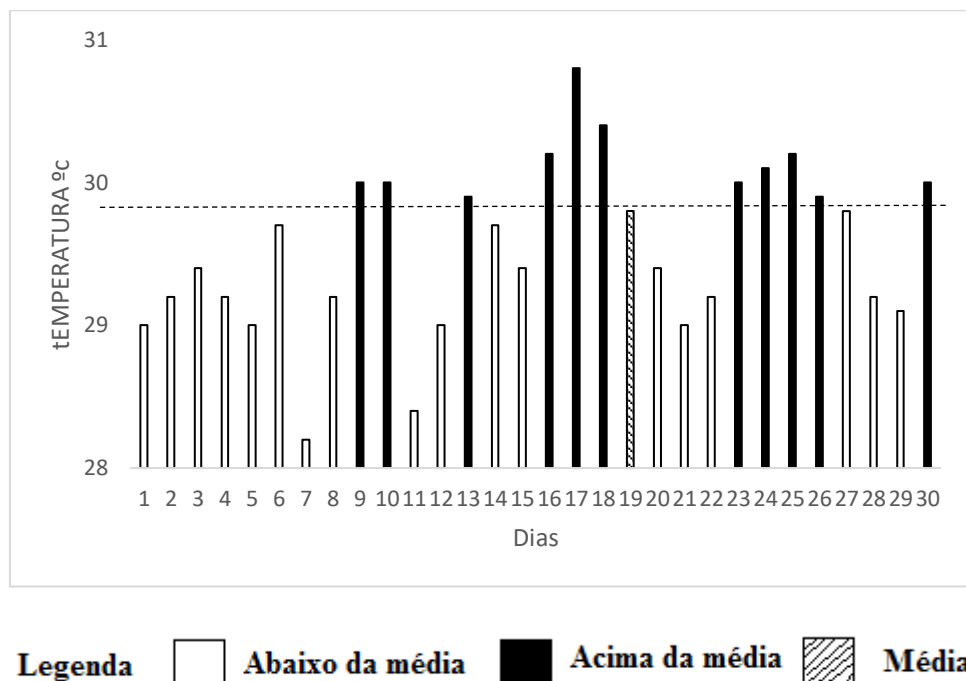
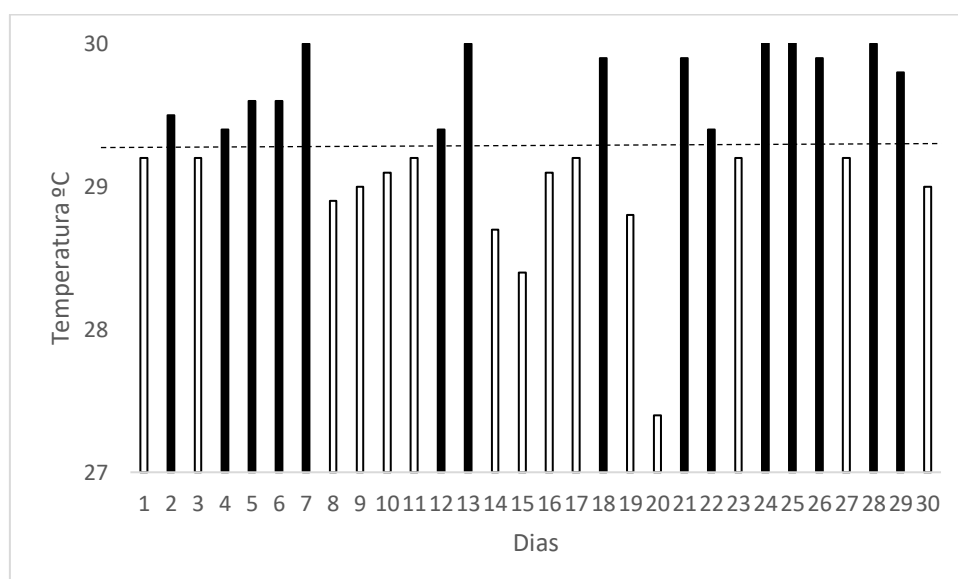


Figura 44. Comportamento diário da temperatura durante o período chuvoso no P01

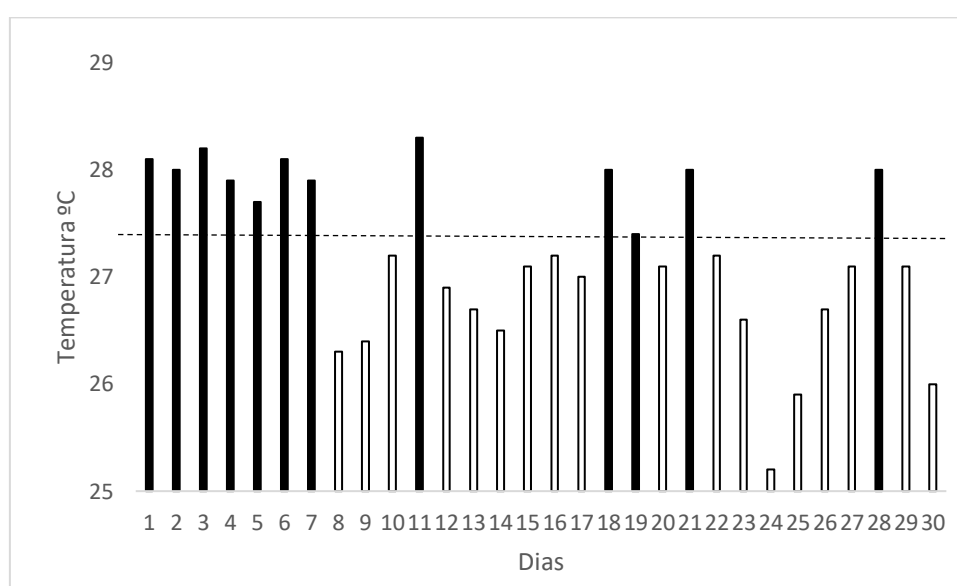
No comportamento diário da temperatura do ar referente ao P02 durante o período chuvoso (Figura 45), observou-se uma média diária de 29,2 °C. Verifica-se também na figura, assim como no P01 as médias ficaram abaixo desta média. A maior média diária encontrada neste ponto de m e a menor foi de 27,4°C. Sendo assim, a amplitude térmica foi de 2,6°C. Esse comportamento também difere do período seco para o P02. Acredita-se as chuvas na região neste período de monitoramento amenizaram um pouco as condições de conforto térmico ambiental. Vale ressaltar, que mesmo no período chuvoso não foram encontradas condições confortáveis para esses pontos dois pontos.



Legenda  **Abaixo da média**  **Acima da média**  **Média**

Figura 45. Comportamento diário da temperatura durante o período chuvoso no p02

No comportamento diário para o P03 (Figura 46), observou-se uma média diária de 27,2 °C. Verifica-se também na figura, que a maior parte dos dias ficaram abaixo desta média. A maior média encontrada neste ponto de monitoramento foi de 28,3°C e a menor foi de 25,2°C, vale ressaltar que esta foi a menor média diária encontrada em todo o período chuvoso nos pontos instalados na área urbana. Sendo assim, a amplitude térmica foi de 3,1°C.



Legenda  **Abaixo da média**  **Acima da média**  **Média**

Figura 46. Comportamento diário da temperatura durante o período chuvoso no p03

No comportamento diário do P04 (Figura 47), observou-se uma média diária de 26,5 °C. Verifica-se também na figura que a maior parte dos dias ficaram abaixo desta média. A maior média encontrada neste ponto de monitoramento foi de 29,3°C e a menor foi de 24,2°C. Sendo assim, a amplitude térmica foi de 5,1°C.

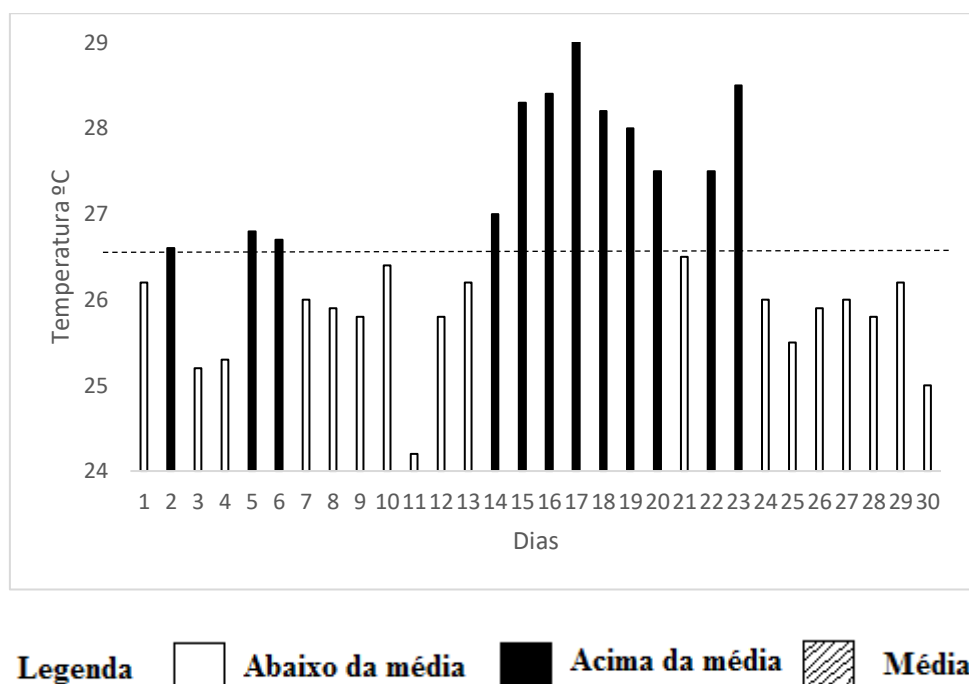


Figura 47. Comportamento diário da temperatura durante o período chuvoso no p04

No comportamento diário do P05 (Figura 48), observou-se uma média diária de 25,8 °C. Verifica-se também na figura que a maior parte dos dias ficaram abaixo desta média. A maior média encontrada neste ponto de monitoramento foi de 27,3C e a menor foi de 22°C, sendo esta a menor média encontrada no período chuvoso entre todos os pontos. Sendo assim, a amplitude térmica foi de 5,2°C.

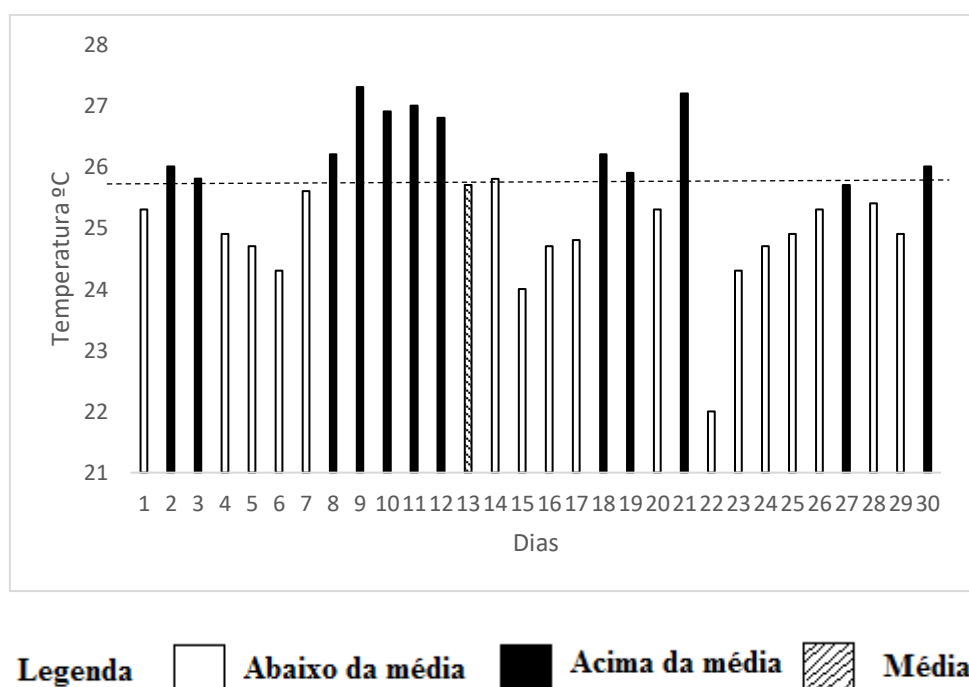


Figura 48. Comportamento diário da temperatura durante o período chuvoso no P05

No comportamento semanal do período chuvoso é observado um padrão decrescente em relação área urbana e a FLONA, onde os p04 e p05 são os que tiveram as menores temperaturas atingindo temperaturas entre 24 e 28 °C.

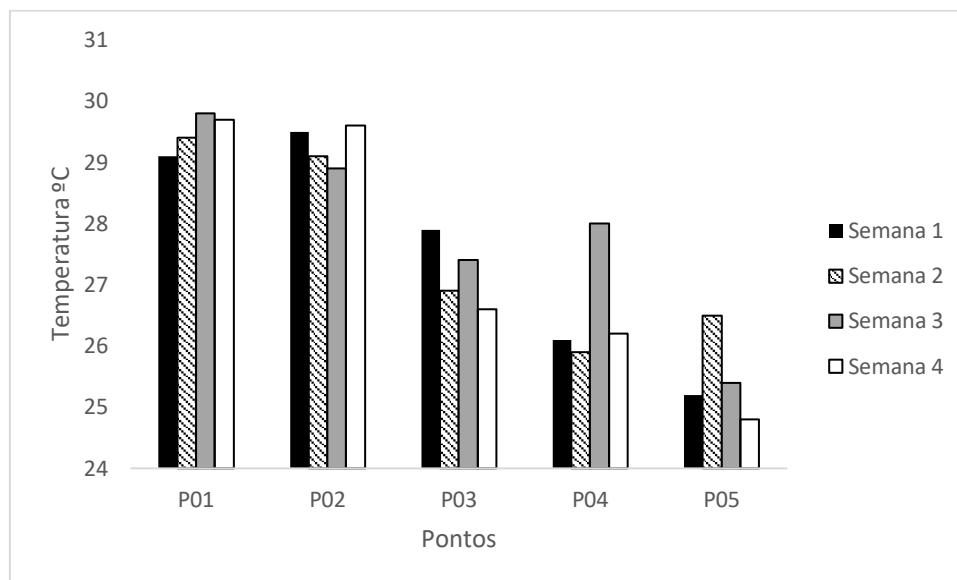


Figura 49. Comportamento semanal da temperatura dos pontos monitorados

O comportamento mensal obedece ao mesmo padrão, diminuindo as temperaturas a medida que o ponto se aproxima de FLONA. Neste caso, também destacaram-se os pontos experimentais p04 e p05 por receberem influência direta da reserva biológica.

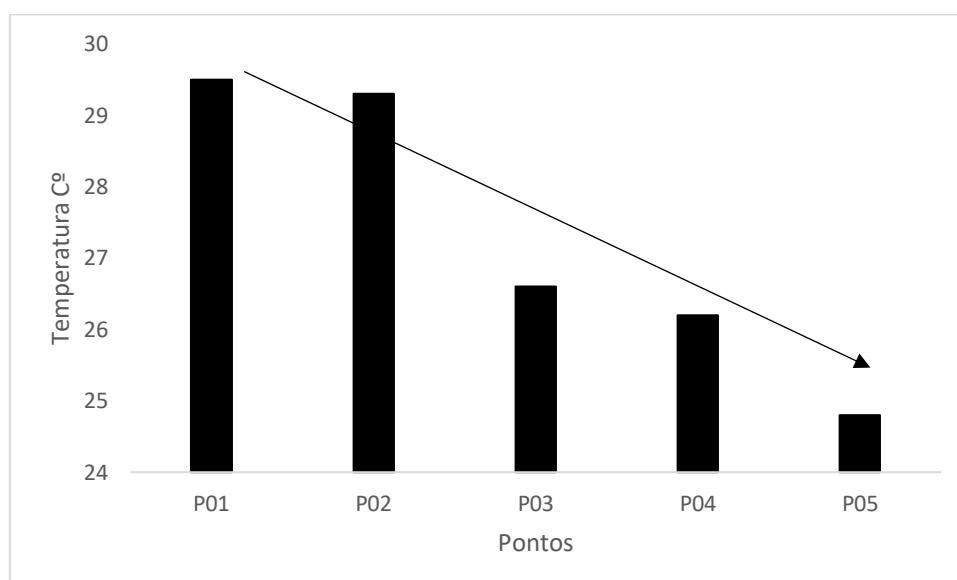


Figura 50. Comportamento mensal da temperatura nos pontos monitorados

No que diz respeito ao comportamento da umidade relativa do ar durante o período chuvoso, no P01 obteve-se um valor médio de 58,8%. Observou-se também que na maior parte dos dias os demais pontos ficaram abaixo da média, mesmo no período chuvoso.

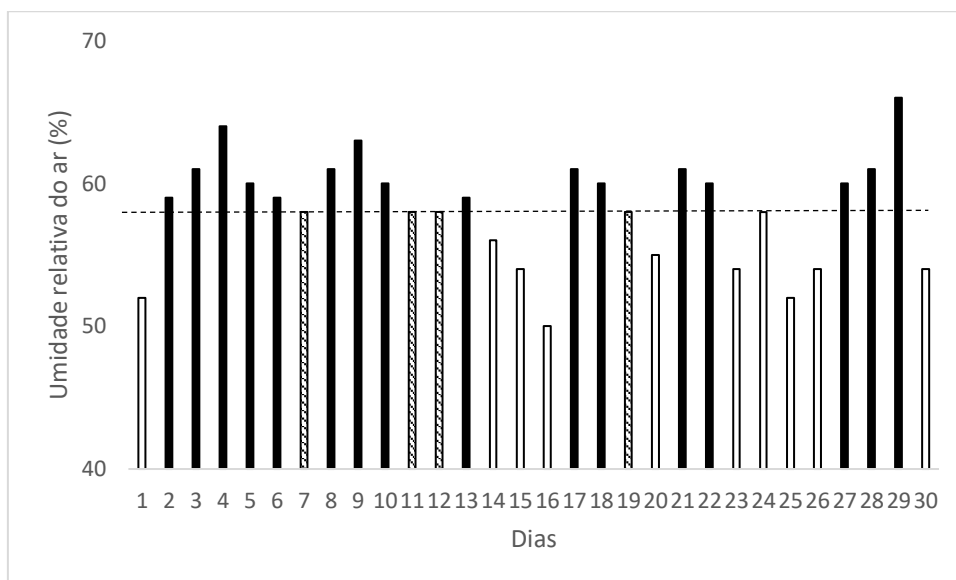


Figura 51. Comportamento diário da umidade relativa do ar durante o período chuvoso no p01

No P02 a média da UR encontrada foi de 63%, ficando a maior também boa parte dos dias monitorados abaixo da média. A maior taxa de umidade encontrada neste ponto foi de 70% e a menor foi de 50%. Resultado semelhante também foi encontrado no P01. Mesmo durante o período chuvoso tais pontos apresentaram UR abaixo do esperado para este período. Isso pode estar diretamente relacionado ao material impermeável de recobrimento do solo urbano e consequentemente a redução de áreas verdes nesses dois pontos monitorados.

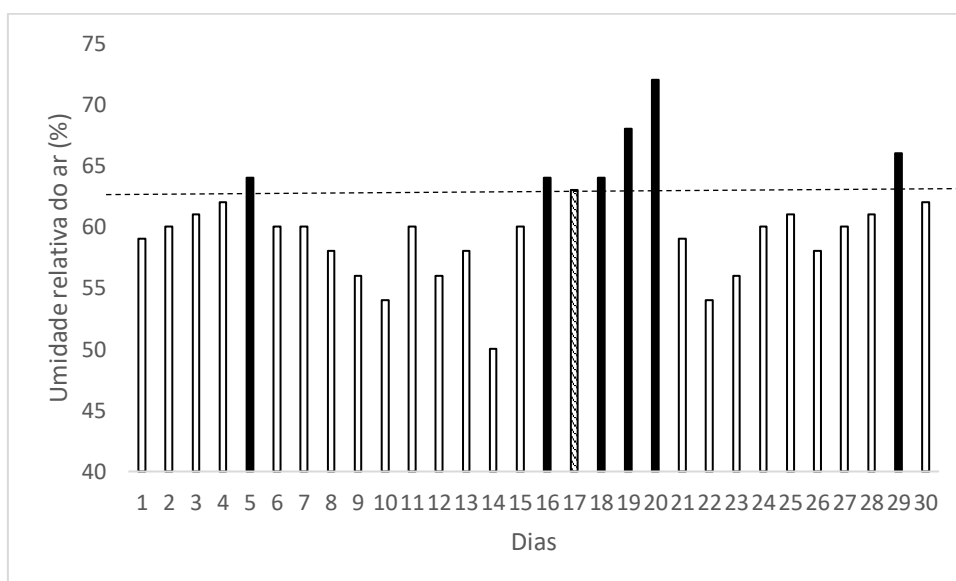


Figura 52. Comportamento diário da umidade relativa do ar durante o período chuvoso no p02

Para o P03 a média da UR foi de 78% durante o período investigado, sendo esta a maior média diária encontrada nos pontos localizados na área urbana. A maior taxa de UR encontrada foi de 94% e a menor 60%. Vale destacar que este ponto mesmo localizado em uma área urbanizada encontra-se próximo a FLONA e recebe diretamente influência dessa reserva florestal.

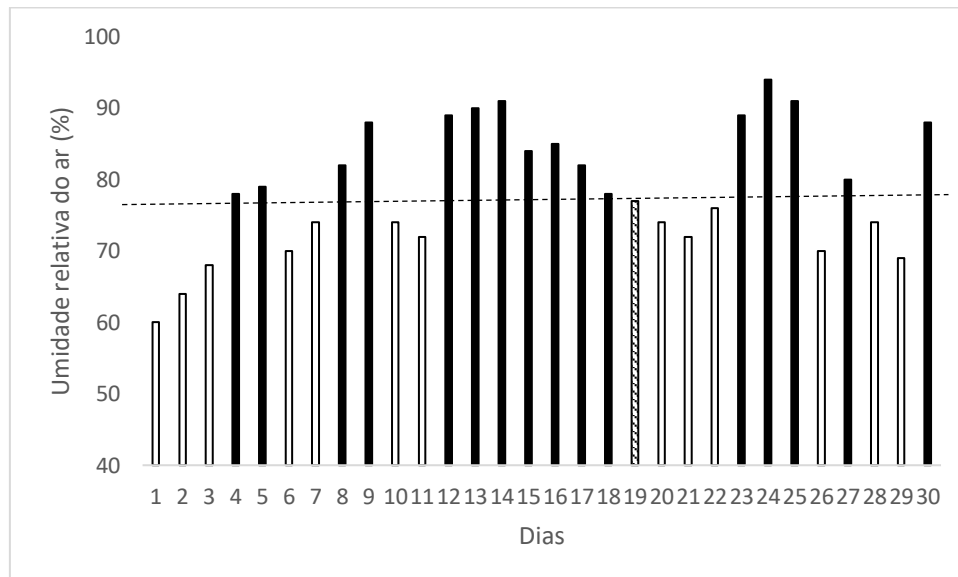


Figura 53. Comportamento diário da umidade relativa do ar durante o período chuvoso no p03

No P04 – ponto monitorado já dentro da FLONA - a média estabelecida da umidade relativa do ar foi de 78%, onde a maior parte dos dias ficaram abaixo ou próxima a essa média. Deve-se levar em consideração que o ponto em questão está inserido na borda da Flona, o que pode ter favorecido tais condições. Dessa forma, a maior taxa de umidade encontrada neste ponto durante o período chuvoso foi de 90% e a menor foi de 65%. Mais uma vez percebe o papel da cobertura vegetal nas taxas de umidade relativa do ar na área de estudo.

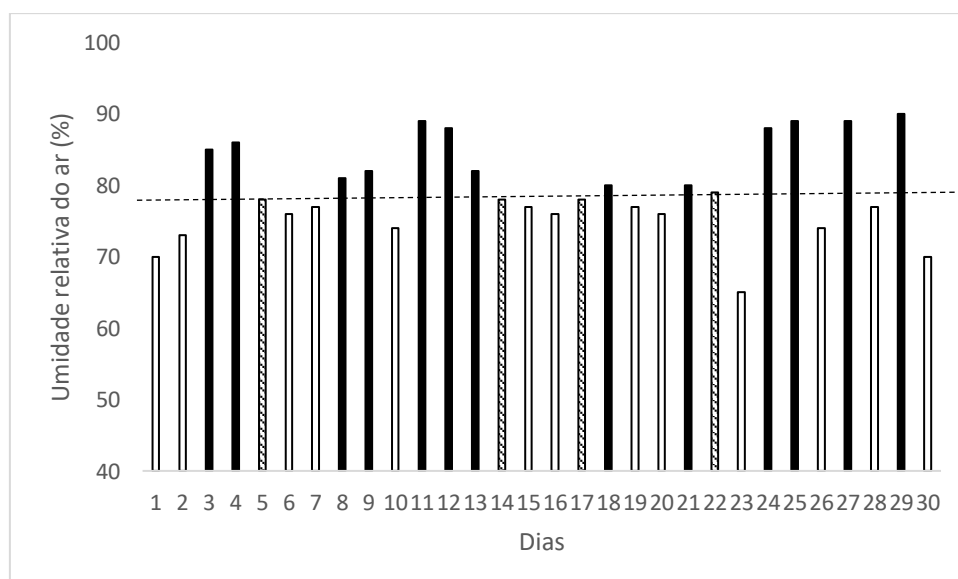


Figura 54. Comportamento diário da umidade relativa do ar durante o período chuvoso no p04

O P05, também localizado dentro da Flona, obteve média diária para o mês monitorado de 87%, sendo que a maior parte dos dias ficaram abaixo dela. No que diz respeito a maior taxa de UR encontrada obteve-se o valor de 94% e a menor foi de 70%, ambos os valores se enquadram no que é indicado pela OMS.

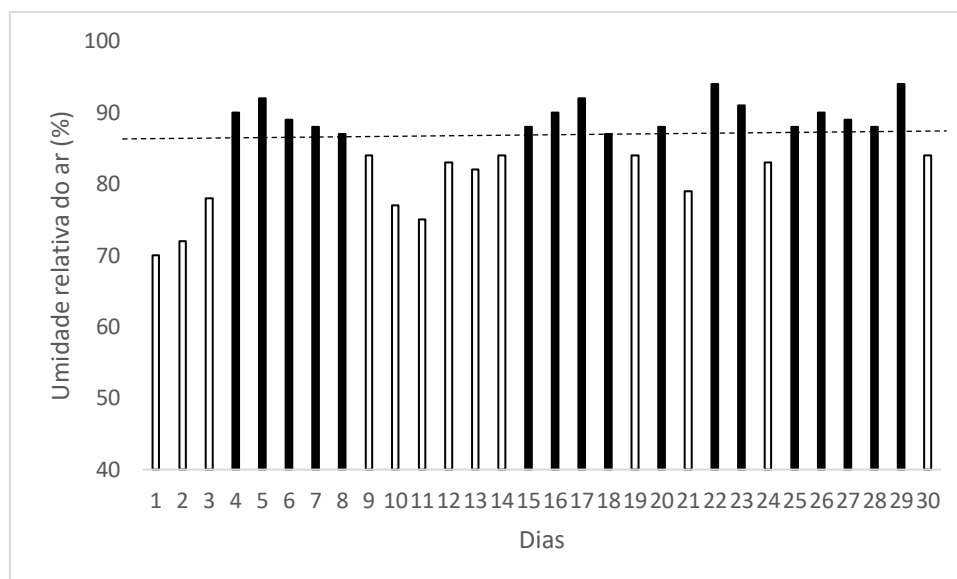


Figura 55. Comportamento diário da umidade relativa do ar durante o período chuvoso no p05

Observando a figura abaixo, verifica-se os resultados obtidos nas análises semanais da UR durante o período chuvoso, diante disso, pode-se compreender que os pontos localizados na área urbana (P01, P02 e P03) tiveram menores taxas de umidade. Enquanto que os (P04 e P05) localizados dentro da FLONA tiveram as maiores taxas de UR. As mais altas taxas de umidade encontradas na FLONA estão associadas a cobertura vegetal existente na área, ela emite uma grande quantidade de água para a atmosfera através da evapotranspiração, o que ocorre é uma uma espécie de “bombeamento” da água da superfície e também do solo para o ar, gerando assim maiores taxas de umidade nestes locais (AMORIM, 2011).

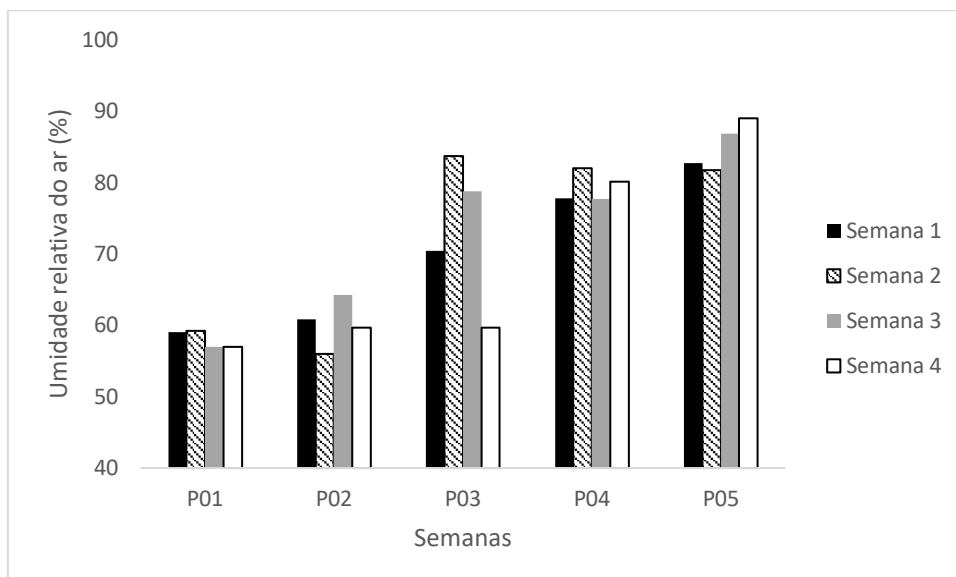


Figura 56. Comportamento semanal da umidade relativa do ar no período chuvoso

Tais resultados são comprovados quando se observa a figura em que demonstra o comportamento de cada um dos pontos durante todo o mês monitorado. Verifica-se claramente o gradiente da UR relativa do ar no sentido decrescente FLONA-área urbanizada.

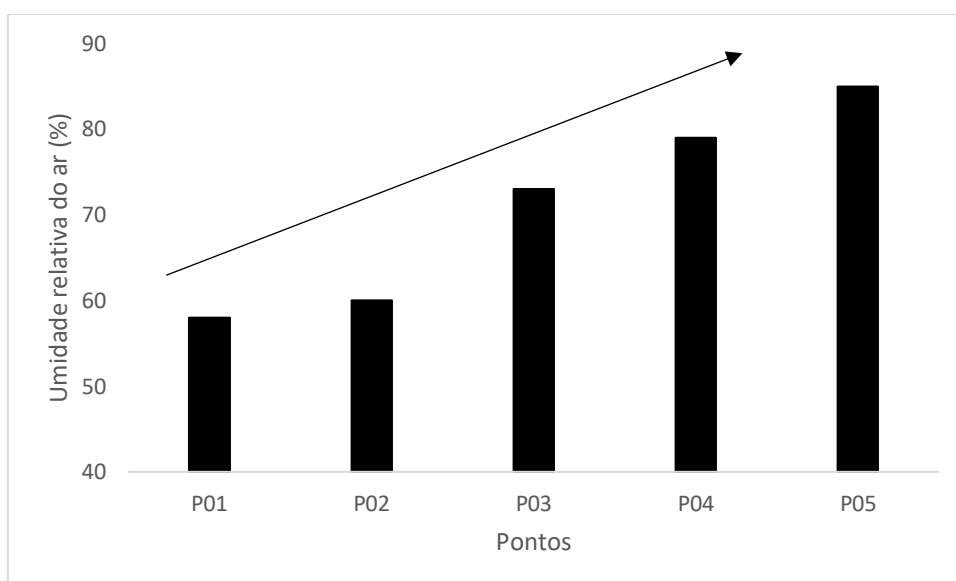


Figura 57. Comportamento mensal da umidade relativa do ar durante o período chuvoso

5.7 ANALISE DO COMPORTAMENTO DA ILHA DE CALOR NO PERÍODO CHUVOSO

A figura 58 demonstra o comportamento diário da ilha de calor urbana no P01, onde a média obtida foi de 4,2°C, considerada assim, de forte magnitude. Verifica-se também que na maior parte dos dias as ilhas de calor permaneceram abaixo da média em geral. Neste ponto, a maior ilha encontrada foi de 6,8°C, sendo esta considerada com uma magnitude muito forte. Já a menor ilhas de calor foi de 1,2°C considerada de fraca magnitude.

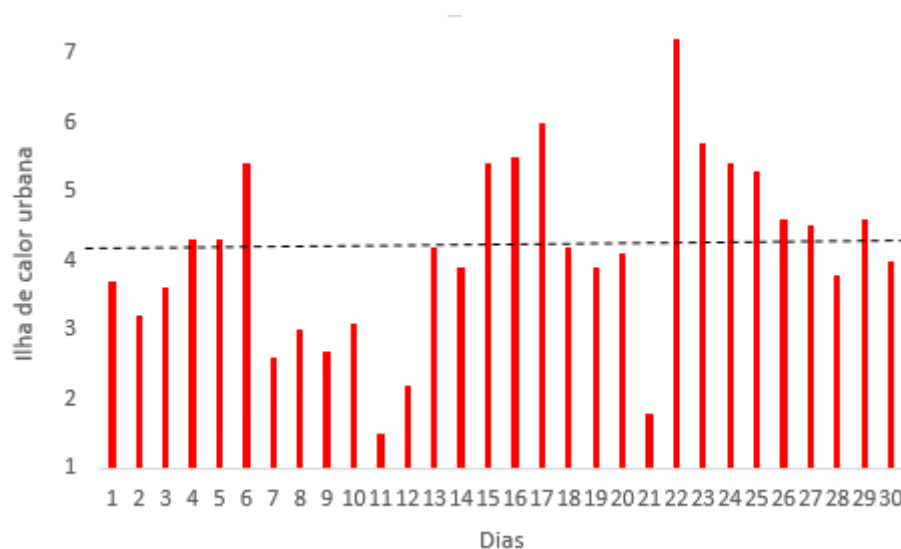


Figura 58. Comportamento da ilha de calor no p01 durante o período chuvoso

No P02 a média diária das ilhas ficou em torno de 3,8°C, sendo esta considerada de média magnitude. Na maior parte dos dias as ilhas de calor ficaram abaixo deste valor. A maior ilha encontrada neste ponto foi de 7,2°C sendo ela classificada de magnitude muito forte. Já a menor ilha de calor foi de 1,3 °C, classificada como fraca magnitude.

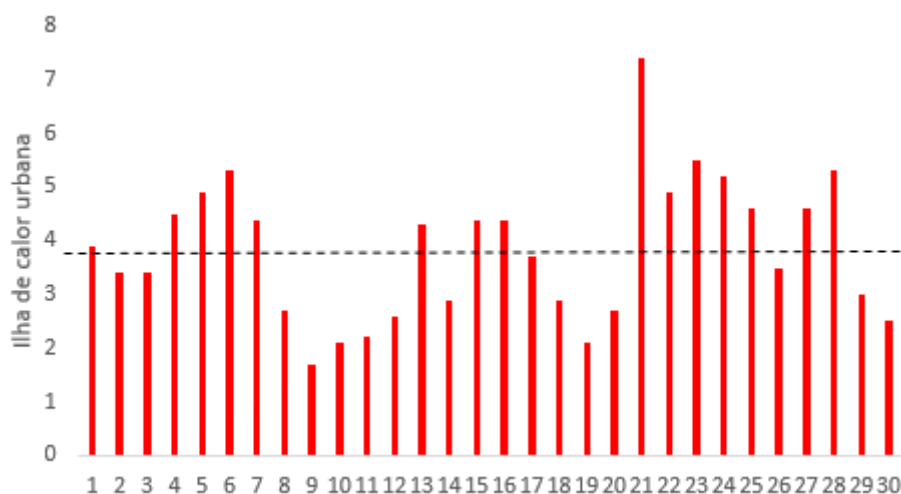


Figura 59. Comportamento da ilha de calor no p02 durante o período chuvoso

No P03 a média diária das ilhas foi de 1,5°C sendo esta considerada de fraca magnitude. NA maior parte dos dias as demais ilhas de calor ficaram abaixo desta média. Vale ressaltar novamente que este ponto localizado em uma área urbanizada é o mais próximo da FLONA. A maior ilha encontrada foi de 4,8°C classificada como de forte magnitude e a menor foi de 0,1° sendo esta, de fraca magnitude. Além disso, também existiram duas ilhas de frescor neste ponto sendo elas de -0,9°C.

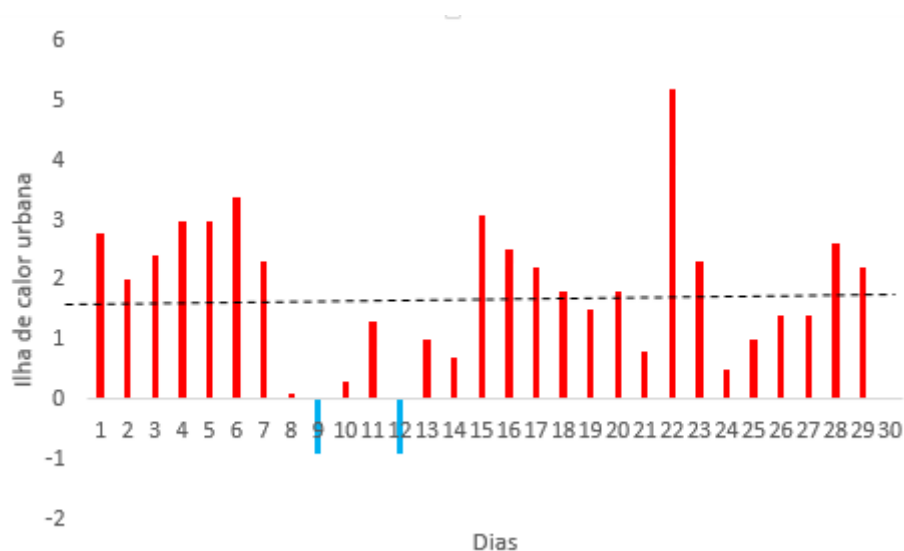


Figura 60. Comportamento da ilha de calor no p03 durante o período chuvoso

No P04, a média encontrada foi de 0,4°C considerada de fraca magnitude. Na maior parte dos dias as ilhas de calor ficaram acima desta média. A maior ilha encontrada neste ponto foi de 5°C classificada como de forte magnitude e a menor foi de 0,2°C classificada como fraca magnitude. Além destas, foram encontradas algumas ilhas de frescor sendo a maior delas de -2,4°C. Destaca-se que a localização deste ponto dentro da FLONA.

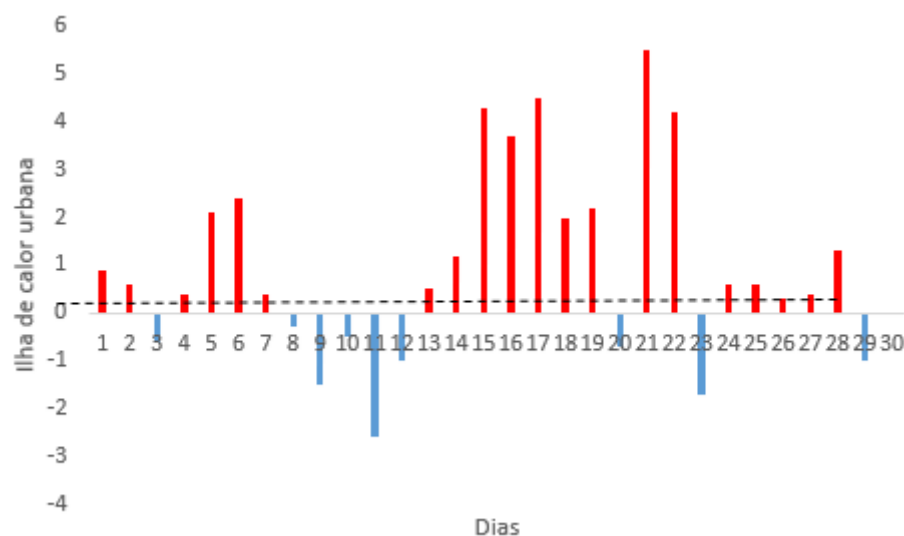


Figura 61. Comportamento da ilha de calor no p04 durante o período chuvoso

De acordo com a figura 58 pode-se observar o comportamento semanal da ilha de calor urbana durante o período chuvoso. Verifica-se que o P04 inserido na FLONA foi o ponto monitorado que obteve as menores ilhas do período em questão, de acordo com Gartland (2010), a vegetação reduz a formação de ilhas de calor urbanas principalmente através de dois elementos: o sombreamento e a

evapotranspiração. Já os pontos localizados na área urbana tiveram as maiores ilhas de calor. Isso está diretamente relacionado aos materiais de recobrimento do solo urbano e a ausência vegetação.

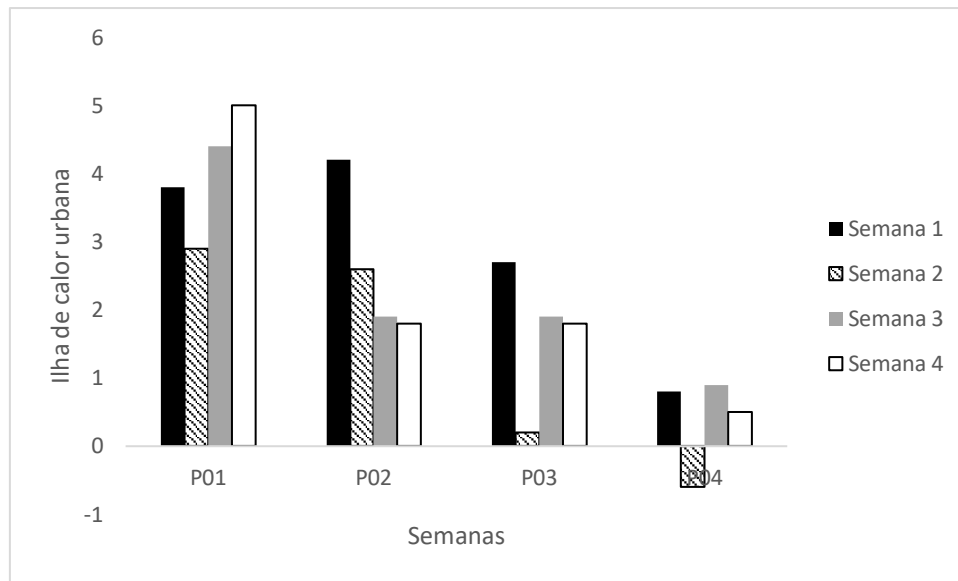


Figura 62. Comportamento semanal das ilhas de calor durante o período chuvoso

A figura 63 demonstra o comportamento mensal das ilhas em todos os pontos monitorados. Novamente observa-se um gradiente térmico decrescente em relação a FLONA.

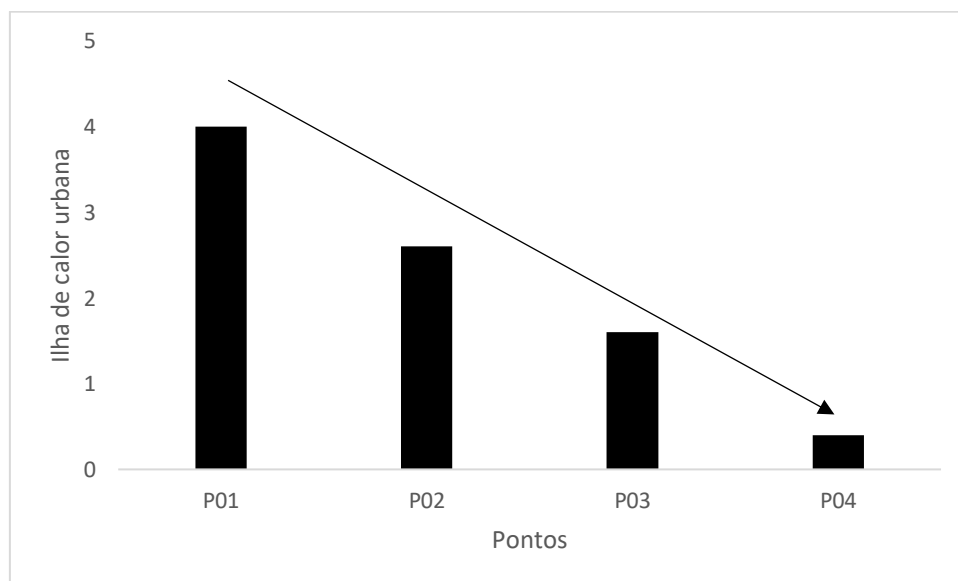


Figura 63. Comportamento mensal das ilhas de calor durante o período chuvoso

5.8 COMPORTAMENTO DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO DURANTE O PERÍODO CHUVOSO

A figura 64 apresenta o comportamento do IDT no P01 durante o período chuvoso da região. Verifica-se que os dias apresentaram IDT variando entre 25 e 26°C, considerados parcialmente confortáveis. Apesar de ser um ambiente urbanizado, as chuvas que caem durante o período chuvoso

da região acabam amenizando as condições de conforto térmico na área de estudo. Santos (2011) estudando o campo térmico da cidade de João Pessoa\PB encontrou resultados semelhantes para o IDT durante o período chuvoso.

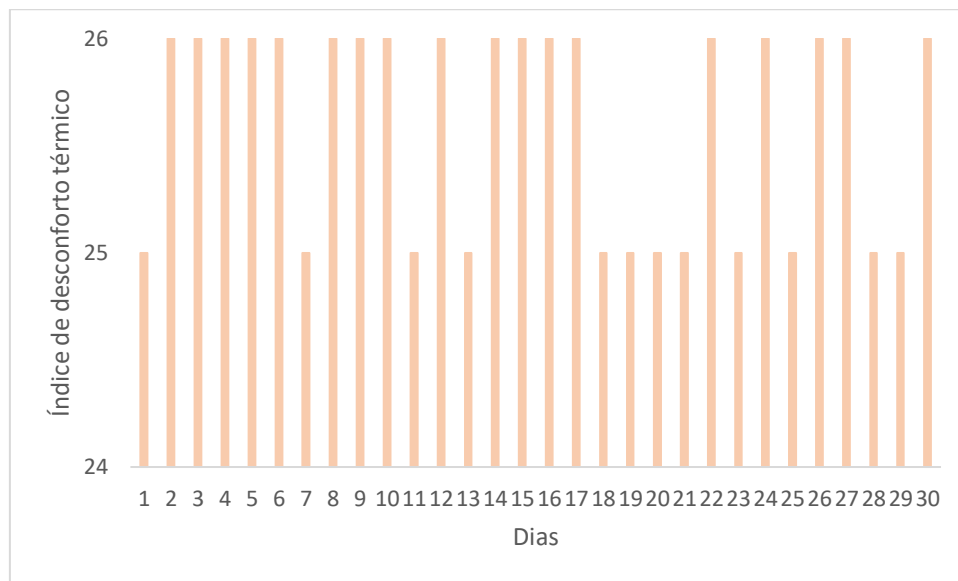


Figura 64. Comportamento do IDT no p01 durante o período chuvoso

Para o P02 o índice de desconforto térmico ficou classificado em duas faixas que foram de parcialmente confortável a desconfortável. Os valores oscilaram entre 25°C a 26°C e 27°C respectivamente.

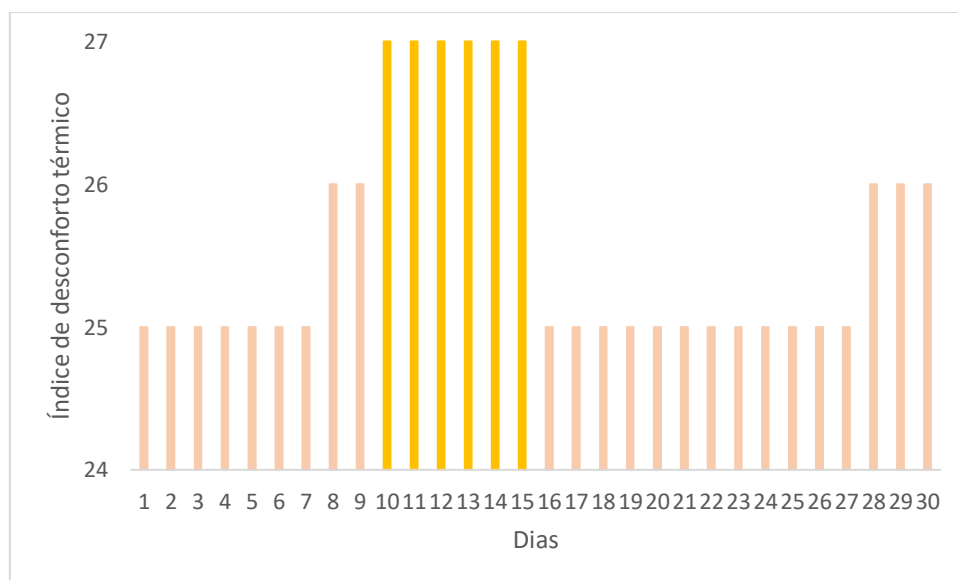


Figura 65. Comportamento do IDT no p02 durante o período chuvoso

No P03 as faixas de classificação foram consideradas confortável e parcialmente confortável, com temperaturas até 25°C. Percebe-se que mesmo durante o período chuvoso da região a maior parte dos dias foram classificados como parcialmente confortáveis. Um mesmo padrão foi observado no

estudo realizado por Santos (2017) na cidade de Bayeux/PB, onde durante o período chuvoso os pontos analisados também se enquadraram como parcialmente desconfortáveis.

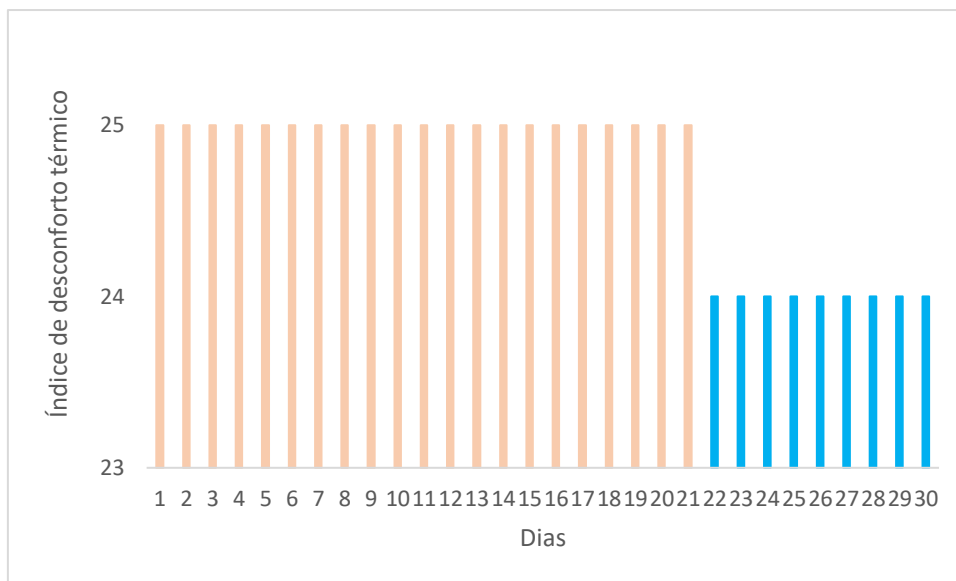


Figura 66. Comportamento do IDT no p03 durante o período chuvoso

No P04 a classificação do IDT oscilou entre três faixas sendo elas: confortável, com uma temperatura de 23°C a 24°C e parcialmente confortável na maior parte dos dias.

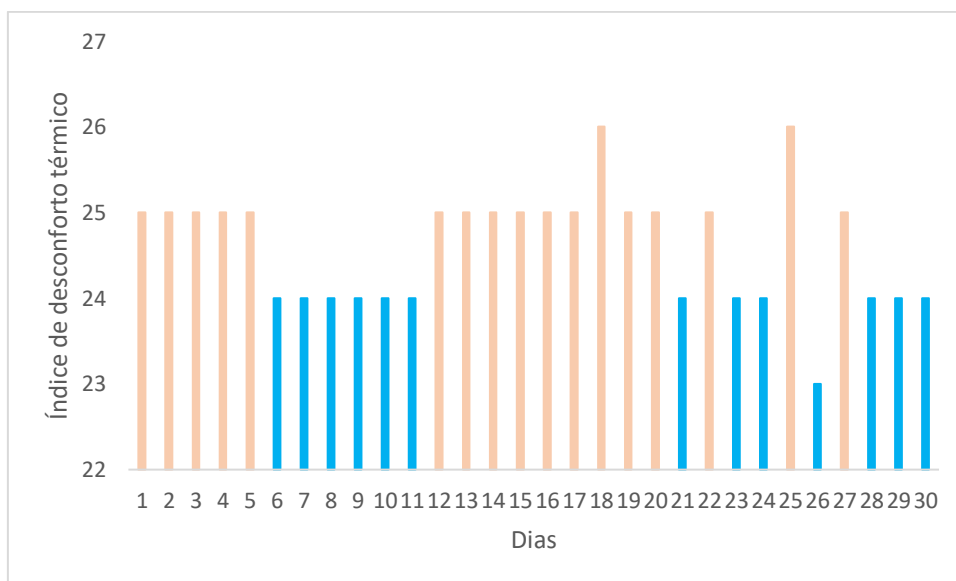


Figura 67. Comportamento do IDT no p04 durante o período chuvoso

No P05 o índice de desconforto térmico atingiu as melhores faixas entre todos os pontos monitorados, praticamente todos os dias foram classificados como confortáveis, com exceção de um dia que foi classificado como parcialmente confortável. Tal resultado demonstra que a presença da vegetação exerce influência positiva nas questões do conforto térmico apresentada pelo P05, visto que o mesmo está inserido dentro da FLONA.

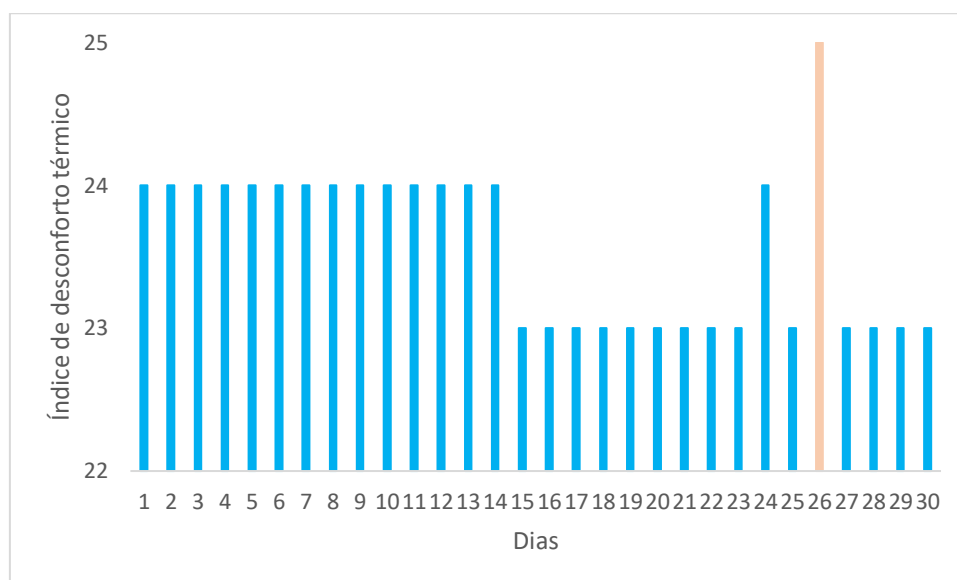


Figura 68. Comportamento do IDT no p05 durante o período chuvoso

No que diz respeito ao comportamento semanal e mensal do IDT, observa-se um padrão decrescente no sentido área urbana – FLONA. Sendo os pontos localizados dentro da FLONA os que tiveram as melhores condições de conforto térmico, classificados entre confortável e parcialmente confortável durante todo o período de análise. Observa-se que apenas no p05 foi encontrado IDT confortável. Isso reforça o papel da FLONA na amenização climática do seu entorno.

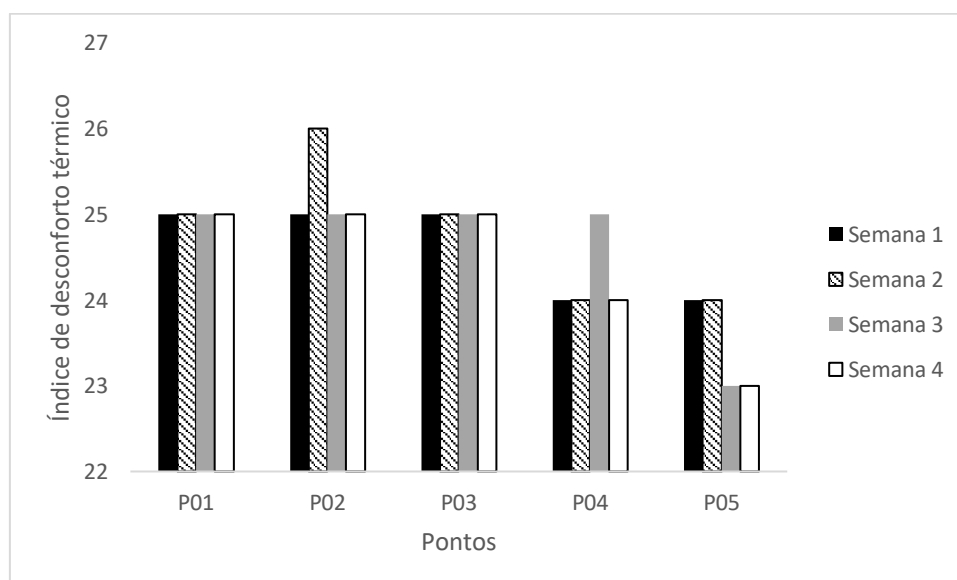


Figura 69. Comportamento semanal do IDT durante o período chuvoso

De acordo com a tabela abaixo, as semanas ficaram classificadas entre parcialmente confortáveis e confortáveis.

Semanas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
P01	25	25	25	25
P02	25	26	25	25
P03	25	25	25	25
P04	24	24	25	24
P05	24	24	23	23
Confortável	Parcialmente confortável	Desconfortável	Muito desconfortável	

Tabela 08. Classificação do índice de desconforto térmico semanal

A figura 70 abaixo apresenta o gradiente relativo ao IDT dos pontos monitorados. Observa-se um padrão decrescente no sentido área urbana – FLONA, como já mencionado anteriormente. Daí a importância do serviço ambiental – amenização climática - prestado por esta reserva florestal e a urgência em conservá-la.

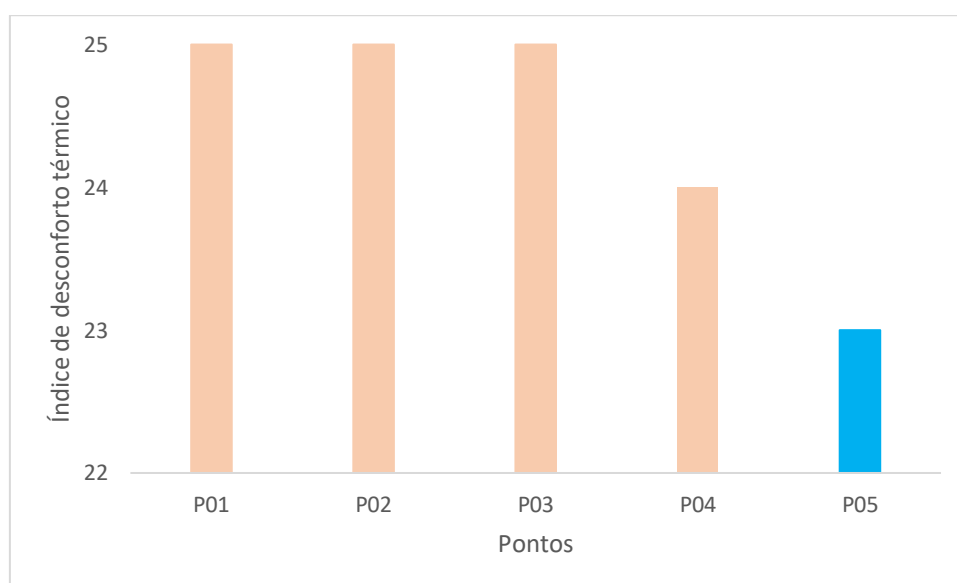


Figura 70. Comportamento do IDT mensal durante o período chuvoso

5.9 ANÁLISE COMPARATIVA DAS CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS ENTRE O PERÍODO SECO E CHUVOSO

As mudanças decorrentes nos períodos secos e chuvosos da área de estudo estão diretamente relacionadas ao decréscimo da umidade relativa do ar e o aumento da temperatura. Essa diferença nos padrões de temperatura e umidade relativa do ar afetaram diretamente as condições microclimáticas de todos os pontos monitorados. Verifica-se como resultados de tais mudanças

diferentes condições de IDT e ilhas de calor em todos os pontos monitorados. Verificou-se também, que a FLONA continuou exercendo influência nas condições microclimáticas do seu entorno, independente do período monitorado: seco ou chuvoso.

Estudos realizados por Santos (2011) em João Pessoa/Pb e Santos (2017) na cidade de Bayeux/Pb, encontraram padrões semelhantes no que se refere às temperaturas, umidade relativa, IDT e ilhas de calor nos diversos pontos monitorados.

Dessa forma, verificou-se que a partir dos resultados obtidos em campo, constatou-se que a média de temperatura do ar para o período seco entre os pontos monitorados foi de 33°C. Já a média do ar encontrada durante o período chuvoso foi de 27,2°C. Diante destes resultados encontra-se uma diferença de 5,8°C entre os dois períodos analisados. Tal diferença, está diretamente relacionada com o aumento das precipitações durante o período chuvoso na região, como bem corroborado por Santos (2011) e Santos (2017) em trabalhos realizados na região metropolitana de João Pessoa/PB. Apesar disso, a média de temperatura do ar encontrada no período chuvoso potencializou IDTs considerados desconfortáveis em alguns pontos mais urbanizados.

Analisando mais detalhadamente os dois períodos de coletas, é possível compreender como funcionou as diferenças térmicas entre os dois períodos monitorados – seco e chuvoso - nas amostras experimentais: no P01 foi observado uma redução de 1°C, no P02 a diferença foi de 0,7°C, no P03 a diferença foi de 2,7°C. Vale destacar que tais pontos estiveram localizados na área urbana, onde o P01 foi o mais distante do ponto de referência (P05- Flona) e o P03 o mais próximo, distando cerca de 1,2 km, obtendo assim, a maior redução de temperatura do ar. Com relação aos pontos localizados na FLONA, observou-se que o P04, inserido na borda da mata, obteve uma redução de 2,1°C e o P05 localizado no interior da FLONA, obteve uma redução de 3,2 °C, sendo este ponto experimental, o que apresentou o melhor resultado na questão da redução das temperaturas do ar. Observando a diferença entre o P01 (urbano) e o P05 (Flona), obteve-se uma diferença de 2,5°C durante o período seco e 4,7°C durante o período chuvoso. Desta forma, existe um gradiente térmico decrescente em relação às amostras experimentais urbanas em direção à FLONA nos dois períodos investigados: seco e chuvoso.

No que diz respeito à umidade relativa do ar, também se observou um gradiente no sentido FLONA – Área urbana só que invertido. Dessa forma, foi observado que a umidade relativa do ar decresce nos pontos mais afastados da FLONA. Isso reforça mais uma vez a influência da cobertura vegetal nas condições microclimáticas adjacentes. De acordo com Milano (2000) a presença da vegetação é de grande importância para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes das cidades, pois atua realizando a estabilidade microclimática e a redução das amplitudes térmicas. Além disso,

a cobertura vegetal através do sombreamento reduz a insolação direta, amplia as taxas de evapotranspiração, minimiza os efeitos da poluição atmosférica dentre outros benefícios.

Sendo assim, para os períodos analisados obteve-se uma média da umidade relativa do ar de 69,4% durante o período seco e 71% durante o período chuvoso. Observou-se uma diferença pequena entre os dois períodos de coleta de dados. Isso deve-se ao fator maritimidade, tendo em vista, que a área de estudo se encontra em uma cidade litorânea. Vale destacar, que os pontos que estiveram localizados mais distante da FLONA foram os que obtiveram menores médias de umidade relativa do ar: P01 obteve as média 63% para o período seco e 58% para o chuvoso, o P02 com 67% para o seco e 60% para o chuvoso, já os pontos mais próximos obtiveram melhores resultados onde no P03 teve 67% no período seco e 73% no chuvoso, o P04 obteve 75% no seco e 79% no chuvoso e o P05 76% no período seco e 85% no período chuvoso.

As diferenças encontradas entre a umidade relativa do ar durante o período seco e chuvoso estão relacionadas a fatores como a existência de vegetação no local, precipitação, níveis de sombreamento, tipos de materiais de recobrimento do solo existentes no local, maritimidade, relevo, dentre outros fatores locais e globais. No presente estudo as mudanças que ocorreram do período seco para o chuvoso podem estar relacionadas ao tipo de uso e ocupação do solo encontrados nas amostras experimentais, a quantidade de precipitação, presença de vegetação e a maritimidade. Efeitos semelhantes foram percebidos nos pontos monitorados por Santos (2011) e Santos (2017) na região metropolitana da cidade de João Pessoa\PB

Observando semanalmente o padrão crescente da umidade relativa do ar em direção a FLONA destaca-se que durante o período seco as médias ficaram acima de 60% em todos os pontos e semanas, atingindo no máximo 78% de umidade relativa do ar. Já no período chuvoso as médias semanais ficaram acima de 57%, sendo a maior média encontrada de 89% no P05, que está localizado dentro da FLONA, em um ambiente propício a altas taxas de umidade relativa do ar graças a presença de vegetação.

De um modo geral a umidade relativa do ar durante os dois períodos atuou de forma contrária ao que aconteceu com a temperatura, ou seja, enquanto que a temperatura diminui no sentido área urbana – FLONA, a umidade relativa aumenta. Neste caso, destacam-se os dois pontos extremos: o P01 (urbano) que obteve as mais altas médias de temperatura e menores taxas de umidade relativa do ar e o P05 (interior da FLONA) que obteve as menores temperaturas e maiores taxas de umidade relativa do ar. O estudo realizado por Amorim (2011) na Cidade de João Pessoa/PB, corrobora para tais resultados, onde no mesmo foi utilizado uma reserva florestal (Mata do Buraquinho) como ponto de referência para a comparação com outros pontos de monitoramento localizados na área urbana,

dessa forma, obteve-se maiores temperaturas e maiores taxas de umidade relativa do ar nos pontos que estavam mais distantes da reserva e menores temperaturas e maiores umidades relativas do ar naqueles que estavam mais próximos e inseridos na reserva.

No que diz respeito a formação das ilhas de calor, diversos são os fatores que atuam na formação e magnitude dessas ilhas inseridas em áreas urbanas. A urbanização é o principal fator que altera o campo térmico urbano local, pois a medida que um ambiente sofre modificações com a substituição de seus componentes naturais para artificiais, eles passam a interferir no balanço energético de uma dada área, gerando assim, os efeitos microclimáticos que vão alterar a temperatura do ar e por sua vez a formação das ilhas de calor.

A cidade de João Pessoa, mais especificamente o bairro do Bessa, sofreu e ainda vem sofrendo com diversos tipos de modificações que vão desde a retirada da cobertura vegetal até a substituição dela por materiais artificiais, que por sua vez, se tornam fontes extras de energia. Sendo assim, a partir das análises realizadas nos pontos de medições que foram espalhados pelo bairro localizado em área adjacente à FLONA, pode-se observar que a média das ilhas de calor que ocorreram durante o período seco foi de 1,2°C e no período chuvoso de 1,7°C. Dessa forma, pode-se dizer que as ilhas de calor foram mais intensas no inverno. No P01 a diferença das ilhas de calor em relação ao período seco e chuvoso foi de 1,6°C, no P02 foi de 0,4°C, no P03 foi de 0,4°C e no P04 de 0,1°C. Vale ressaltar que o P05, por ser aquele localizado em ambiente mais natural, foi utilizado como ponto de referência para o cálculo das ilhas de calor dos demais pontos.

De acordo com Santos (2017), o fato de se encontrar ilhas de calor mais intensas durante o período chuvoso estar associado a relação com a maior intensidade de chuvas que ocorrem neste período, fazendo com que as áreas mais vegetadas tenham suas temperaturas mais amenas em relação as áreas urbanizadas que possuem revestimentos artificiais. Desse modo, foi verificado que áreas semelhantes ao P05(ponto de referência) na cidade de Bayeux\PB com cobertura vegetal natural apresentaram o mesmo comportamento durante o período chuvoso de monitoramento, ou seja, reduziram sua temperatura mais rapidamente mediante o aumento da precipitação e do sombreamento. Tal fato, fez com que a amplitude térmica entre o ponto de referência e os demais pontos seja maior no período chuvoso do que no período seco, gerando assim, maiores ilhas de calor no período chuvoso.

Para Coltri *et al.*, (2007) as estações do ano pouco têm significância na intensidade que as ilhas de calor se apresentam em cidades de pequeno a médio porte, pois elas são influenciadas principalmente pelos diversos tipos de uso e cobertura do solo em áreas urbanas e cobertura vegetal.

Isso foi verificado ao se observar os dados das ilhas de calor em trabalhos realizados na região metropolitana de João Pessoa\PB e mais recentemente na cidade de Recife.

Nas análises semanais das ilhas de calor, observa-se que P01 e o P02 foram os que apresentaram as ilhas mais intensas tanto no período seco como no chuvoso. Tais pontos estão localizados em área urbana com pouca cobertura vegetal. Já os P03 e P04 foram os que atingiram as menores ilhas, neste caso destaca-se o P04 que durante o período chuvoso chegou a apresentar uma ilha de frescor de $-0,5^{\circ}\text{C}$ durante a segunda semana de análise. Destaca-se que tais pontos são aqueles mais próximos a FLONA.

Com diversas alterações ocorridas na temperatura do ar e umidade relativa nos diversos pontos monitorados, chegou-se a diferentes condições de conforto térmico ambiental no período seco e chuvoso da área de estudo. Vale destacar que para avaliar essas condições de conforto térmico foi utilizado o IDT e as faixas de classificações ajustadas para regiões tropicais por Santos (2011): confortável, parcialmente confortável, desconfortável e muito desconfortável.

Durante o período seco obteve-se uma média geral de $25,5^{\circ}\text{C}$ de IDT classificado como parcialmente confortável e no período chuvoso a média foi de $24,4^{\circ}\text{C}$ também classificado como parcialmente confortável. O P01 foi classificado como parcialmente confortável, o P02 parcialmente confortável, o P03 parcialmente confortável no período seco e confortável no período chuvoso, o P04 parcialmente confortável no período seco e confortável no período chuvoso e no P05 parcialmente confortável no período seco e confortável no período chuvoso.

Desse modo, no que diz respeito ao conforto térmico poucas diferenças foram encontradas quando analisados os dois períodos, variando entre confortável e parcialmente confortável durante os dois períodos nos cinco pontos de monitorados. É importante destacar que mesmo durante o período chuvoso houveram pontos que não foram classificados como confortáveis, o que está diretamente ligado a temperatura e a umidade relativa do ar.

Quando se divide o período em semanas é possível perceber um comportamento diferenciado, pois durante o período seco P01 e o P02 foram classificados em todas as semanas como desconfortáveis, com exceção da terceira semana no P01 que foi classificada como parcialmente confortável, ou seja, estes pontos atingiram temperaturas superiores a 26°C gerando assim tal classificação. Já os P03, P04 e o P05 também foi encontrado um resultado diferente onde os pontos foram classificados como parcialmente confortáveis com temperaturas que variam entre mais que 24°C até 26°C . No período chuvoso os P01, P02 e o P03 foram classificados como parcialmente confortáveis e os P04 e P05 como confortáveis, com exceção da terceira semana no P04 que foi classificada como parcialmente confortável. Sendo assim, observou-se durante o período chuvoso

houve uma melhora no que diz respeito ao conforto térmico nos pontos localizados dentro da FLONA, o que está agregado ao fato de ter ocorrido menores temperaturas e maiores taxas de umidade relativa do ar neste período.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados parciais obtidos durante o período seco e chuvoso, pode-se concluir que:

1. Os resultados demonstram alterações no campo termodinâmico da área de estudo observados através do comportamento dos elementos climáticos monitorados: temperatura, umidade relativa do ar e do IDT e da formação das ilhas de calor;
2. A Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo exerce influência no comportamento das variáveis: temperatura e umidade relativa do ar, e consequentemente no IDT e na formação das ilhas de calor, principalmente nas áreas do entorno, tanto no período chuvoso como no inverno;
3. Os pontos monitorados localizados no interior e borda da Flona – P05 e P04 apresentaram as menores temperaturas do ar e altas taxas de umidade relativa do ar durante os dois períodos distintos. Além disso, esses pontos apresentaram os melhores IDTs e as menores ilhas de calor
4. Os pontos localizados na malha urbana - P01, P02 e P03 apresentaram as mais altas temperaturas do ar e baixa umidade relativa. Consequentemente, esses pontos apresentaram as piores condições de conforto térmico ambiental e as maiores ilhas de calor.
5. Dentre os pontos localizados na malha urbana, o P03 foi o que apresentou as menores ilhas de calor. Esse ponto é o mais próximo da FLONA e o que apresenta no seu entorno a presença de corpo hídrico, atestando assim, a influência conjugada de tais fatores na amenização climática;
6. As maiores ilhas de calor foram encontradas nos pontos 01 e 02, enquanto que, as menores ilhas de calor foram encontradas nos pontos 03 e 04. Isso comprova a existência de um gradiente térmico no sentido FLONA – Área Urbana. Além disso, destaca-se que o período chuvoso apresentou ilhas de calor mais intensas que o período seco;
7. Com relação ao desconforto térmico os P01 e P02 foram classificados como desconfortáveis nas análises do período seco. Já no período no chuvoso, tais pontos foram considerados parcialmente confortáveis junto como o P3. Os P04 e P05 foram

classificados como parcialmente confortáveis durante o período seco e confortáveis durante o período chuvoso.

8. De um modo geral, conclui-se que a Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo exerce o papel de reguladora térmica, o que pode ser observado é que a medida que os pontos estão mais próximos a esta Reserva Biológica a temperatura, as ilhas de calor e o desconforto térmico diminuem. Por outro lado, a umidade relativa do ar aumenta. Isso demonstra claramente a formação de um gradiente no sentido FLONA e áreas urbanas adjacentes.
9. Com isso, através dos dados coletados pode-se concluir a importância que a Floresta Nacional da Restinga possui, seja pela proteção da fauna e flora existente na área, mas também como uma reguladora da temperatura e manutenção da umidade relativa do ar, tanto dentro dela como nas áreas de seu entorno, favorecendo assim, uma melhor qualidade de vida para a população que vive nestas áreas.

REFERENCIAS

ÁVILA, L, F; MELLO, C, R, J; YANAGI, S, N, M; NETO, O, B, S. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa agropecuária**. V. 49, n.4, p 247-256, 2014.

AMORIM, R, P, L. Analise da magnitude da influência climática de uma remanescente de mata atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente e úmido. **Dissertação** (mestrado em engenharia urbana e ambiental). Universidade Federal da Paraíba, 2011.

ARAÚJO, R, R; CALDAS, C, S. Clima urbano e vegetação: análise da influência da vegetação da APA do Itaparicó no microclima e conforto térmico local em São Luiz (MA). **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2016.

ALBUQUERQUE, B, P. As relações entre o homem e a natureza e a crise socioambiental. **Monografia** (curso de ensino médio técnico em laboratório de biodiagnóstico). Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro ,2007.

ABIKO, A, K; ALMEIDA, M, A, P; BARREIROS, M, A, F. Urbanismo: história e desenvolvimento. **Escola politécnica da universidade de São Paulo**, departamento de engenharia de construção civil, 1995.

ADLER, F, L; COLBY, T, J. Ecossistemas urbanos – princípios ecológicos para o ambiente construído. **Oficina de textos**, 1º ed, 348p, 2015.

ANDRADE, M, C. Geografia econômica, 12 ed, São Paulo, **Ed Atlas**, 1998.

ARAÚJO, G, F. Responsabilidades no direito internacional do meio ambiente. São Paulo: **Ed atlas**, 2008, p 186.

BRAGA, A; PEREIRA, L, A, P; SALDIVA, P, H, N. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. **USP**, 1993.

BENINI, S, M. Decifrando as áreas verdes públicas. **Revista formação**, N.17, V 2. 2010.

COLTRI, P, P; VELASCO, G, D, N; POLIZEL, J, L; DEMETRIO, V, A; FERREIRA, N, J. Ilhas de calor na estação do inverno da área urbana da cidade de Piracicaba/SP. XIII simpósio de sensoriamento remoto, 2007, Florianópolis. **Anais do xiii simpósio de sensoriamento remoto**, Florianópolis, 2007, 5151-5157.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**, ed, 1969.

CONTI, J, B. Crescimento urbano e mudanças climática. O estado de São Paulo. 3 (149):3. **Suplemento cultural**, 1979.

CASTRO, F, S; COSTA, R, A. Clima urbano em cidades pequenas: uma reflexão sobre sua construção teórico – metodológica. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2016.

CANO, W. Da década de 1920 á de 1930: transição rumo a crise e a industrialização no Brasil. V. 13, N. 3b, p 897-916, 2012.

CHADLER, T, J. Urban climatology and its relevance in urban design, Geneva: **WMO**, 1976.

CHANDLER, T, J. The climate of London, London, **Hutchinson e co**. 1965.

CARREGOSA, E, A; SILVA, S, L, C; KUNHAVALIK, J, P. Sociedade, natureza e desenvolvimento: uma relação em construção. **Enciclopédia biosfera**, centro científico conhecer – Goiânia, V.10, n.18, p. 3986, 2014.

COSTA, A, C, L, *et al.*, Índices de conforto térmico e duas variações sazonais em cidades de diferentes dimensões na região amazônica. **Revista brasileira de geografia física**, V.6, n.3, p 478-487, 2013.

CAMPOS FILHO, C, M. Cidades brasileiras seu controle ou o caos. São Paulo, **Nobel**, 2º ed, 1992.

DIAS, M, B, G; NASCIMENTO, D, T, F. Clima urbano e ilhas de calor: aspectos teóricos-metodológicos e estudo de caso. **Periódico eletrônico fórum ambiental da alta paulista**. V.10, n.12, ISSN 1980-0827, p.27-41.

DANNI, I, M. Ilha térmica de Porto Alegre: contribuições ao estudo de clima urbano. **Boletim gaúcho de geografia**. N,8, p 33-48, 1980.

ESTULANO, G, A. O comportamento térmico de diferentes materiais utilizados nos painéis de fechamento vertical nas edificações da cidade de Cuiabá/MT – avaliação pós ocupação. **Dissertação** (mestrado em física e meio ambiente), Departamento de física, UFMG, 104p, 2004.

EMMANUEL, M, R. An urban approach to climate – sensitive design: Strategies for the tropics. New York: **Spon press**, 2005

FRANCO, M, A, C. Desenho ambiental uma introdução a arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico. **Annablume**: Fapesp, São Paulo, 1997.

FRANÇA, E, M, S; CHAVES, A, M, S; PINTO, J, E, S, S. Susceptibilidade do clima de Garanhuns – Pernambuco, pelo índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e pela temperatura superficial. **XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Goiânia**, 2016.

GALLEGO, I, M. Aspectos temporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982: contribuições ao estudo do clima urbano. São Paulo, 2 v, **Dissertação** (mestrado) USP/fflch

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

HOMRICH, B, S; FERNANDES, C, R, P; VIEIRA, J, R, G. O potencial tóxico do mercúrio e os impactos da gestão inadequada de seus resíduos ao meio ambiente e a saúde. **Instituto brasileiro de estudos ambientais**, 2014.

HOWARD, L. The climate of London. **Harvey and dorton**, 1833.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change -. **Climate Change**, 2007

INMET – Instituto nacional de meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 10/10/2017.

JUNIOR, E, F, O; SOUZA, I, S. Os impactos ambientais decorrentes da ação antrópica na nascente do rio Piauí – Riachão do Dantas/SE. **Revista Eletrônica da Faculdade José Augusto Vieira**. Ano V, n7 – ISSN 1983-1285.

JUNIOR, N, L, A. “ Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica”. **Dissertação** (mestrado em física e meio ambiente), UFMT, 105 p, 2005.

- LOMBARDO, M, A; CAMARA, G; PEREIRA, E; TARIFA, J, R. Use of infrared imagens i the delimitation of São Paulo heat island paper presente at the 7º **symposium on remote sensing and Environment**. Ann arbor, Michigan, 8p, 1983
- LOMBARDO, M, A. Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: **Hucitec**, 1985.
- LANDSBERG, H, E. The urban climates. New York: **academic press**, 285p, 1981.
- LANDSBERG, H, E. The climate of tows. Ed. Thomas, W, E. Man's role in chaging the face of the earth. Pub. For the wenner gremfoud. **For antropological research and nacional and ciencia found**. University of Chicago Press, 1956.
- MOUA, M, O; ZANELLA, M, E. **Os estudos de clima urbano no nordeste brasileiro**, 2010.
- MOREIRA, J, L; AMORIM, M, C, C, T. Ilhas de calor em Penápolis/SP em episódio de inverno. **XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Goiânia**, 2016.
- MONTEIRO, C, A. Teoria e clima urbano. São Paulo: **editora contexto**, 1976.
- MOREIRA, J, L; AMORIM, M, C, C, T. A ilha de calor em Penápolis/ SP em episódio de inverno. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2010.
- MONTEIRO, C, A; TARIFA, J, R. Contribuição ao Estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano. São Paulo: **USP**, 1977.
- MENDONÇA, R. Conservar e criar: natureza, cultura e complexidade. Ed. Senac, São Paulo, 2005
- MOREIRA, J, L; AMORIM, M, C, C ,T. O clima urbano de Penápolis- SP através da temperatura e de índices radiométricos. **Geosaberes**, Fortaleza, V.6, número especial (3), p 190-202, 2016.
- MOTA ,S . Urbanização e meio ambiente. Rio de Janeiro: **ABES**, 353p, 1999.
- MOREIRA, J, C; SENE, E. Geografia, Vol único, **Scipione**, 2005.
- MATINI, A. Microclima e conforto térmico proporcionado pelas arvores de rua na cidade de Curitiba, PR,2013.
- MATOS, F; QUEIROZ, L. Arvores para cidades –Salvador. Ministério público do estado.
- MILANO, M. S.; DALCIN, E. C. Arborização de vias públicas. Rio de Janeiro, RJ: Light, 2000. 226 p.
- NAVES, J, G, P; BERNARDI, M, B, J. A relação histórica homem/natureza e sua importância no enfrentamento da questão ambiental. **Geosul**, Florianópolis. V.29, n, 57, p 7-26, 2014.

NAVARRO, R, F. A evolução dos materiais parte 1: da pré-história ao início da era moderna. **Revista eletrônica de materiais e processos**. V.1, 01-11, ISSN 1809-8797, 2006.

NUCCI, J, C. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2º ed, Curitiba, 150 p ,2008.

OKE, T, R. The energetic basis of the urban heat island. **Quartely journal of the royal Metereological society**, v 108, nº 455, p 1-24, 1982

OKE, T, R. Bourdary layer climates. London, **Methuem & Ltda**, 1978.

OKE, T, R. Initial guidance to obtain representative Metereological observations at urban sites. World Metereological organization, Geneva, 2004.

Pereira, M, D, B. As chuvas na cidade de João Pessoa: uma abordagem genética, 2014. 93f. : il. **Monografia** (Graduação) - UFPB/CCEN.

PAULO, R, F. O desenvolvimento industrial e o crescimento populacional como fatores geradores do impacto ambiental. **Verdades e direitos**, Belo Horizonte. V.7, n.14, p. 173-184, 2010.

ROZOLEN, R; BARDUCO, G, L. Análise da influência da continentalidade e maritimidade em municípios brasileiros localizados em uma mesma latitude. **Xiv simpósio brasileiro de geografia física aplicada**, 2011.

ROMERO, M , A, B. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. São Paulo: **projeto 200**, 2º ed, 128p.

SANTOS, F, M, M; NOGUEIRA, M, C, J, A; MUSIS, C, R; JUNIOR, O, B, P; NOGUEIRA, J, S. Influência da ocupação do solo no clima urbano de Cuiabá, estado do Mato Grosso, Brasil. *Brazilian geographical jornal*. **Geosciences and humanities research médium**. V.4, n.1, p 100-121, 2013.

SANTOS, J, S. Campo térmico urbano e sua relação com o uso e cobertura do solo em uma Cidade tropical úmida. 108p, 2011. Tese (doutorado em recursos naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, 2011.

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. **Dissertação** (mestrado em desenvolvimento e meio ambiente) UFPB, 2017.

SAMPAIO, A, H, L. Correlações entre o uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador. Sp, 103p. **Dissertação** (mestrado) USP, fflch.

- SOBREIRA, L, C; LEDER, S, M; SILVA, F, A, G; ROSA, P, R, O. Expansão urbana e variações mesoclimáticas em João Pessoa, PB. **Revista ambiente construído**, v 11, nº2, Porto Alegre, 2011.
- SAMPAIO, A, H, L. Correlações entre o uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de salvador. **Dissertação** (mestrado em geografia), São Paulo: USP, 1981.
- SOARES DE OLIVEIRA, A, M. Relações homem/ natureza no modo de produção capitalista. Scripta nova. **Revista eletrônica de Geografia y Ciências sociales, Universidad de Barcelona**, Vol VI, n 119(18), 2007.
- SAMOHYL, R. Acumulação de capital e desacumulação do meio ambiente. Economia e desenvolvimento. **Revista quadrimensal de economia**. Ano 1,n.2, 1982.
- SANT'ANNA, N, J, L. Da climatologia á geografia do clima, gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. P 52-67, **revista da ANPEGE**, v.4, 2008.
- _____. O Clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de climatologia**, V.8, p 45-59, 2011.
- SILVA, J, A. Direito urbanístico brasileiro. 2ºed, São Paulo, 421p, 1997.
- SILVA JUNIOR, J, A *et al*., Analise da distribuição espacial do conforto térmico na cidade de Belém-PA no período menos chuvoso. **Revista brasileira de geografia física**, p 218-235, 2012.
- TARIFA, J, R. Analise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de são jose dos campos,sp. **Geografia**, 2:59-80.1977
- TAHA, H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat. **Energy and buildings**, n.25, p 99-103, 1997.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. C. L. do. Meteorologia descritiva. Fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo, **Nobel**, 1984. 374p
- VIEIRA, R, S. Rio + 20 – conferencias das nações unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento: contexto, principais temas e expectativas em relação ao novo “direito da sustentabilidade”. **Revista novos estudos jurídicos**. Vol.17, n.1, p. 48-69, 2012.
- VILELA, J, A. Variáveis do clima urbano: análise da situação atual e prognósticos para região do bairro belverde III, Belo Horizonte, MG. **Dissertação** (mestrado em arquitetura e urbanismo), 213p, 2007.

VIANA, S, S.M. Conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP. **Tese** (doutorado em geografia) UNESP, 2013.

WHITAKER, D, C, A. A cultura e o ecossistema: reflexões a partir de um diálogo. Campinas, Sp: **Alínea**, 2006.

.



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/



A Floresta Nacional (FLONA) da Restinga de Cabedelo e a sua influência no clima urbano da cidade de Cabedelo/PB

The National Forest (FLONA) Restinga of Cabedelo and its influence on the urban climate of the city Cabedelo/PB

Anne Falcão de Freitas^a, Joel Silva dos Santos^b, Bartolomeu Israel de Souza^c, Ingrid Almeida^d,
Nayara Silva Lins de Albuquerque^e, ^f

^a Aluna do doutorado do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente; Universidade Federal da Paraíba-UFPB, João Pessoa-PB. E-mail: annefalcão@gmail.com (autora correspondente)..

^b Professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente; UFPB, João Pessoa-PB..

^c Professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente; UFPB, João Pessoa-PB.

^d Aluna de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente; UFPB, João Pessoa-PB..

^e Aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal; Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife-PE.

^f .

ARTICLE INFO

Recebido Dia Mês Ano

Aceito Dia Mês Ano

Publicado Dia Mês Ano

ABSTRACT

With the disorderly growth of the urban network in the metropolitan area of the city of Cabedelo/PB, the Atlantic Forest biome has been intensely fragmented, and alterations in the local microclimate are already perceptible by the increase in temperatures. However, studies aiming to understand the role of this forest reserve in the climatic mitigation of the city are still non-existent. In view of this context, this work has as main objective to verify the relationship between FLONA and the microclimate of an urbanized area in the city of Cabedelo/PB. The research starts from the hypothesis of a thermal gradient between FLONA and the urbanized area. To carry out the research, a bibliographic survey was initially carried out regarding the subject matter, followed by the definition of the experimental points located within the FLONA and in the urban network of the city of Cabedelo/PB. To analyze the existence of a thermal gradient, air temperature and relative humidity measurements were performed using thermohygrometers during the dry season (December 2016 to January 2017). Three collection points were allocated within the FLONA and a collection point in the city's urban network. The results reveal the existence of a thermal gradient that indicates a gradual attenuation of the temperature and increase of the humidity as one advances to the interior of the FLONA, highlights the role of vegetation cover in the urban climate mitigation of the city of Cabedelo/PB. With this, is reinforces the importance of the ecosystem service provided by the Atlantic Forest fragments, and their necessary conservation.

Keywords: Microclimate, Thermal gradient, Atlantic forest..

RESUMO

Com o crescimento desordenado da malha urbana na região metropolitana da cidade de Cabedelo/PB, o bioma de Mata Atlântica tem sido fragmentado intensamente, e alterações no microclima local, já são perceptíveis pelo aumento das temperaturas. No entanto, estudos visando compreender o papel desta reserva florestal na amenização climática da cidade ainda são inexistentes. Diante deste contexto, este trabalho tem por objetivo principal verificar a relação entre a FLONA e o microclima de uma área urbanizada na cidade de Cabedelo/PB. A pesquisa parte da hipótese da existência gradiente térmico entre a FLONA e a área urbanizada. Para a realização da pesquisa, inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico a respeito da temática em questão, seguido da definição dos pontos experimentais localizados dentro da FLONA e na malha urbana da cidade de Cabedelo/PB. Para analisar a existência de um gradiente térmico, foram realizadas coletas de temperatura e umidade relativa do ar, utilizando termohigrômetros durante o período de estiagem da região (dezembro 2016 a janeiro 2017). Três pontos de coletas ficaram alocados dentro da FLONA e um ponto de coleta na malha urbana da cidade. Os resultados do estudo revelam a existência de um gradiente térmico que indica uma atenuação gradual da temperatura e aumento da umidade à medida que se avança para o interior da FLONA, destacando também o papel da cobertura vegetal na amenização do clima urbano da cidade de Cabedelo/PB. Com isso, reforça a importância dos serviços ecossistêmicos prestados pelos fragmentos de Mata Atlântica, e a sua necessária conservação.

Palavras-Chave: Microclima, Gradiente térmico, Mata Atlântica..

Introdução

A população urbana mundial aumenta a cada ano, e por meio da sua expansão desestabiliza os sistemas ambientais, causando diversos problemas, como poluição, fragmentação dos biomas e perda de biodiversidade. Sendo assim, uma das principais consequências, a diminuição dos serviços ecossistêmicos (ZHOU et al., 2014; PETRISOR et al., 2016; YI et al., 2016).

4. Um dos biomas que mais sofre com essa expansão humana é a Mata Atlântica, a qual passou por um processo de fragmentação e perda de mais de 93% da área original, sendo, portanto, incluída nos *hotspots* mundiais, por apresentar uma grande diversidade biológica, elevado grau de endemismo e estar ameaçada (MYRES et al., 2000).

5. Conforme esse ecossistema é fragmentado ocorre perda de habitat e criação de “ilhas” com diferentes tamanhos (SAUNDERS, 1991), os quais sofrem alterações bióticas e abióticas à medida que se aproxima da margem da mata, sendo denominado de efeito de borda (RANTA et al., 1998; FAHRING, 2003; McDONALD et al., 2013).

6. No que diz respeito ao efeito de borda, os fatores abióticos temperatura e umidade relativa do ar são as variáveis microclimáticas mais sensíveis de mudanças. Tais variáveis podem sofrer alterações (CHEN et al., 1999; AMORIM, 2011; SAMPAIO, 2011).

7. Ewers e Bank-Leite (2013) em estudo sobre fragmento de Mata Atlântica constatou que a cada aumento de 1°C na temperatura na região urbanizada, na floresta aumenta apenas 0,38°C, demonstrando assim que áreas arborizadas atuam na amenização climática, e que é de suma importância da manutenção desse ecossistema para contribuir com a diminuição do calor gerado pelas áreas urbanas.

8. Na cidade de Cabedelo, localizada na Paraíba, o processo de expansão urbana se deu ao longo da rodovia BR-230, que entre os anos de 1963 e 1970 ocorreram gradativas construções de instituições e conjuntos habitacionais, ocasionando assim uma mudança no uso e ocupação do solo (CASTRO et al., 2015) e reduzindo a Mata Atlântica à um fragmento ocupado pela Unidade de Conservação (UC) denominada de Floresta Nacional (FLONA) da

Restinga de Cabedelo, é importante destacar que o crescimento da cidade limítrofe, João Pessoa, também contribuiu para a urbanização e diminuição de áreas com vegetação do referido bioma (STEVENS, 2014).

Portanto, estudos relacionados a variáveis microclimáticas entre o ambiente urbano e em um dos últimos fragmentos de Mata Atlântica, a Floresta Nacional (FLONA) de Cabedelo, são escassos. Diante desse contexto, o presente estudo objetivou estudar o microclima urbano da cidade de Cabedelo/PB, e sua relação com a FLONA de Cabedelo, pois a pesquisa parte da hipótese de um gradiente térmico entre a FLONA e a área urbanizada.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

O município de Cabedelo, localiza-se entre o Oceano Atlântico ao norte e leste, ao Rio Paraíba a Oeste e a João Pessoa/PB ao Sul, entre as Coordenadas Geográficas 06°58'21" e 07°04'29" S e 34°50'18" e 34°51'20" W (MEDEIROS, 2012). Neste município está inserido a Floresta Nacional (FLONA) da Restinga de Cabedelo, uma Unidade de Conservação (UC) classificada de acordo com a Lei nº 9.985 de 2000 como sendo de uso sustentável, tendo como objetivos básicos os usos múltiplos dos recursos florestais e as pesquisas científicas, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas (BRASIL, 2011). Tal área de estudo é conhecida como a Mata do Amém e possui área total de aproximadamente 115,82 ha, localizada no município de Cabedelo entre as Coordenadas Geográficas 07°03'47,5"S e 34°51'14,5"W. A sua altitude média é de 10 metros (VASCONCELLOS et al., 2005; VICENTE et al., 2014).

O clima da região segundo a classificação Köppen (1918) é tropical chuvoso, com classificação Am, onde ocorre verão seco e quente e úmido durante todo ano. Os dados climáticos da região, no qual está inserida a área de estudo, revelam temperaturas máximas de 31 °C. A temperatura mínima é de 21 °C, com média climatológica de 26 °C,

compreendida entre os anos de 1983 e 2013 (Série Climatológica do INMET). Quanto à precipitação, a área de estudo apresenta ocorrência de duas estações definidas: uma seca e outra chuvosa, com seis meses de período chuvoso (março a agosto) e seis secos e com estiagem (setembro a fevereiro) (INMET, 2016).

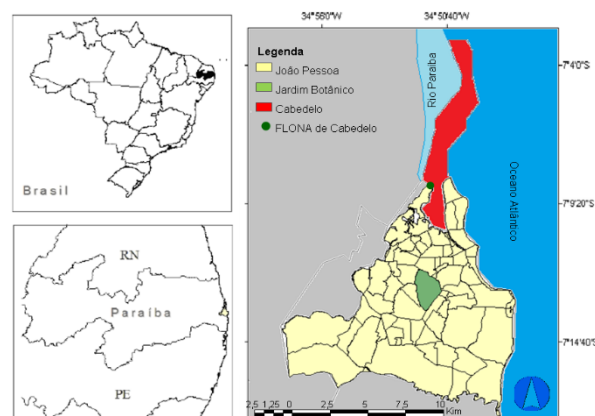
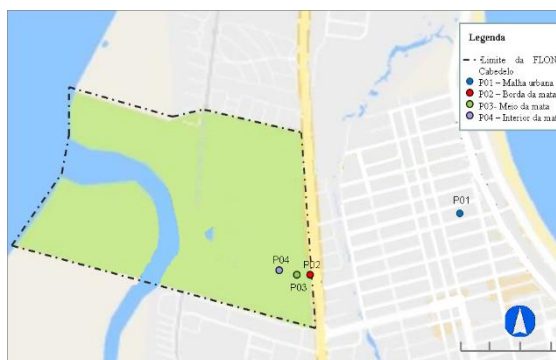


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo.

Delimitação dos pontos experimentais

9. Para a realização da pesquisa, inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico a respeito da temática em questão, e documental, à respeito da área de estudo para definição dos pontos a serem monitorados. Foram selecionados quatro pontos (Figura 2) para a instalação dos equipamentos para medição das variáveis microclimáticas (temperatura e umidade relativa do ar), sendo um na parte exterior e urbanizada da cidade de Cabedelo localizado a 788 metros da borda da FLONA e os outros três pontos situados na referida Unidade de Conservação, sendo um ponto na borda da mata, um no meio da mata (distanto 50m da borda) e outro no interior da mata (distanto 150m da borda) que compõe a FLONA de Cabedelo, PB.

10.



11. Figura 2. Localização dos pontos de monitoramento microclimático na FLONA de Cabedelo, PB.

Cada ponto de coleta de dados foi georreferenciado com GPS de navegação, utilizando-se o sistema de projeção UTM e Datum planimétrico SAD 69, para posterior espacialização no Sistema de Informação Geográfica. A Tabela 1 exibe os pontos experimentais com as suas respectivas coordenadas geográficas.

Tabela 1. Localização dos pontos experimentais, distribuídos na FLONA de Cabedelo, em coordenadas geográficas.

Ponto	Localização dos pontos	Longitude "X"	Latitude "Y"
P01	Malha urbana	7°3'42"S	34°50'37"O
P02	Borda da mata	7°4'1" S	34°51'1" O
P03	Meio da mata	7°4'1" S	34°51'3" O
P04	Interior da mata	7°3'60" S	34°51'6" O

Levantamento de dados

A análise do clima urbano através de descrições físicas do espaço ocupado, neste estudo, foi fundamentada na metodologia apresentada por Monteiro (1976), Katzschner et al. (2002), Costa (2007) e Santos (2011). O método consiste em medições *in loco* e na análise das variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa do ar.

Para a medição dessas variáveis microclimáticas, em cada ponto experimental foram instalados sensores Data Loggers Hobo® U10-003 (Resolução: Temperatura: 0.1°C em 25°C e RH: 0.07% em 25°C), os quais foram programados para obter dados durante intervalos horários (Figura 3A). Os

Data Logger foram protegidos em cabines meteorológicas plásticas de cor branca, as quais contêm pequenas aberturas que permitem a livre circulação do ar, e evitam a incidência solar direta. Essas cabines foram apoiadas em tripés distando 1,5m do solo (Figura 3B), constituindo-se em estações meteorológicas para medição de temperatura e da umidade relativa do ar.

A periodicidade para o levantamento dos dados deste artigo compreendeu o período de estiagem correspondente a 24 de dezembro de 2016 e 29 de janeiro de 2017. Porém, a segunda etapa da pesquisa continua em andamento com o monitoramento do período chuvoso da região.

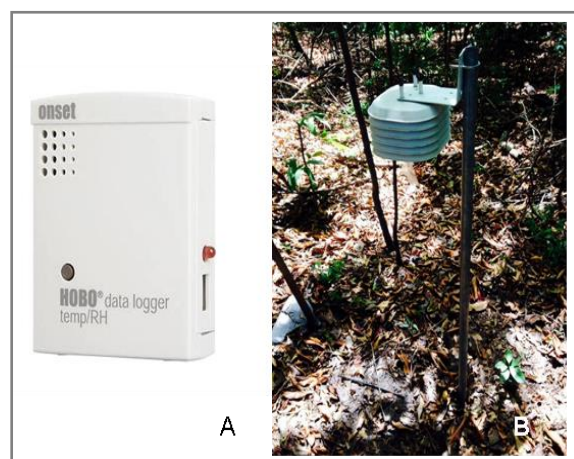


Figura 3. A. Sensores Data Loggers. B Abrigo plástico apoiado no tripé.

Tratamento dos dados

12. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos *in loco*, foram tratados através de estatística básica e descritiva e posteriormente tabulados através de uma planilha do programa Microsoft Excel®.

As variáveis foram apresentadas através de tabelas e gráficos e avaliadas com relação às medidas descritivas, tais como valor máximo, valor mínimo, média e mediana. Posteriormente, realizou-se um comparativo entre as médias diárias e horárias dos pontos analisados e as duas áreas investigadas.

Foi efetuado o teste de normalidade Shapiro-Wilk, para avaliar se a distribuição era

paramétrica ou não. Como resultou em dados não-paramétricos, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), ambos executados no software BioStat® versão 7.0, para testar a hipótese.

Resultados

Descrição das amostras experimentais

P01 - Malha urbana: este ponto apresenta solo impermeabilizado com cerâmica (68,8%), concreto (19,10%), cobertura asfáltica (5,87%), cobertura metálica (0,10%) e corpo hídrico - piscina (0,05%) e áreas permeáveis composto por vegetação arbórea (1,23%), solo exposto (4,78%) e corpo hídrico - mar (0,07%). P02 - Borda da mata: apresenta solo impermeabilizado com concreto (20,54%), cerâmica (6,18%), cobertura asfáltica (3,63%) e áreas permeáveis composto por vegetação arbórea (58,7%) e solo exposto (10,95%). P03 - Meio da mata: possui solo impermeabilizado com concreto (10,68%), cerâmica (4,02%), cobertura asfáltica (2,80%) e áreas permeáveis composto por vegetação arbórea (74,4%) e solo exposto (8,10%). P04 - Interior da mata: este ponto é composto por solo impermeabilizado com concreto (9,97%), cerâmica (3,24%), cobertura asfáltica (2,70%) e áreas permeáveis composto por vegetação arbórea (76,58%) e solo exposto (7,51%) (Tabela 2, Figura 4).

Tabela 2. Classes de cobertura do solo das amostras experimentais (%), de acordo com o raio de 0,21 Km².

Cobertura	P01	P02	P03	P04
Cerâmica	68,80	6,18	4,02	3,24
Concreto	19,10	20,54	10,68	9,97
Metálica	0,10	0	0	0
Corpo hídrico – mar	0,07	0	0	0
Corpo hídrico – piscina	0,05	0	0	0
Asfáltica	5,87	3,63	2,80	2,70

Solo exposto	4,78	10,95	8,10	7,51
Vegetação arbórea	1,23	58,70	74,4	76,58

A figura 4 demonstra a área de análise de cada ponto experimental, utilizando o raio de 0,21Km² de acordo com Costa (2007).

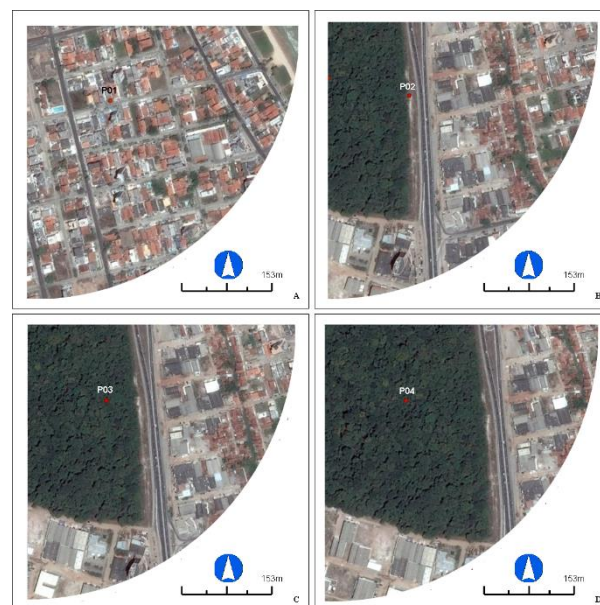


Figura 4. A - Malha urbana (P01). B - Borda da mata (P02). C - Meio da mata (P03). D - Interior da mata (P04).

Avaliação do gradiente de temperatura e umidade relativa do ar

De acordo com o tratamento dos dados no período avaliado, foi observado que o valor máximo de temperatura do ar ocorreu no P01 localizado na malha urbana do município de Cabedelo/PB. Esse ponto urbanizado apresentou uma média de 30,1°C para o período avaliado, seguido do P02 borda da mata (29,2°C). Verifica-se que o valor mínimo ocorreu no P04 interior da mata (22°C) (Tabela 3). Tal ponto dista 150 metros da borda (22°C).

Sendo assim, os dados revelam a existencia de um gradiente térmico entre a FLONA e a malha urbana da cidade de Cabedelo/PB que varia entre 3,7 °C entre as temperaturas mínimas das duas áreas. Esse dado é preocupante, pois a biodiversidade da FLONA pode ser afetada, tendo em vista, que

oscilações da temperatura mínimas podem afetar alguns microorganismos.

No que diz respeito às médias e medianas também foram verificados maiores temperaturas no ponto P01 (malha urbana). Verificam-se mudanças, gradativas da borda em direção ao interior da mata, ou seja, os gradientes de temperatura podem ser observados entre 50 metros e a 150 metros de distância da borda em direção ao interior da mata (Tabela 3).

Tabela 3. Estatísticas da temperatura relativa do ar durante o período de estiagem na FLONA de Cabedelo, PB.

Pontos	Temperatura relativa do ar (°C)			
	Valor máximo	Valor mínimo	Média	Mediana
P01 - Malha urbana	30,1	26,3	29,3	28,1
P02 - Borda da mata	29,2	25,8	27,8	27,9
P03 - Meio da mata	28,2	25,3	27,6	27,5
P04 - Interior da mata	28,4	22,0	27,3	26,9

O gradiente térmico em relação a média da temperatura foi variando de 1,5°C entre o P01 (malha urbana) e o P02 (borda da mata), 0,2°C do P02 para o P03 (meio da mata), 0,3°C entre P03 e P04 (interior da mata). Entre o ponto P04 (interior da mata) para o P01 (malha urbana) a diferença de temperatura foi de 2°C (Figura 5).



Figura 5. Esquema com a variação de temperatura média entre os pontos experimentais.

No que se refere à umidade relativa do ar, verificou-se também um comportamento semelhante ao gradiente de temperatura. O valor máximo ocorreu no ponto P04 interior da mata, localizado na FLONA de Cabedelo, com 95,1%, seguido do P03 meio da mata (94,8%). Enquanto o valor mínimo ocorreu no P01 localizado na malha urbana de Cabedelo (63,1%), seguido do ponto P02 localizado na borda da mata (65,2%) (Tabela 4, Figura 6).

As médias e as medianas demonstram maiores índices de umidade, nas áreas com maiores porcentagens de solo com vegetação arbórea (Tabela 2), ou seja, no ponto P03 (meio da mata) e P04 (interior da mata), havendo uma diferença média de 5,4% entre a malha urbana (P01) e o meio da mata (P03) (Tabela 4, Figura 6).

Tabela 4. Estatísticas da umidade relativa do ar durante o período de estiagem na FLONA de Cabedelo, PB.

Pontos	Umidade relativa do ar (%)			
	Valor máximo	Valor mínimo	Média	Mediana
P01 - Malha urbana	89,3	63,1	70,0	72,5
P02 - Borda da mata	93,6	65,2	73,1	73,1
P03 - Meio da mata	94,8	68,5	75,4	74,0
P04 - Interior da mata	95,1	67,7	75,2	75,0

O box-plot também mostra mediana, a dispersão (primeiro e terceiros quartis), os valores máximos e mínimos de temperatura (Figura 6A) e umidade (Figura 6B) de cada ponto monitorado.

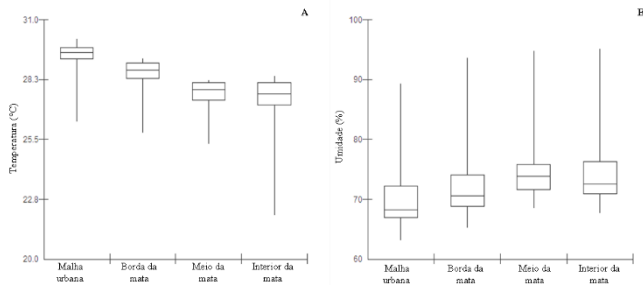


Figura 6. Box-plot das médias diárias da temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) dos pontos experimentais.

A Figura 7 exibe o curso temporal das médias diárias da temperatura do ar e umidade relativa durante o período de estiagem, nos pontos monitorados. Evidenciando menores temperaturas e maiores umidades na medida em que segue sentido a malha urbana (P01) para o interior da mata (P04).

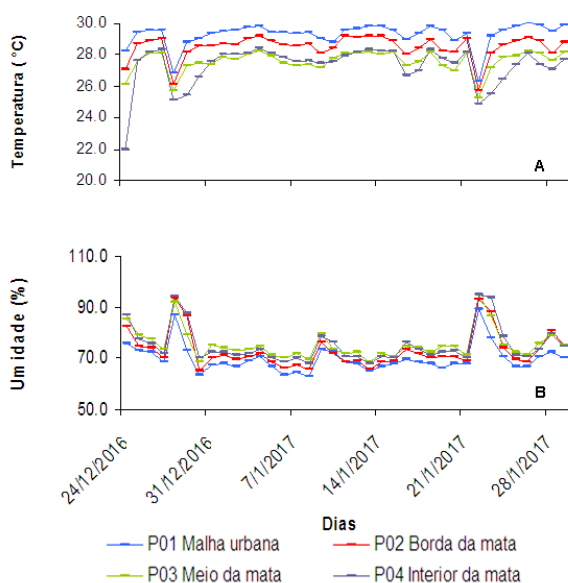


Figura 7. Curso temporal das médias diárias da temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) dos pontos experimentais.

Avaliando o comportamento horário das variáveis microclimáticas dos pontos monitorados, durante o período de estiagem, verificou-se que as médias da temperatura do ar são mais baixas entre os horários que correspondem às 18h (noite) e 06h (manhã) em face da ausência de incidência de radiação solar e redução da emissão de calor sensível emitido pela superfície. Em seguida, a temperatura do ar começa a aumentar até atingir o máximo em torno das 12h (manhã) e 14h (tarde), justamente quando ocorre a maior incidência de radiação solar e emissão de calor sensível. O aumento e redução da temperatura do ar são acompanhados respectivamente pela redução/aumento da umidade relativa (Figura 8).

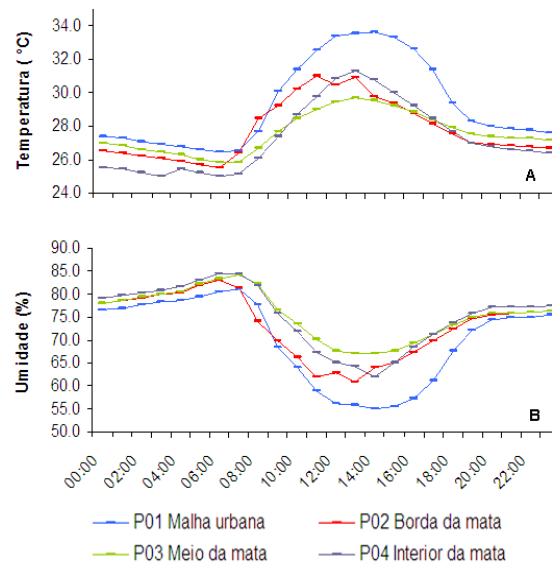


Figura 8. Curso temporal das médias horárias da temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) dos pontos experimentais.

O teste de Kruskal-Wallis foi significativo, onde o valor do teste H (3, graus de liberdade $N = 148$), o valor de $p < 0,05$, demonstrando assim, que há um gradiente de temperatura e umidade relativa do ar no sentido malha urbana da cidade de Cabedelo e interior da Unidade de Conservação Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo.

Diante desses resultados, é possível observar que a regulação do microclima é um dos mais importantes serviços ecossistêmicos proporcionados pela Flona de Cabedelo, sendo assim, fundamental a manutenção de Unidades de Conservação em ambientes urbanos.

Discussão

Dacanal et al (2010) encontrou resultando similares analisando fragmentos florestais urbanos inseridos em área de clima tropical. Os autores também verificaram que no interior desses fragmentos, a vegetação é densa e mais eficiente em atenuar a temperatura do ar gerando assim menores temperaturas.

Por outro lado, em ambientes urbanizados, os diversos parâmetros das construções civis, como orientação das edificações, densidade construída e albedo dos

materiais, contribuem para o aumento das taxas de temperatura em regiões de climas quentes e úmidos (ABREU-HARBICH et al., 2014)

Quanto às mudanças gradativas de temperatura da borda em direção ao interior da mata, Didham e Lawton (1999) também diagnosticaram a existência de um gradiente térmico entre 50 metros e 100 metros no sentido borda-interior de fragmento florestal em região tropical. Esse gradiente ocorre devido a diversos fatores abióticos e bióticos, deste último, um dos principais a influenciar é o grau da urbanização que cerca o fragmento (SAMPAIO, 2011; MONTEIRO et al., 2016; FREITAS et al., 2016).

No estudo de Buyadi et al (2015) os autores concluíram que as áreas urbanizadas podem influenciar na distribuição média da temperatura, sendo identificado uma diferença térmica entre o fragmento vegetacional e a área contruída de 1,3°C. Tejas et al (2011) em seu estudo encontrou uma diferença de 3% a 6% de umidade relativa do ar entre uma área urbanizada e uma arborizada. Com isso, Shashua-Bar et al. (2011) e Zhang et al (2016), afirmam que os resquícios de vegetação com porte arbóreo proporcionam melhores taxas de temperatura e umidade do ar, quando comparado com as áreas urbanizadas. Logo, ecologicamente, a evapotranspiração vegetal influência na regulação dos parâmetros microclimáticos, favorecendo ao aumento da umidade do ar e diminuição da temperatura (STAN et al., 2016).

Essa variação horária das variáveis microclimáticas foi observado por Xavier et al (2009) em Cuiabá.

Segundo Takács et al (2016); Ragheb et al (2016) e Wang et al (2017) a vegetação exerce papel imprescindível na redução do estresse térmico e consequentemente nas condições de conforto humano. Por outro lado, o processo de urbanização acelerado, e sem o devido planejamento ambiental, tem alterado as condições do clima urbano influenciando diretamente no efeito de borda.

Conclusão

A partir dos resultados, foi possível verificar que as menores temperaturas e maiores taxas de umidades relativas do ar foram registradas, respectivamente, no ponto P04 (interior da mata), P03 (meio da mata) e P02 (borda da mata). Vale destacar, que todos os pontos estavam inseridos no fragmento de Mata Atlântica. E isso reforça a importância dessa vegetação, no que se refere aos serviços ecossistêmicos, especificamente, na amenização microclimática, em função da evapotranspiração e o sombreamento, que são as principais estratégias de controle da radiação solar pela interceptação dos raios solares e conversão da energia radiante em calor sensível, o que reduz as temperaturas de superfície dos objetos sombreados, aumentando assim, a umidade relativa do ar e a ventilação.

O ponto P01, localizado na malha urbana, no entorno da reserva florestal, apresentou maiores temperaturas e menores taxas de umidade relativa do ar. Isso ocorreu devido ao uso e ocupação do solo serem constituídos por materiais impermeáveis, o que contribuem para o armazenamento de calor, reforçando a existência de um gradiente térmico da reserva em direção à malha urbana

O gradiente térmico ocorreu na interface interior da mata em direção ao ambiente urbanizado, apresentando uma atenuação gradual da temperatura e aumento da umidade relativa do ar à medida que se avança para o interior da FLONA de Cabedelo. Os dados também revelaram, que a temperatura do ar nos pontos com presença de vegetação arbórea sofreram uma redução de até 2°C, enquanto que, a umidade relativa do ar apresentou uma diferença de 5,4% em relação ao ponto urbanizado.

Por fim, vale destacar que a hipótese dessa pesquisa foi confirmada, corroborando com vários estudos do campo termodinâmico que já foram realizados em regiões tropicais.

Logo, as informações deste trabalho, poderão contribuir para a implantação das ações de manejo e conservação da FLONA,

tendo em vista, que a reserva desempenha um serviço ambiental de amenização climática imprescindível para a manutenção da qualidade de vida das populações que residem no entorno desta reserva florestal.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem a Fabiano Gumier e a todos que compõe a equipe gestora da FLONA de Cabedelo pela autorização e apoio técnico para realização deste estudo.

Referências

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. 2014. Thermal bioclimatic in idealized urban street canyons in Campinas, Brazil. *Theor Appl Climatol.* v. 115, p. 333-340.

AMORIM, R. P. L. 2011. Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido. Dissertação de Mestrado, Universidade de Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, Brasil. 93 p.

BRASIL. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Brasília: MMA/SBF, 2011.

BUYADI, S. N. A.; MOHD, W. M. N. W.; MISNI, A. 2015. Vegetation's role on modifying microclimate of urban resident. *Procedia Social and Behavioral Sciences.* v. 202, p. 400-407.

CASTRO, A. A. B. C. et al. 2015. Interfaces rodoviário-urbanas no processo de produção das cidades: estudo de caso do contorno rodoviário de João Pessoa, PB, Brasil. *Ambiente Construído.* v. 15, n. 3, p. 175-199.

CHEN, J. et al. 1999. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. *BioScience.* v. 49, n. 4, p. 288-297.

COSTA, A. D. L. O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido. Tese de Doutorado, Universidade de Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, Brasil. 224p.

DACANAL, C.; LABAKI, L. C.; SILVA, T. M. L. 2010. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. *Ambiente Construído.* v. 10, n. 2, p. 115-132.

DIDHAM, R. K.; LAWTON, J. H. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica.* v. 31, n. 1, p. 17-30.

EWERS, R. M.; BANKS-LEITE, C. 2013. Fragmentation impairs the microclimate buffering effect of tropical forests. *PLOS one.* v. 8, n. 3, p. 1-7.

FAHRING, L. 2003. Effects os habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* v. 34, p.487-515.

FREITAS, A. F.; SANTOS, J. S.; LIMA, R. B. 2016. Análise da variação microclimática em diferentes níveis de fragmentação. *Revista Brasileira de Geografia Física.* v. 9, n. 1, p. 226-236.

NATIONAL INSTITUTE OF METEOROLOGY. Available in: <http://www.inmet.gov.br/portal/>.

KATZSCHNER, L.; BOSCH, U.; ROTTEGEN, M. 2002. Behaviour of people in open spaces in dependency of thermal comfort conditions. In: International Conference on passive and low energy architecture. *Anais France, James & James Ltd.,* p. 411-415.

MEDEIROS, M. C. 2012. A pesca artesanal na costa da Paraíba: um enfoque etnoiclionológico.

Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Paraíba, Brasil. 129p.

McDONALD, R. I.; MARCOTULLIO, P. J.; GÜNERALP, B. 2013. Urbanization and global trends in biodiversity and ecosystem services. In: ELMQVIST, T. et al. (Ed.). Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities. Cap. 3, pp. 31-52.

MONTEIRO, J. C. R. et al. Descrição da temperatura e umidade relativa do ar em diferentes localidades no bairro do Parque Dez-Manaus/AM. *Biota Amazônia*. v. 4, n. 2, p. 20-27, 2014.

MYRES, N. et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. v. 403, n. 24, p. 853-858.

PETRISOR, A. I. et al. 2016. Assessing the fragmentation of the green infrastructure in Romanian cities using fractal models and numerical taxonomy. *Procedia Environmental Science*. v. 32, p. 110-123.

RAGHEB, A. A.; EL-DARWISH, I. I.; AHMED, S. 2016. Microclimate and human comfort considerations in planning a historic urban quarter. *International Journal of Sustainable Built Environment*. v. 5, p. 156-167.

RANTA, P. et al. 1998. The fragment Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity and Conservation*. v. 7, p. 385-403.

SAMPAIO, R. C. N. 2011. Efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual no interior do estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista. Bocatú, São Paulo, Brasil. 83p.

SANTOS, J. S. 2011. Campo térmico urbano e a sua relação com uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Paraíba, Brasil. 108p.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation biology*, v. 5, n. 10, p. 18-32.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. 2011. The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International Journal of Climatology*, v. 31, p. 1498-1506.

STAN, F. I. et al. 2016. Study on the evaporation and evapotranspiration measured on the Căldărușani Lake (Romania). *Procedia Environmental Science*. v. 32, p. 281-289.

STEVENS, P. O. 2014. Dinâmica da paisagem no geossistema do estuário do Rio Paraíba – extremo oriental das Américas: estimativas de perdas de habitat e cenários de recuperação da biodiversidade. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Brasil. 125p.

TAKÁCS, A. et al. 2016. Microclimate modification by urban shade trees – an integrated approach to aid ecosystem service based decision-making. *Procedia Environmental Science*. v. 32, p. 97-109.

TEJAS, G. T.; AZEVEDO, M. G. F.; LOCATELLI, M. 2011. A influência de áreas verdes no comportamento higrotérmico e na percepção ambiental do cidadão em duas unidades amostrais no município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. *REVSBAU*. v. 6, n. 4, p. 15-34.

VASCONCELLOS, A. et al. 2005. Cupins de duas florestas de restinga do nordeste brasileiro. *Iheringia*. v. 95, n. 2, p. 127-131.

VICENTE, A. et al. 2014. Composição estrutural da vegetação lenhosa da restinga de Cabedelo, Paraíba. *Revista de Geografia*. v. 31, n. 1, p. 183-196.

WANG, Y. et al. 2017. Thermal comfort in urban green spaces: a survey on a Dutch university campus. *International Journal Biometeorological*. v. 61, p. 87-101.

XAVIER, A. L. et al. 2009. Variação da temperatura e umidade entre as áreas urbanas de Cuiabá. *Engenharia Ambiental*. v. 6, n. 1, p. 82-93.

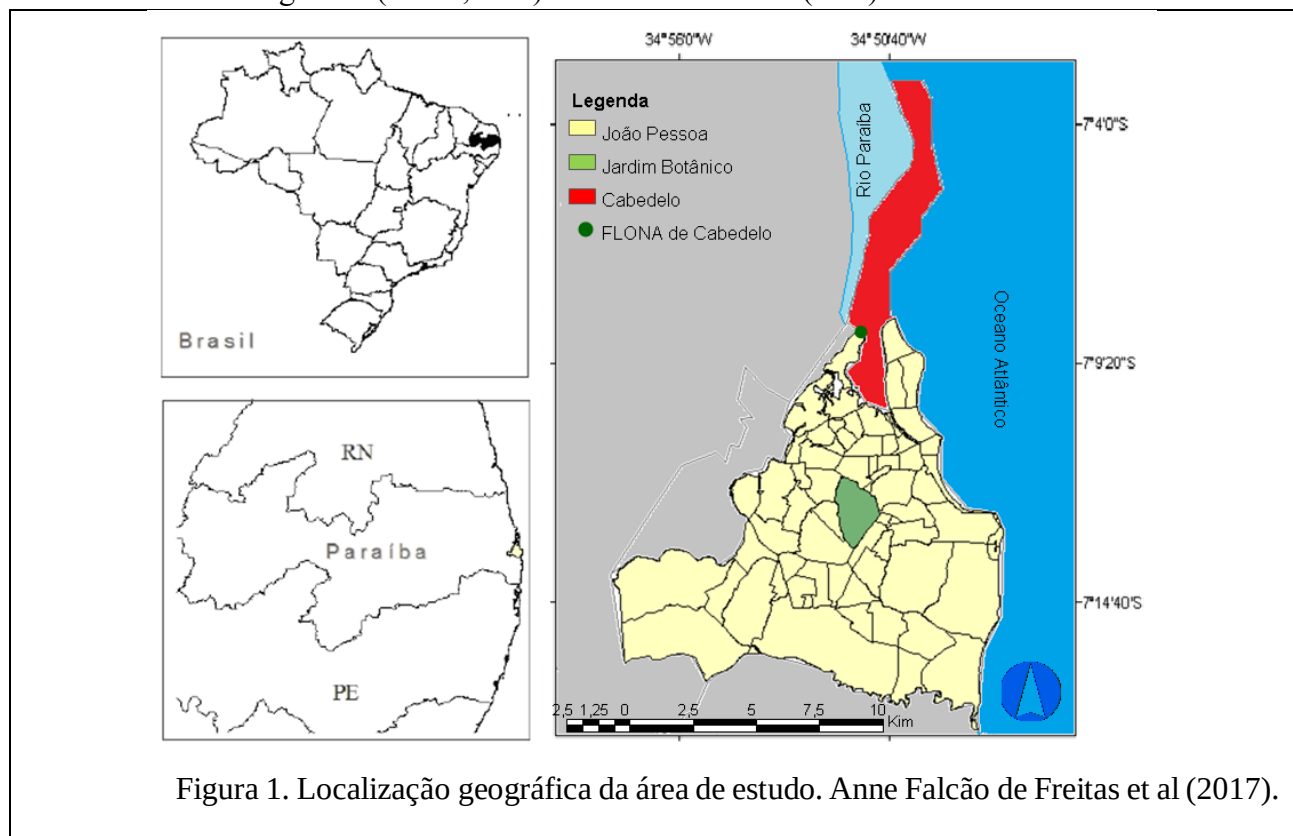
YI, Y. et al. 2016. Effects of urbanization on landscape patterns in a mountainous area: a case study in the Mentougou district, Beijing, China. *Sustainability*. v. 8, p. 1-14.

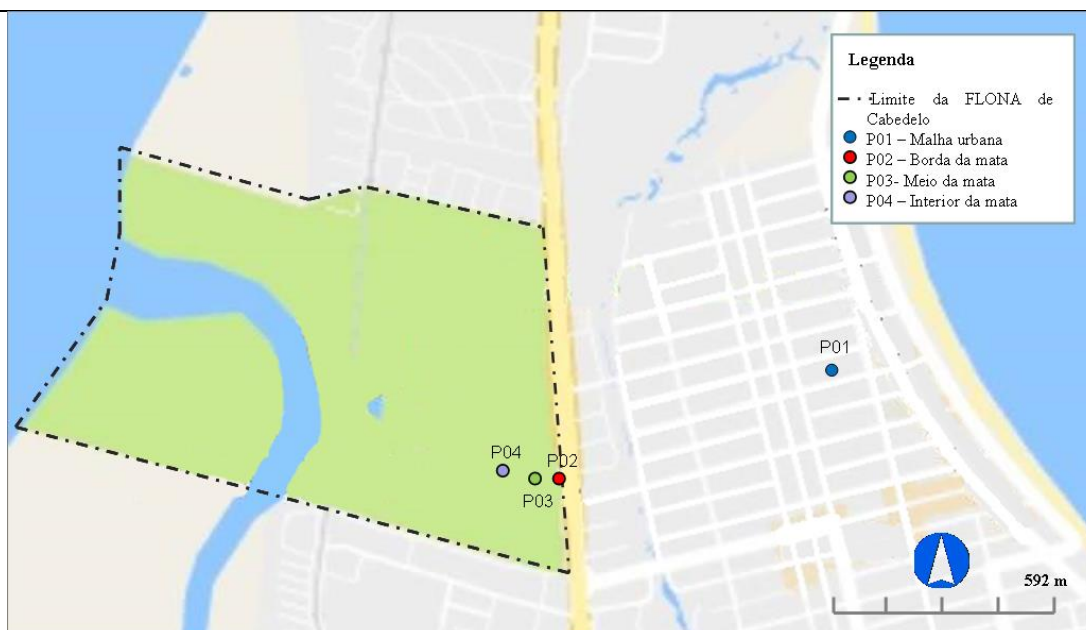
ZHANG, W.; ZHU, Y.; JIANG, J. 2016. Effect of the urbanization of wetlands on microclimate: a case study of xixi wetland, Hangzhou, China. *Sustainability*. v. 8, n. 885, p. 1-13.

ZHOU, D. et al. 2014. Effects of urbanization expansion on landscape pattern and region ecological risk in Chinese coastal city: a case study of Yantai city. *The Scientific World Journal*. p. 1-9.

Periódico

Tabela 1. Título da figura... (Autor, Ano). Fonte: Autor et al. (Ano).





13.
 Figura 2. Localização dos pontos de monitoramento microclimático na FLONA de Cabedelo, PB.
 Anne Falcão de Freitas et al (2017).

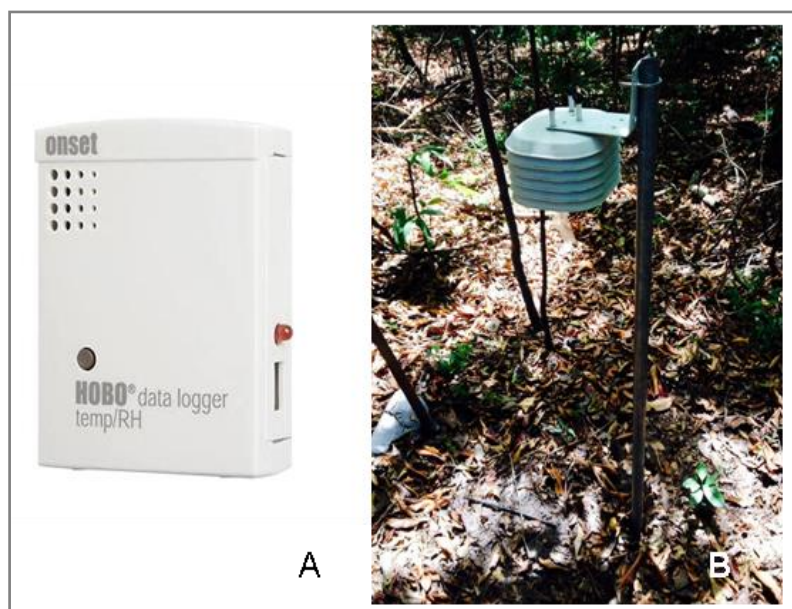


Figura 3. A. Sensores Data Loggers. B Abrigo plástico apoiado no tripé.
 Anne Falcão de Freitas et al (2017).

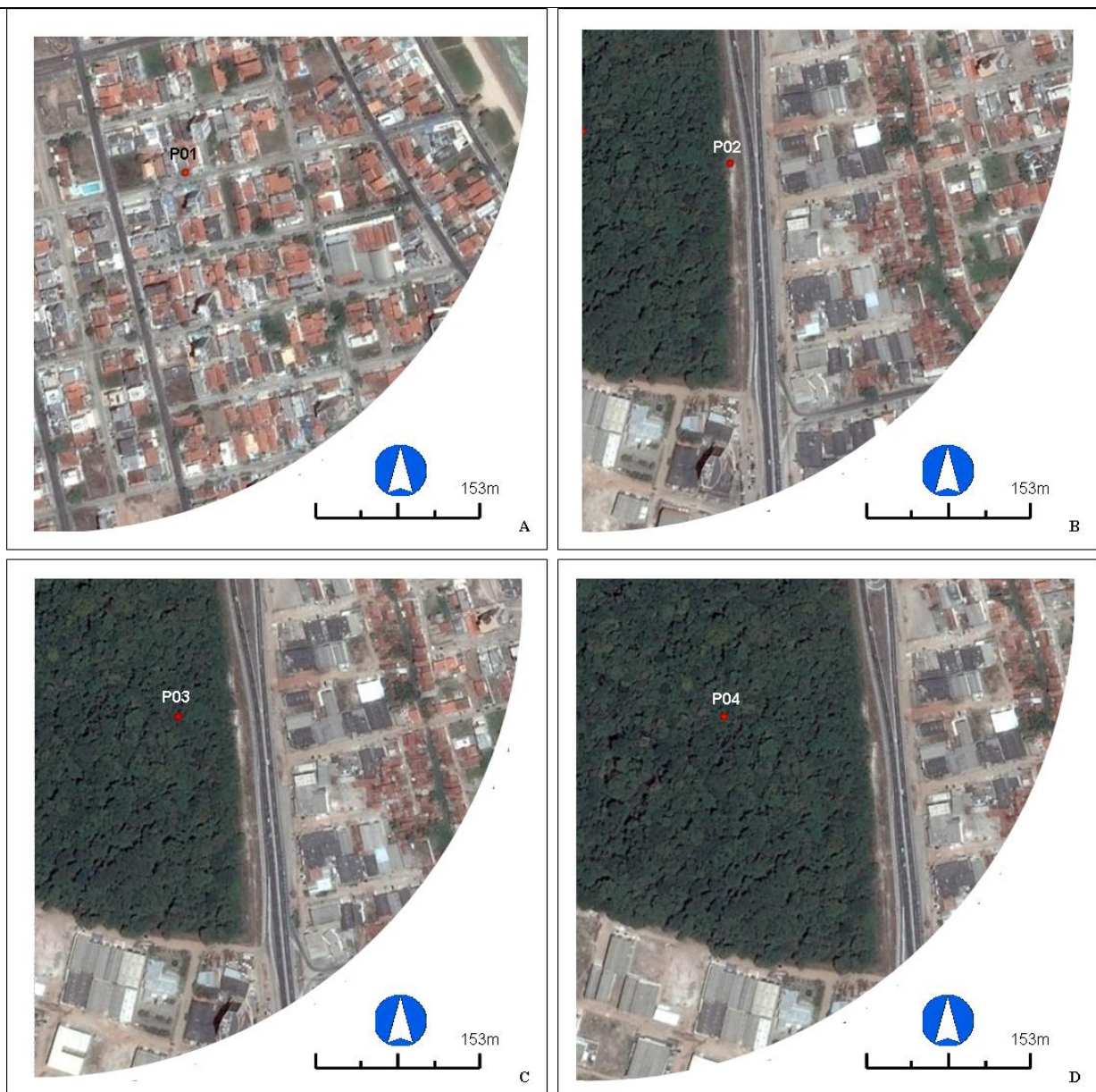


Figura 4. A - Malha urbana (P01). B - Borda da mata (P02). C - Meio da mata (P03). D - Interior da mata (P04). Anne Falcão de Freitas et al (2017).

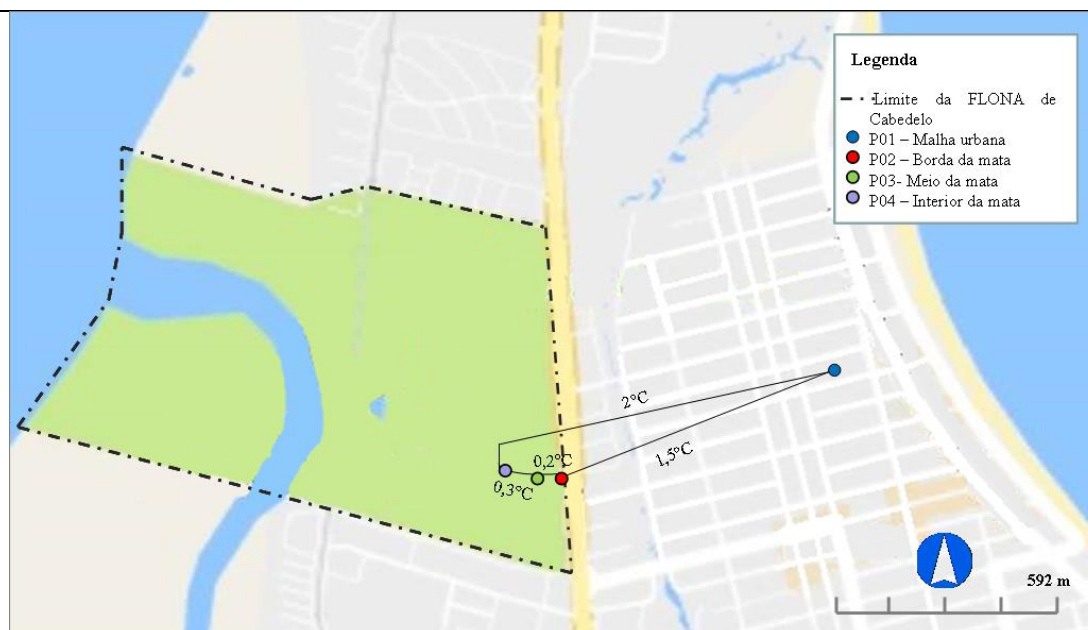


Figura 5. Esquema com a variação de temperatura média entre os pontos experimentais. Anne Falcão de Freitas et al (2017).

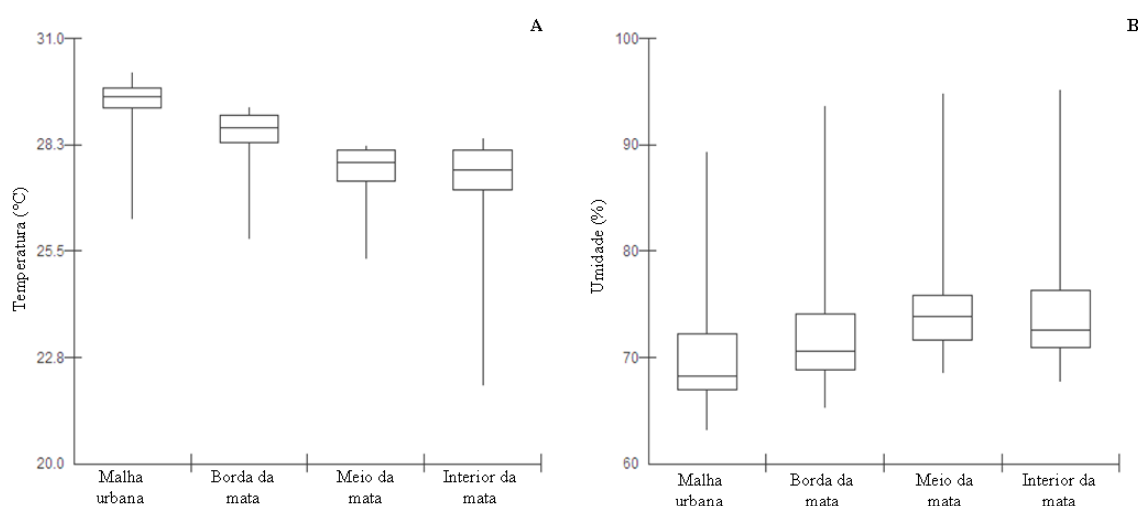


Figura 6. Box-plot das médias diárias da temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) dos pontos experimentais. Anne Falcão de Freitas et al (2017).

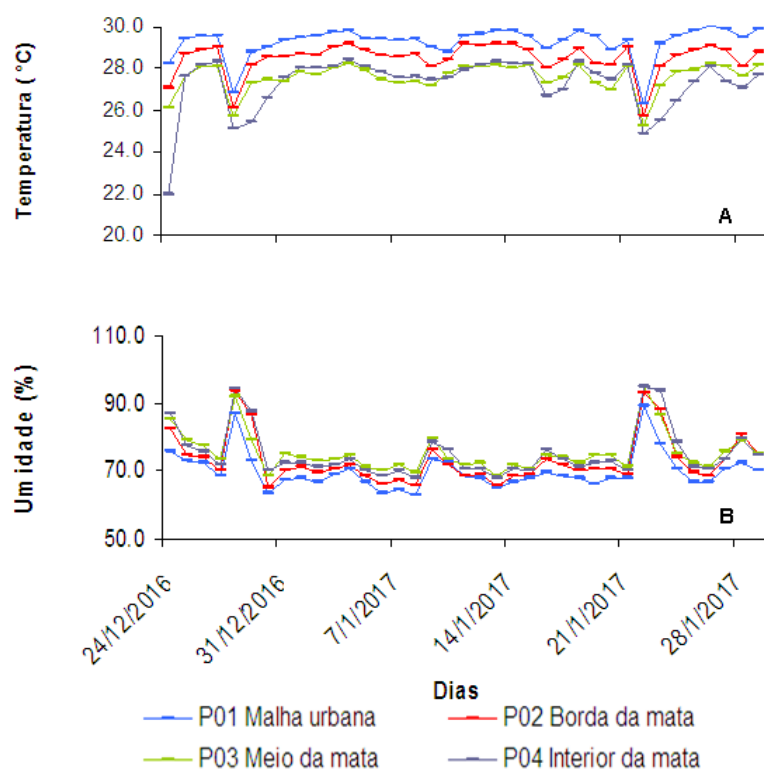


Figura 7. Curso temporal das médias diárias da temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) dos pontos experimentais. Anne Falcão de Freitas et al (2017).

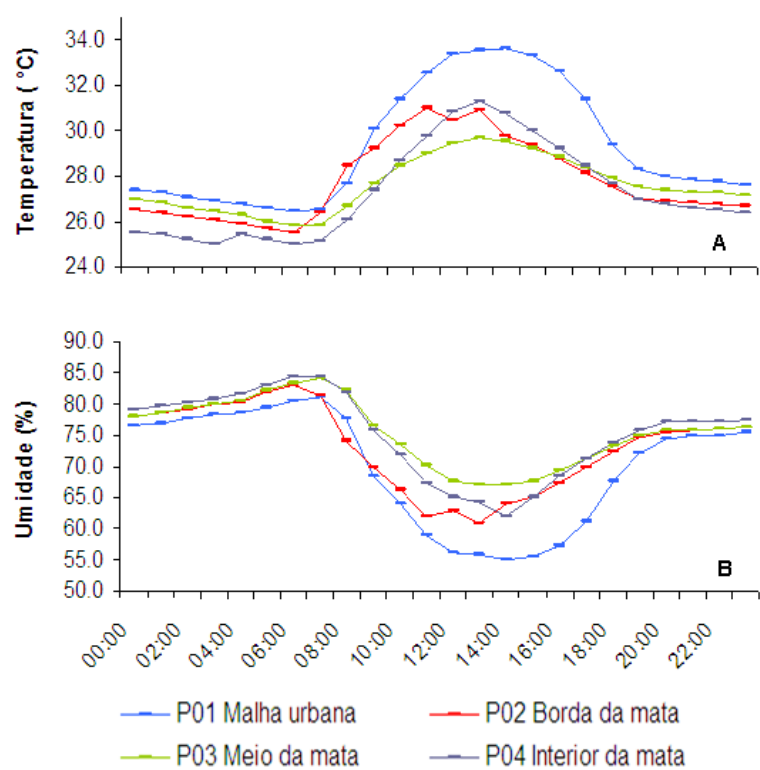


Figura 8. Curso temporal das médias horárias da temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) dos pontos experimentais. Anne Falcão de Freitas et al (2017).

