



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DE FATORES CLIMATOLÓGICOS NO TELHADO VERDE DE
EDIFICAÇÃO NO BAIRRO DO RECIFE**

MARCELO KOZMHINSKY

Orientador: Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva
Co-orientador: Prof. Dr. Marcus Metri Correa

Recife, PE
Janeiro/2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DE FATORES CLIMATOLÓGICOS NO TELHADO VERDE DE
EDIFICAÇÃO NO BAIRRO DO RECIFE**

MARCELO KOZMHINSKY

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

Orientador: Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva
Co-orientador: Prof. Dr. Marcus Metri Correa

Recife, PE
Janeiro/2018

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

K88a Kozmhinsky, Marcelo
Avaliação de fatores climatológicos no telhado verde de
edificação no bairro do Recife / Marcelo Kozmhinsky. – 2018.
68 f. : il.

Orientador: Vicente de Paulo Silva.

Coorientador: Marcus Metri Correa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental, Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências.

1. Sensação térmica 2. Variabilidade climática 3. Qualidade
ambiental 4. Ambiente urbano I. Silva, Vicente de Paulo, orient.
II. Correa, Marcus Metri, coorient. III. Título

CDD 628

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

**AVALIAÇÃO DE FATORES CLIMATOLÓGICOS NO TELHADO VERDE DE
EDIFICAÇÃO NO BAIRRO DO RECIFE**

MARCELO KOZMHINSKY

APROVADO EM: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva
Orientador

Prof. Dr. Marcus Metri Correa
Co-orientador

Dr. Raimundo Mainar de Medeiros
Membro Externo

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda
Membro Interno

Coordenador do PPEAMB

DEDICATÓRIA

A minha esposa Beatriz e meu filho Ariel pelo apoio incondicional, amor e paciência, pelas minhas ausências nas horas dedicadas a alcançar essa meta sempre ao meu lado e me incentivando nos momentos de dificuldades. Aos Meus pais Luiz e Clara, *in memoriam*, pela educação, exemplo de vida, dedicação e amor.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Beatriz e ao meu filho Ariel pelo acolhimento e apoio, paciência, motivação e colaboração no desenvolvimento desta dissertação.

Aos meus pais, Luiz e Clara, responsáveis pela minha educação e ensinamentos para a vida.

Ao Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva, pelo acolhimento, amizade e orientação acadêmica para a realização desta dissertação que muito contribuiu para meu crescimento científico.

Ao Dr. Raimundo Mainar de Medeiros, um grande agradecimento por todos os ensinamentos, esclarecimentos e sugestões ao longo de toda a pesquisa desenvolvida.

Aos professores do curso de Engenharia Ambiental pela dedicação ao ensino e pesquisa.

Aos colegas do programa de mestrado em Engenharia Ambiental pelos momentos compartilhados dentro e fora de sala de aula com apoio e incentivos constantes.

Aos funcionários do departamento de Engenharia Ambiental em nome de Ednalva Gomes Taveira e Walquiria de Brito Nascimento pela atenção e carinho ao longo dessa jornada.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Escola Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

EPÍGRAFE

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

RESUMO

Os Telhados Verdes proporcionam diversos benefícios nos ambientes urbanos melhorando a qualidade ambiental, favorecendo a redução dos impactos resultantes da supressão de áreas verdes, através da diminuição da temperatura ambiental, aumento da umidade relativa do ar, diminuição do índice de desconforto térmico, retenção e retardo da água de chuva e criação de espaços para produção de hortaliças e de convivência. Esse estudo tem como objetivo geral avaliar os fatores climatológicos (temperatura, umidade relativa do ar e índice de desconforto térmico) em um telhado verde, instalado em edificação no Bairro do Recife para melhoria da qualidade ambiental, no Bairro do Recife. Como objetivos específicos buscaram-se comparar a diferença de temperatura, umidade relativa do ar e índice de desconforto térmico entre dois ambientes distintos na mesma laje do edifício *Information Technology Business Center* e avaliar o uso desses ambientes como alternativa para edificações que não previram sistema construtivo vegetado na laje. Os registros dos dados de temperatura e umidade relativa do ar foram realizados com uso de dois sensores datalogger ux100-003 aferidos no período seco (janeiro de 2017) e no período úmido (junho de 2017). A área da laje foi dividida em dois ambientes. Na área com a face voltada para o sul, acolheu o espaço de convivência com piso cerâmico, vegetação adequada ao ambiente de muita insolação, influência de ventos e brisa e faixa de grama circundando todo o perímetro da referida face. Na área com a face voltada para o norte foi instalada *Zoysia japônica* (grama esmeralda). Entre a laje e o gramado foram utilizados: tecido filtrante (manta bidin) e camada de 2,0 cm de substrato composto de terra preta misturada com material decomposto derivado de vegetais. Os resultados indicaram que a temperatura máxima do ar no mês de janeiro foi maior em 2,4° C no sensor localizado na face voltada para o sul. A amplitude da umidade mínima relativa do ar diferenciou em 19,63% em relação a face voltada para o norte. Significando, respectivamente maior aquecimento do piso cerâmico e maior umidade no ambiente com grama. A diferença de temperatura mínima no mês de junho foi insignificante nos sensores localizados nos dois ambientes da laje, supondo-se que fatores externos como brisas marinhas e terrestres, chuvas, rajada de ventos e nuvens tenham interferido nesse ambiente. Em relação ao índice de desconforto térmico médio para o mês de janeiro, a máxima para o Ambiente gramado foi de 27,8° C, enquanto que no ambiente com piso cerâmico foi de 31,1° C, indicando que a cobertura vegetal ameniza o desconforto térmico. Apesar da área com a face voltada para o norte ser composta de substrato com 2,0 cm de espessura com vegetação, fica evidente que esse ambiente gramado teve maior eficiência na absorção do calor, redução da temperatura e aumento da umidade relativa do ar, comprovando a sua eficácia em edificações que não previram telhado verde nas cobertas.

A melhoria da qualidade ambiental nas cidades precisa de soluções que suavizem o efeito da ilha do calor proporcionando a redução do índice de desconforto térmico. O telhado verde é indicado como opção para restituição de áreas verdes removidas pelo setor de construção e desenvolvimento urbano. A indicação do telhado verde, como cobertura dos edifícios funciona para suavizar a temperatura ambiente, contribuir para melhorar a qualidade de vida e o conforto térmico para os habitantes da cidade.

Palavras chaves: Sensação Térmica, Variabilidade Climática, Qualidade Ambiental, Ambiente Urbano.

ABSTRACT

The Green Roofs provide benefits in urban environments such as improved environmental quality by reducing the impacts that result from green area suppression through reducing ambient temperature, increasing relative air humidity and retaining and delaying the flow of rainwater to the gallery rainwater system, functioning of vegetable gardens and creating spaces for sociability. This study aims to evaluate the efficiency of the green roof model installed in a building as an alternative to improve the environmental quality in the city of Recife through climatological studies and with the specific goals of comparing the difference in temperature and relative air humidity between two distinct surfaces in the same slab of the Information Technology Business Center, in the Recife Neighborhood (Recife Antigo) and to point out the use of the green roof model adopted as an option for buildings that did not provide vegetated constructions on their slabs. The climatological data records were made using two datalogger ux100-003 sensors to read temperature and relative humidity measured by comparative data in the month of January 2017, (the dry season), and the month of June 2017, (the rainy season), with data reading through the bhw-pro-cd software for datalogger programming and data reading. The slab areas were divided into two spaces. The southern face, which is larger, received the living space with benches, tables, chairs and ceramic vases with vegetation proper for environments of intense sunstroke, wind and breeze influence and a strip of grass as a belt around the entire perimeter of the southern face to the effect of the landscape quality and heat reduction in the space. In the northern faced area grass was installed over this, 2 cm layer of substrate composed of black earth mixed with decomposed material derived from vegetables, used for planting the grass. The results indicated that air temperature of in the month of January differs by 2.4° C more in the sensor located on the face facing south; the amplitude of the minimum relative humidity of the air differed in 19,63% in relation than the environment with face towards the north. This showed greater heating of the ceramic floor and greater humidity in the environment with grass. The minimum temperature in the month of June was insignificant in the sensors located in the two spaces knowing that external factors such as sea and land breezes, rains, gust of wind and clouds may have interfered in this environment. Regarding the average thermal discomfort index for the month of January, the maximum for the lawn environment was 27.8° C, while in the environment with a ceramic floor was 31.1° C, indicating that the vegetal cover softens the thermal discomfort. Although the structure of the vertical garden consists only of the filtering layers, one of 2 cm substrate and one of vegetation, it is evident that the green roof with a lawn had greater efficiency in heat absorption, temperature reduction and increase in relative air humidity, proving its effectiveness in buildings that did not predict the use covers on their roofs.

Improving environmental quality in cities requires solutions that soften the island's effect from heat by providing a reduction in the rate of thermal discomfort. The green roof is indicated as an option for restitution of green areas removed by the construction and urban development sector. The indication of the green roof as a roof of the buildings works to soften the ambient temperature, contributes to improve the quality of life and the thermal comfort for the inhabitants of the city.

Keywords: Thermal Sensation, Climatic Variability, Environmental Quality, Urban Environment.

LISTA DE ABRAVIATURAS SIGLAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas

CIB. Conselho Internacional da Construção

ECO 92. Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

FLL. The Landscape Research, Development and Construction Society

GRCH. Green Roofs for Healthy Cities

IBI. Instituto Brasileiro de Impermeabilização

IDT. Índice de Desconforto Térmico

IGRA. International Green Roof Association

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia

ITBC. Information Technology Business Center

LEED. Leadership in Energy and Environmental Design

MMA. Ministério do Meio Ambiente

NBR. Normas Brasileiras

PEAD. Polietileno de Alta Densidade

PET. Politereftalato de Etileno

PVC. Policloreto de Vinila

SOFTEX. Centro de Excelência em Tecnologia de Software

USB. Universal Serial Bus

UV. Radiação Ultra Violeta

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Telhado verde extensivo.....	19
Figura 2. Telhado verde intensivo.	20
Figura 3 Edifício ITBC no Bairro do Recife.	24
Figura 4. Projeto Paisagístico da cobertura do edifício ITBC.	24
Figura 5. Vista parcial do Ambiente I, face norte, da laje do ITBC.	25
Figura 6. Vista parcial do Ambiente II, face sul, da laje do ITBC.	26
.Figura 7 Vista frontal do Sensor Datalogger ux100-003.	27
Figura 8. Vista da fixação dos sensores para uso de campo.	27
Figura 9. Vista dos protótipos instalados nos ambientes I e II.	28
Figura 10. Precipitações mensais do período de 2013 a 2017 para o município de Recife -PE ...	29
Figura 11. Representação da temperatura máxima do ar e da umidade máxima relativa do ar para o Ambiente I no mês de janeiro.	33
Figura 12. Representação da temperatura máxima do ar e da umidade relativa máxima do ar para o Ambiente II no mês de janeiro.	33
Figura 13. Representação das temperaturas mínimas do ar e da umidade mínimas relativa do ar para o Ambiente I no mês de janeiro.	37
Figura 14. Representação da temperatura mínimas do ar e da umidade mínimas relativa do ar para o Ambiente II no mês de janeiro.	38
Figura 15. Representação da temperatura máxima do ar e da umidade máxima relativa do ar para o Ambiente I no mês de junho.	41
Figura 16. Representação da temperatura máxima do ar e da umidade relativa máxima do ar para o Ambiente II no mês de junho.	41
Figura 17. Representação da temperatura mínima do ar e da umidade mínima relativa do ar para o Ambiente I no mês de junho.	45
Figura 18. Representação da temperatura mínima do ar e da umidade relativa mínima do ar para o Ambiente II no mês de junho.	45
Figura 19. Valores de desconforto térmico para o Ambiente I e II no mês de janeiro.....	49
Figura 20. Valores de desconforto térmico para o Ambiente I e II no mês de junho	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas da cidade de João Pessoa (Santos, 2011) .	30
Tabela 2. Resultados da análise de variância para temperatura máxima diária do ar no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.	34
Tabela 3. Valores médios da temperatura máxima do ar (°C) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II	34
Tabela 4. Resultados da análise de variância para umidade máxima diária do ar no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.	35
Tabela 5. Valores médios da umidade máxima relativa do ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.	35
Tabela 6. Resultados da análise de variância para temperatura mínima (°C) do ar no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.	38
Tabela 7. Valores médios da temperatura mínima do ar (°C) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.	39
Tabela 8. Resultados da análise de variância para umidade relativa mínima do ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.	39
Tabela 9. Valores médios da umidade relativa mínima do ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.	40
Tabela 10. Resultados da análise de variância para temperatura máxima diária do ar no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.	42
Tabela 11. Valores médios da temperatura máxima do ar (°C) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II	42
Tabela 12. Resultados da análise de variância para umidade máxima diária do ar no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II	43
Tabela 13. Valores médios da umidade máxima relativa do ar (%) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.	43
Tabela 14. Resultados da análise de variância para temperatura mínima diária do ar no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.	45
Tabela 15. Valores médios da temperatura mínima relativa do ar (%) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.	46
Tabela 16. Resultados da análise de variância para umidade relativa mínima do ar (%) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.	46
Tabela 17. Valores médios da umidade relativa mínima do ar (%) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.	47
Tabela 18. Resultados da análise de variância para desconforto térmico (°C) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.	50
Tabela 19. Valores médios da para desconforto térmico no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.	50

Tabela 20. Resultados da análise de variância para desconforto térmico ($^{\circ}$ C) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.	51
Tabela 21. Valores médios da para desconforto térmico ($^{\circ}$ C) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.	51
Tabela 22. Síntese de temperatura do ar, umidade relativa do ar sensação térmica nos meses de janeiro e junho de 2017 em dois ambientes distintos de telhado verde.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Características técnicas do HOBO.....	27
Quadro 2. Esquema da análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado.	31
Quadro 3. Esquema de comparação múltipla de médias segundo o método de Tukey	31

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
LISTA DE FIGURAS.....	3
LISTA DE TABELAS.....	5
LISTA DE QUADROS	7
LISTA DE ABRAVIATURAS SIGLAS.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO LITERÁRIA	11
2.1 Urbanização e espaços verdes	11
2.2. Ilhas de calor	12
2.3. Legislações aplicadas ao uso de telhados verdes	13
2.4. Cidade Sustentável	15
2.5. Telhados Verdes como alternativa sustentável	17
2.6. Efeitos do microclima no telhado verde.....	21
2.6.1. Temperatura do ar	21
2.6.2. Umidade relativa do ar.....	22
2.6.3. Índice de desconforto térmico (IDT).....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Caracterização da área em estudo	23
3.2. Construção de Protótipos	26
3.2.1. Instalação dos sensores	26
3.3. Análises dos dados	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1. Análise dos dados compilados dos sensores	32
4.1.1. Temperatura máxima do ar e umidade máxima relativa do ar dos Ambientes I e II durante o mês de janeiro	32
4.1.2. Temperatura mínima do ar e umidade mínima relativa do ar no Ambiente I e II durante o mês de janeiro.	36
4.1.3. Temperatura máxima do ar e umidade máxima relativa do ar dos Ambientes I e II durante o mês de junho	40
4.1.4. Temperatura mínima do ar e umidade mínima relativa do ar no Ambiente I e II durante o mês de junho.	43
4.1.5. Índice de desconforto térmico no Ambiente I e II no mês de janeiro	48
4.1.6. Índice de desconforto térmico no Ambiente I e II no mês de junho	48
4.2. Síntese dos dados da média de temperatura do ar, umidade relativa do ar e desconforto térmico.....	51
5. CONCLUSÕES	54
6. REFERÊNCIAS	56

1. INTRODUÇÃO

O aumento exponencial da população do mundo no último século tem assinalado que existirá aproximadamente dez bilhões de pessoas até 2050, das quais, mais de 80% viverá nas cidades. O crescimento das cidades juntamente com as obras de infraestrutura urbana desencadeiam alterações significativas da cobertura do solo e do relevo, além de uma série de impactos diretos e indiretos aos ecossistemas terrestres e aquáticos, causando modificações no clima urbano (TASSI et al., 2014).

De acordo com Scherer e Fedrizzi (2013) os impactos ambientais causados pelas mudanças climáticas levam à degradação ambiental de cidades e da qualidade de vida. A incompatibilidade entre o elevado crescimento populacional nos espaços urbanos e o esgotamento dos recursos naturais trazem como consequências desequilíbrios no meio ambiente causando, muitas vezes, desastres naturais e situações de formas irreversíveis. A falta de planejamento do espaço urbano sem considerar os impactos ambientais causados pela diminuição dos espaços verdes, a impermeabilização do solo, destruição de ecossistemas têm influenciado no aumento da temperatura urbana, contribuindo para formação de ilhas de calor e provocando desequilíbrio ambiental.

Como alternativa para redução do desconforto ambiental e melhoria da qualidade de vida nos centros urbanos, sugere-se a utilização do telhado verde em edificações, baseado nos benefícios do uso de vegetação no espaço antrópico para melhor qualidade ambiental (KOZMHINSKY et al., 2016). O telhado verde é apontado como um modelo construtivo sustentável, cujo uso beneficia o meio ambiente e consequentemente a qualidade de vida dos habitantes nas grandes cidades.

Devido a questões de sustentabilidade, estéticas, lazer e ecológicas, os telhados verdes vêm sendo utilizados para beneficiar redução das ilhas de calor urbano, melhorando desse modo, a qualidade do ar e formando novos habitats para avefauna.

Este trabalho busca avaliar a resposta da influência de fatores climatológicos, medidos através de sensores, em dois ambientes distintos de telhados verdes instalados numa laje de edifício.

Diante do exposto, tem-se como objetivo geral avaliar a eficiência de telhado verde instalado na cobertura de edificação no Bairro do Recife e como objetivos específicos:

- (a) Analisar o comportamento da temperatura do ar, umidade relativa do ar e índice de desconforto térmico entre dois ambientes de telhado verde numa laje de edifício;
- (b) Avaliar o uso desses ambientes como alternativa para edificações que não previram sistema construtivo vegetado na laje;

Como hipótese, admite-se que não venha ocorrer diferença no comportamento da temperatura do ar, umidade relativa do ar e sensação térmica nos diferentes ambientes do telhado verde.

2. REVISÃO LITERÁRIA

2.1 Urbanização e espaços verdes

Segundo Kozmhinsky et al (2016) a urbanização no Brasil se deu como consequência do processo de industrialização e geração de empregos nas cidades e da mecanização agrícola, especialmente na década de 60, quando a população urbana no Brasil se tornou superior à rural em número de habitantes, se intensificando de forma evidente, a partir da década de 70. Na década de 80, a população urbana se consolidou em todas as regiões do Brasil superando a população rural, em número de habitantes.

O crescimento desordenado de áreas urbanas e o descaso do poder público nas grandes cidades resultam em déficits de áreas verdes de forma proporcional às dimensões dos espaços urbanos. (BARROS et al., 2015).

Nas cidades, em geral, o crescimento e o desenvolvimento acontecem de forma acelerada e sem planejamento urbano necessário, desencadeando no aumento de aglomerados urbanos subnormais e em especial na supressão de áreas verdes comprometendo o microclima e a diminuição da biodiversidade nos centros urbanos (KOZMHINSKY et al., 2016).

O crescimento das cidades juntamente com as edificações e obras de infraestrutura urbana desencadeiam alteração significativa da cobertura do solo e da topografia, além de uma série de impactos diretos e indiretos aos ecossistemas terrestres e aquáticos, locais e regionais, provocando modificações no clima urbano (TASSI et al., 2014).

A ocupação dos espaços urbanos de forma desordenada e as alterações advindas do uso inadequado do solo conduzem a significativas mudanças, gerando desconforto ambiental, tornando a moradia na cidade mais difícil para os habitantes e reduzindo a qualidade de vida (KOZMHINSKY et al, 2016).

De acordo Scherer e Fedrizzi (2013), os impactos ambientais levam à degradação ambiental das cidades e, conseqüentemente, à redução da qualidade de vida dos habitantes e dos animais, a exemplo da escassez de áreas vegetadas que são substituídas por edifícios e pavimentação. Segundo Lima (2013), os desequilíbrios ambientais são provenientes da incompatibilidade entre o elevado crescimento populacional nas cidades e o esgotamento dos recursos naturais.

2.2. Ilhas de calor

Segundo Oliveira et al. (2013), o uso desordenado do solo e o crescimento da população nos centros urbanos desencadeiam aumento nas áreas impermeáveis e na redução de áreas drenáveis, reduzindo a capacidade de infiltração e absorção das águas pluviais, além de provocar aumento da temperatura do ar, repercutindo em impacto no meio ambiente conhecido como ilha de calor.

De acordo com Krüger (2016), existe analogia entre urbanização e o aparecimento do fenômeno conhecido como ilhas de calor que é a diferença de temperatura entre a área urbana e a rural, em decorrência natural do processo de urbanização.

Para Eckert e Mascaró (2014), a diminuição de áreas verdes nos centros urbanos provoca o aumento da temperatura por interferência direta do aumento da impermeabilização do solo e redução das áreas de lazer, interferindo na qualidade de vida da população nas cidades. Ainda de acordo com o autor, a presença de vegetação nas cidades tem grande importância ambiental, pois a existência de áreas verdes é essencial para qualificar o meio urbano e atuar como indicador de sustentabilidade nos grandes centros.

De acordo com Barros e Lombardo (2016), na cidade de São Paulo, nos ambientes sem vegetação, preferencialmente nos espaços tomados por atividades industriais, comerciais ou por serviços, foi observada forte intensidade no fenômeno das ilhas de calor no ambiente urbano através de estudos que identificaram diferenças de temperatura da superfície superiores a 8° C.

De acordo com Lima (2013), a formação de ilhas de calor se deve à atividade antrópica nos espaços urbanos. A redução de áreas verdes, a impermeabilização do solo e a verticalização das habitações são ações que favorecem à formação de ilhas de calor.

O fenômeno de ilhas de calor e seu dimensionamento são instrumento importante para a gestão das cidades. Diferenças das temperaturas entre centros urbanos e zonas rurais próximas podem oferecer informações essenciais para atenuar o efeito das ilhas de calor (AMORIM, 2015).

Segundo Beatrice (2011), a contribuição oferecida pelos vegetais em coberturas de edificações mostra a existência de impacto positivo no clima urbano, interceptando e absorvendo parte da energia que chega ao seu entorno nos ambientes construídos. Nesse sentido, o uso de telhados verdes pode ser indicado como alternativa para redução dos impactos gerados pelas ilhas de calor existentes nas cidades (SOUZA et al., 2015).

2.3. Legislações aplicadas ao uso de telhados verdes

A Declaração de Estocolmo que se traduziu em um Plano de Ação estabelece princípios de preservação e melhoria do ambiente natural, destacando a necessidade de apoio financeiro e assistência técnica às comunidades e aos países mais pobres. Na ocasião, foram lançadas as bases das ações ambientais a nível internacional para questões relacionadas com degradação ambiental e poluição que afetam países, regiões e povos, localizados muito além do ponto de origem (ONU, 1972).

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92) realizada no Rio de Janeiro em 1992 consolidou o conceito de desenvolvimento sustentável, entendido como aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades e a criação da Agenda 21. (BARBIERI, 2010 e MORAIS et al., 2014).

Na Agenda 21, em países em desenvolvimento, a construção sustentável é definida como:

“Um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica. No contexto do desenvolvimento sustentável, o conceito transcende a sustentabilidade ambiental, visando à sustentabilidade econômica, social e política que enfatiza à adição de valor à qualidade de vida dos indivíduos e das comunidades” (Ministério do Meio Ambiente, 2016).

No Brasil, a Lei nº 6.938/81 que estabelece Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), há princípios que visam a melhoria da qualidade ambiental por meio da preservação e recuperação do meio propício à vida. Com isso, buscam-se condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana como ressalta o Art. 2º.

A Constituição da República Federativa do Brasil, no Art. 225, fundamentado no conceito de sustentabilidade afirma que:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

A Agenda 21 Brasileira é um instrumento de planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável do país, resultado de vasta consulta à população (BRASIL, 2002).

De acordo com informações do Ministério do Meio Ambiente – MMA (BRASIL, 2015), a Agenda 21 pode ser descrita como instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

A Agenda 21 Pernambuco é um documento preparado a partir do fórum de discussões entre representantes do Governo do Estado, setores do empresariado e entidades governamentais que visam formular políticas públicas integradas, nas dimensões da sustentabilidade — econômica, social, ambiental e institucional. (FÓRUM DA AGENDA 21 DE PERNAMBUCO, 2002).

Nesse documento, no capítulo de que trata de cidades sustentáveis, existe evidência dos problemas da migração rural para as grandes cidades, visto que em Pernambuco o percentual de habitantes nas áreas urbanas atinge 77%, um número muito alto em comparação ao nível mundial que ultrapassa os 50%. O documento aponta para a diversidade das necessidades e saídas para diferentes cidades e regiões, no sentido de encontrar soluções para a sustentabilidade dessas cidades. (FÓRUM DA AGENDA 21 DE PERNAMBUCO, 2002).

A Política Ambiental para a cidade de Recife fundamenta-se no disposto no Capítulo IV do Plano Diretor da cidade, da Lei Municipal nº 17.511/08 (RECIFE, 2008), entendida como um conjunto de diretrizes, instrumentos e mecanismos de política pública que orienta a gestão municipal na perspectiva de fomentar o desenvolvimento sustentável, alicerçado na justiça social, no crescimento econômico e no equilíbrio ambiental, promovendo melhorias na qualidade de vida da população (SEMAS, 2012).

Como parte das políticas públicas para melhoria da qualidade de vida dos habitantes e transformar a cidade num ambiente mais sustentável com ações para redução das ilhas de calor, a Prefeitura da Cidade do Recife sancionou a Lei nº 18.112/15. Essa Lei dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação do telhado verde nas lajes das novas edificações multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não habitacionais com mais de 400 m² de área coberta (RECIFE, 2015). A Lei nº 18.112/2015 obriga as novas edificações residenciais e comerciais a

instalarem telhados verdes em suas coberturas, baseada nas diretrizes para o desenvolvimento sustentável no Brasil em conformidade com a Agenda 21.

De acordo com Beatrice (2011), recentemente, o governo brasileiro apresentou propostas sob a forma de legislações para a divulgação e adoção do uso de telhados construtivos em cidades brasileiras, através de projeto de Lei Federal de 2009, no qual são sugeridas diretrizes e que obriga o uso de telhados verdes para centros urbanos brasileiros com mais de 500 mil habitantes.

2.4. Cidade Sustentável

Segundo Guerra e Lopes (2015), define-se cidade sustentável como aquela que garante o equilíbrio e que é bem planejada por meio de ampla compreensão das relações sociais, políticas, econômicas e ambientais. Além da arquitetura verde, o urbanismo e o planejamento urbano proporcionam ferramentas cruciais para garantir o futuro, através da criação de cidades com ambientes sustentáveis.

Para Corrêa (2015), uma cidade contemporânea prevê que espaços urbanos devam possuir áreas verdes e corredores ecológicos permeando as edificações.

Segundo Kozmhinsky et al. (2016), em 1988, foi criado o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) que é um sistema de classificação de edificações de acordo com critérios de sustentabilidade, no qual, fica definido que os telhados verdes contribuem em pontuação nesse sistema de classificação.

De acordo com Beatrice (2011), foi na Alemanha que se estabeleceu o sucesso da implantação da tecnologia de telhados verdes. Planos foram estabelecidos, guias e normas, como o *Guideline for the Planning, Execution and Upkeep of Green Roof*, sendo iniciado pelo governo alemão e gerido pela organização da Sociedade Alemã de Pesquisa, Desenvolvimento e Construção da Paisagem - “*The Landscape Research, Development and Construction Society*” (FLL), publicado em 1990 e revisado em 1995 e 2002, no qual indicam e orientam métodos, materiais e técnicas, adequadas para o planejamento, instalação, execução e manutenção dos telhados verdes.

De acordo com Willis (2014), telhado verde é chamado de “*Green Roof*” ou “*Gründächer*“, sendo mais conhecido nos países de língua germânica da Europa Central e tem se

difundido pelo norte e noroeste da Europa e norte da América. Ainda segundo o autor, na Europa, os telhados verdes são utilizados para as questões de gestão ambiental, preservação de energia e para evitar enchentes, além dos benefícios estéticos.

O aumento do conhecimento e eficiência para uso dos telhados verdes se deu durante o século XX. De acordo com Peck et al. (1999), o movimento que levou a essa intensa aceitação de telhados verdes foi o impulsionado e incentivado pelos governos desses países com programas políticos de admissão e utilização desse sistema de cobertura, atraídos pelos benefícios que poderiam trazer à economia nacional. Esse movimento desencadeou em subsídios para pesquisas sobre tecnologias para telhado verde, inibidores de raízes, materiais para drenagem e estudo de plantas apropriadas.

Em 1999, foi criada em Toronto, Canadá a “*Green Roofs for Healthy Cities*” (GRCH) (Telhados verdes para cidades sustentáveis) associação das indústrias de telhado verde sem fins lucrativos, com objetivo de promover este setor da economia aumentando o mercado de consumo e a consciência dos benefícios econômicos, sociais e ambientais de telhados verdes em toda América do Norte.

O conceito de teto jardim no Brasil, mais conhecido por telhado verde, de acordo com Kozmhinsky et al. (2016) foi adotado no Palácio de Capanema, no Rio de Janeiro por influência do arquiteto francês Charles Edouard Jeanneret-Gris, conhecido como “Le Corbusier” que foi contratado em 1936 por Lúcio Costa para prestar consultoria no projeto arquitetônico. O teto jardim teve projeto paisagístico de Roberto Burle Marx.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para instalação de telhados verdes é necessário que sejam respeitadas normas de desempenho técnico através de critérios rigorosos na execução da impermeabilização da laje, para evitar danos na cobertura das edificações. A NBR 9575 de 2010 institui exigências e recomendações relativas à seleção e projeto de impermeabilização, a fim de que sejam atendidos requisitos de proteção da construção contra a passagem de fluidos, de salubridade, segurança e conforto do usuário, para que se garanta a vedação dos elementos construtivos solicitados.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), (2009), a normatização mais recomendada para impermeabilização de telhados verdes orienta que se associem armaduras de poliéster com betume modificado, que é um aglomerante da manta asfáltica, plastomérica ou

elastomérica, produzido pela fusão de betume com feltros orgânicos, originando um subproduto, onde são adicionados outros materiais como polímeros para adquirir flexibilidade, elasticidade e força, possibilitando ainda adicionar diversos componentes como alumínio e polietileno, além de aditivos herbicidas em mono ou dupla camada, para inibir a penetração de raízes das plantas na estrutura.

No Brasil, o telhado verde é mais usado nos estados do Sul, pelo incentivo de entidades ambientais da região que estimulam a execução, visando à gestão ambiental, para evitar enchentes, acarretando no conforto ambiental e agindo como fito remediação, pois funciona como filtro biológico dos poluentes prejudiciais à saúde, removendo os gases tóxicos da atmosfera conforme Willis (2014).

Para Kozmhinsky et al. (2016), no Brasil, a partir do século XXI, os telhados verdes passaram a receber maior destaque em novos projetos arquitetônicos com ênfase em construções sustentáveis visando a melhoria da qualidade ambiental.

2.5. Telhados Verdes como alternativa sustentável

De acordo com Righi et al. (2016), os telhados verdes são também conhecidos por ecotelhados, coberturas vivas ou coberturas verdes e distinguem pela instalação de cobertura vegetal em edificações impermeabilizadas com drenos.

Segundo Baldessar (2012), os telhados verdes vêm sendo utilizados já há longo período da história, por questões estéticas, vernaculares, lazer, ecológicas e sustentáveis e por questões de sustentabilidade. Para o autor, muitos são os benefícios, como redução da ilha de calor urbano, melhoria da qualidade do ar, formação de novos habitats para avefauna, estética, melhoria da poluição sonora, entre outros. Ainda segundo o autor, não são apenas as novas edificações que podem receber telhado verde. É viável usá-la com muita eficiência em edificações existentes.

De acordo com Willis (2014), o objetivo do telhado verde é a aplicação de vegetação sobre a laje de edificações que recebam impermeabilização adequada, barreira anti-raízes e drenagem, de forma a beneficiar a eficácia da cobertura.

Conforme Righi et al. (2016), a indústria da construção civil é balizada como um dos setores que mais impactam o meio ambiente. A fim de atenuar as consequências dos impactos causados por esse setor e melhorar a qualidade ambiental, o telhado verde é apontado como

modelo construtivo sustentável cujo uso beneficia o meio ambiente e conseqüentemente a vida dos habitantes nas grandes cidades. Ainda segundo o autor, o telhado verde contribui no combate às ilhas de calor urbano, na redução do consumo de energia e a vegetação instalada nessa cobertura é capaz de absorver os gases do efeito estufa, melhorando a qualidade do ar.

De acordo com Kozmhinky et al. (2016), os telhados verdes contribuem no aumento da condição de vida nas grandes cidades através da melhoria da qualidade do ar, redução da poluição sonora e da temperatura ambiental, captação e retenção da água de chuva, umidificação do ar nos meses quentes e secos do ano, abrigo para avifauna, redução da poluição sonora, sendo fomentadores de desenvolvimento sustentável para os espaços urbanos e embelezamento das cidades.

Segundo Savi (2015), o telhado verde oferece na laje estabilidade na temperatura ao longo do dia e da noite. Isso é decorrente das várias camadas que fazem com que o calor seja dissipado mais lentamente.

De acordo com Ohnuma Junior et al. (2017), conforme a profundidade de substrato ocorre perdas e ganhos de calor. Telhados verdes com solos profundos resultam em menor ganho de calor na superfície e perda para a atmosfera, resultando em um melhor desempenho térmico.

De acordo com o *International Green Roof Association* (IGRA) (2016), existem basicamente duas opções de uso para os telhados verdes: um modelo com belo jardim ou horta no terraço com vista agradável para o proprietário e o outro, é o habitat destinado a flora e fauna, nos centros urbanos da cidade.

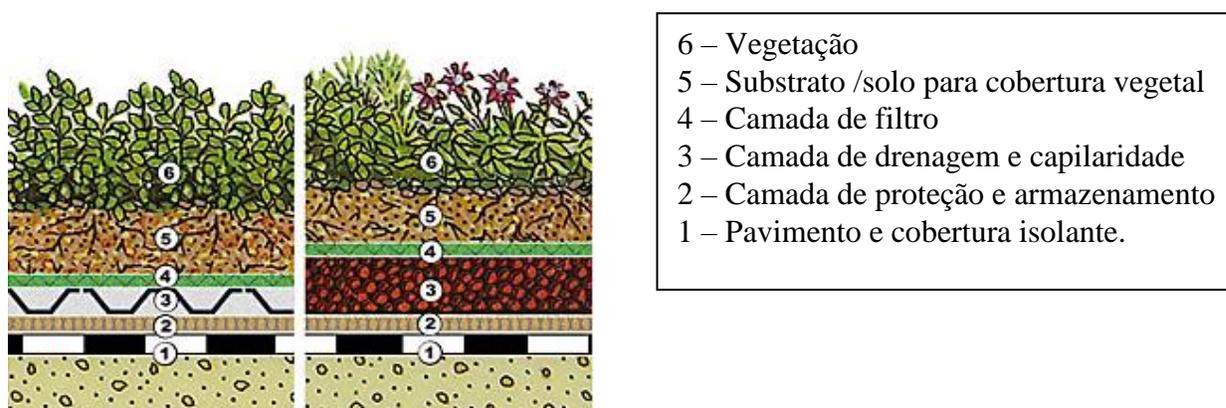
O telhado verde é composto por várias camadas consideradas básicas: vegetação, substrato, de filtragem, de drenagem e impermeabilização. (SAVI, 2015) (KOZMHINSKY et al, 2016).

De acordo com Kozmhinsky et al. (2016), conforme a vegetação e a espessura do substrato utilizado, pode-se designar os telhados verdes em extensivo, semiextensivo e intensivo.

De acordo com o IGRA (2016), os telhados verdes extensivos são apropriados para cobertas com pouca capacidade de carga (60 a 150 kg/m²) e ambientes sem vocação para circulação de pessoas e com menor custo de implantação. O substrato pouco profundo de 6 a 20 cm e de baixa fertilidade, adequado para plantas menos exigentes e de baixo porte. As plantas

mais apropriadas são as tolerantes à seca e adaptadas às condições extremas como sol intenso e vento. Plantas sugeridas: musgos, suculentas, ervas e gramíneas.

Na figura 1, observa-se o perfil do solo com vegetação de baixo porte, possuindo camadas estreitas, indicando pouco volume de terra para acolher raízes menos profundas. O perfil de drenagem deve promover maior capilaridade para favorecer a passagem da água, sem acumular no perfil, evitando solo encharcado.



- 6 – Vegetação
- 5 – Substrato /solo para cobertura vegetal
- 4 – Camada de filtro
- 3 – Camada de drenagem e capilaridade
- 2 – Camada de proteção e armazenamento
- 1 – Pavimento e cobertura isolante.

Figura 1. Telhado verde extensivo.

Fonte: <https://arquiteturaesustentabilidade.wordpress.com/2012/10/01/telhado-verde-tipos-e-implementacao/>

Os telhados intensivos podem acolher vegetação de pequeno e grande porte como as árvores, além de mobiliários, playground, passeios entre outros itens previstos em projeto que estabeleça harmonia no espaço. Os telhados verdes intensivos suportam carga maior (180 a 500 kg/m²) requerendo manutenção mais cuidadosa, irrigação e fertilização permanente. O perfil do substrato é mais profundo (15 a 40 cm podendo atingir 1,0 m). (IGRA, 2016).

Na figura 2, observa-se o perfil do solo com vegetação de pequeno, médio e grande porte possuindo camadas vastas de substrato e drenagem indicando maior volume de terra para acolher raízes mais profundas. O perfil de drenagem é constituído com finalidade de promover maior capilaridade para favorecer a passagem da água, sem acumular no perfil, evitando solo encharcado.

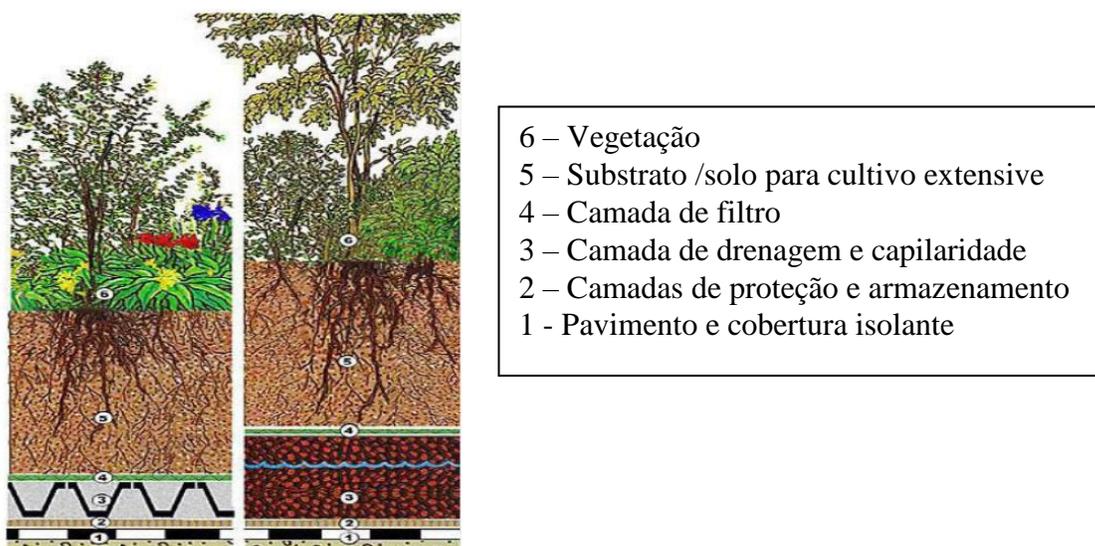


Figura 2. Telhado verde intensivo.

Fonte: <https://arquiteturaesustentabilidade.files.wordpress.com/2012/09/cobertura-verde-intensiva.png>

Ainda em conformidade com o IGRA (2016), os telhados verdes semi-intensivos necessitam mais manutenção, têm custos mais elevados e suportam maiores peso (120 a 200 kg/m²) do que os telhados verdes extensivos. O substrato deve ser mais profundo que o extensivo (12 a 25 cm, podendo-se plantar ervas, herbáceas perenes e arbustos de pequeno porte).

Para Guerra Junior (2013), a impermeabilização da laje para composição do telhado verde é a fase mais importante porque garante a durabilidade da cobertura da edificação, sendo a manta asfáltica aplicada por aquecimento dos métodos mais usados, pois favorece contenção das raízes contra perfuração. Em experimentos realizados, o autor concluiu que a impermeabilização com geocompostos de PVC é a mais recomendada para telhado verde em função de sua eficiência e facilidade de aplicação.

Breuning (2014) ressalta a importância que os telhados verdes têm protegendo o material utilizado na impermeabilização da cobertura, reduzindo o envelhecimento acelerado decorrente da degradação causada pelos raios UV (Ultra Violeta), destacando que a vida útil de impermeabilização é de 20 anos e que os telhados verdes têm a capacidade de dobrar a vida útil do material utilizado na impermeabilização da laje.

Conforme Miller (2014), a camada de proteção anti-raiz tem a finalidade de proteger a laje da água e não permitir que a raiz cresça e comprometa a laje e a estrutura da edificação. Para a autora, as proteções anti-raiz podem ser físicas e químicas. A física é constituída de fina

camada de polietileno de baixa densidade e a química usa produtos como base de cobre que inibem a penetração da raiz na laje.

2.6. Efeitos do microclima no telhado verde

De acordo com Souza et al. (2015), os telhados verdes são apontados como solução para minimizar os impactos gerados pelas ilhas de calor nas áreas urbanas.

O crescimento da população no espaço urbano, o aumento da estrutura da malha viária e edificações influenciam no aquecimento das cidades e no conforto térmico, fatores essenciais à qualidade de vida da população. Nesse sentido, o telhado verde se apresenta como opção para redução desses efeitos (PANZIERA et al., 2015).

Para Ohnuma Junior et al. (2017), cerca de 85% dos estudos realizados com telhado verde estão localizados em regiões de clima temperado e de classificação climática grupos C e D, sendo 65% das pesquisas relacionadas ao conforto térmico e à quantidade e qualidade da retenção do escoamento superficial. Os de clima equatorial úmido, nos países como Cingapura e Malásia, representam 5% dos locais pesquisados com telhado verde. A maioria dos estudos infere os benefícios de telhado verde na melhoria da qualidade ambiental e da população, baseados nas condições climáticas do local.

Estudos desenvolvidos por Catuzzo (2013), em duas coberturas distintas de edificações localizadas na região central do município de São Paulo, sendo uma com Telhado Verde (cobertura vegetada) e outra em Telhado de Concreto (somente laje), foram observadas as diferenças entre microclimas apontando 5,3° C na variação de temperatura 15,7 % na umidade relativa do ar entre os dois ambientes.

2.6.1. Temperatura do ar

Para estudos realizados em telhado verde, Souza et al. (2015) concluíram que para efeito do conforto de temperatura ambiental, os vegetais atuam como filtro solar, pelo efeito de sombreamento e a absorção de energia luminosa está associada a dois eventos diferenciados: o sombreamento que mantém o solo mais úmido reduzindo a velocidade da evaporação e da fotossíntese da planta que captura parte da energia recebida.

De acordo com pesquisa de Catuzzo (2013), numa análise comparativa duas edificações no Vale do Anhangabaú, centro do município de São Paulo, uma com telhado verde intensivo e outra com telhado de concreto, observou-se que no horário de maior radiação solar o telhado verde teve temperatura menor e maior umidade relativa do ar.

2.6.2. Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar sofre influências de fatores climáticos como temperatura, sendo inversamente proporcional a esta. A umidade está fortemente concentrada nas baixas camadas da atmosfera (nos primeiros 2.000 metros de altitude), geralmente ocorre redução da umidade com o aumento da altitude (VAREJÃO – SILVA, 2005).

De acordo com Righi et al. (2016), o telhado verde permite a estabilização do clima no entorno da edificação, mantendo a umidade relativa do ar constante no entorno da edificação formando microclima e purificando a atmosfera em volta da edificação, possibilitando a formação de microecossistema.

Em estudos desenvolvidos por Panziera et al. (2015) sobre conforto térmico com dois diferentes tipos de telhado verde comparados ao telhado convencional de fibrocimento (A) de 6 mm, sendo o primeiro de politerefalto de etileno a utilizar estrutura impermeável de policloreto de vinila (PVC) (B) e o outro de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e partes de garrafa de politereftalato de etileno (PET) (C). Neles foram acoplados sensor de temperatura para medição durante 10 meses. No módulo C, a temperatura foi 0,5° C e 3,0° C inferior à temperatura no módulo B e C, respectivamente, sendo que esse módulo foi 1,39 e 7,81% mais eficaz na redução do ganho de calor sensível nas temperaturas máximas.

2.6.3. Índice de desconforto térmico (IDT)

Moura et al., (2010) em pesquisas realizadas em Fortaleza – CE no período chuvoso e seco, mensuraram oito variáveis (temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, nebulosidade, tipologia de meses e fluxo de veículos e pessoas). Os resultados apontaram que o grau de conforto térmico de Fortaleza é consequência da associação das influências climáticas (sítio, estrutura e função urbana, acrescidos das condições físico naturais do

município) e dos tributos climáticos (temperatura, umidade e velocidade do ar), além dos condicionantes de circulação atmosférica regional que configuram os fatores climáticos.

Lamberts (2011) define conforto térmico como sensação humana relacionada à subjetividade e depende dos fatores físicos, fisiológicos e psicológicos.

Segundo Rossi et. al. (2013), de acordo com a avaliação e o entendimento da relação entre conforto térmico e as variáveis microclimáticas é verossímel criar instrumentos para urbanização que melhorem o conforto térmico local e como consequência, a qualidade de vida das pessoas.

O conhecimento de mudanças no campo térmico urbano é essencial para preservar a qualidade de vida das populações e assim contribuir para a elaboração de políticas públicas que visem o planejamento e a gestão ambiental das cidades (NASCIMENTO et al., 2017).

De acordo com Medeiros et. al. (2017), numa análise do nível de conforto térmico é comum utilizar o índice bioclimático proposto por Thom (1959) que é utilizado para avaliação de clima urbano, pois descreve a sensação térmica que uma pessoa experimenta devido às condições climáticas de um ambiente. Este índice fornece medida do desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar.

Pesquisas realizadas por Nascimento et al. (2017) para medição da intensidade de conforto térmico nos períodos seco e chuvoso foi utilizado o índice bioclimático conhecido como Índice de Desconforto Térmico de Thom (1959) – IDT ajustado para regiões tropicais por Santos (2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área em estudo

A pesquisa foi desenvolvida no Bairro do Recife, na laje do edifício *Information Technology Business Center* (ITBC) (Figura 3), localizado na Rua Domingos José Martins, nº 75, no Bairro do Recife, com coordenadas geográficas de 8°03'42''S de latitude e 34°52'18''O de longitude e altitude de 21 m. Área da laje de, aproximadamente, 400 m².

O clima local foi classificado como do tipo Am (tropical).

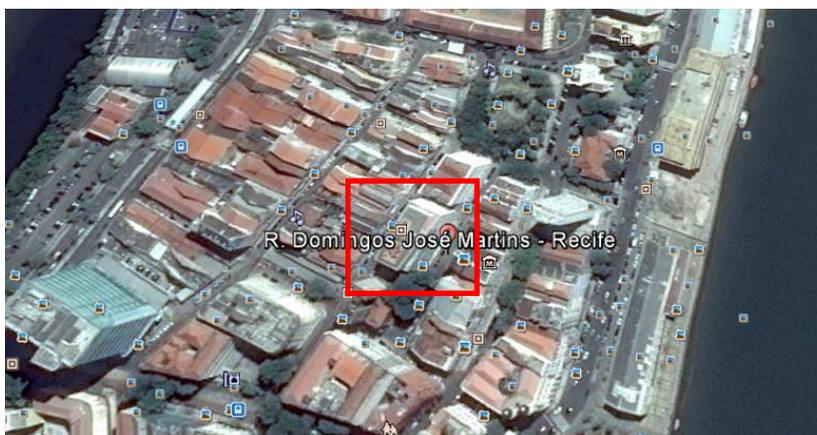


Figura 3 Edifício ITBC no Bairro do Recife.
Fonte: Google Earth (2016).

No ano de 2014, realizou-se projeto paisagístico para adequação da laje e planificação do uso do espaço, de modo a criar telhado verde com dois ambientes distintos: espaço de convivência para sócios e locatários e área com vegetação para melhoria da qualidade ambiental (figura 4).

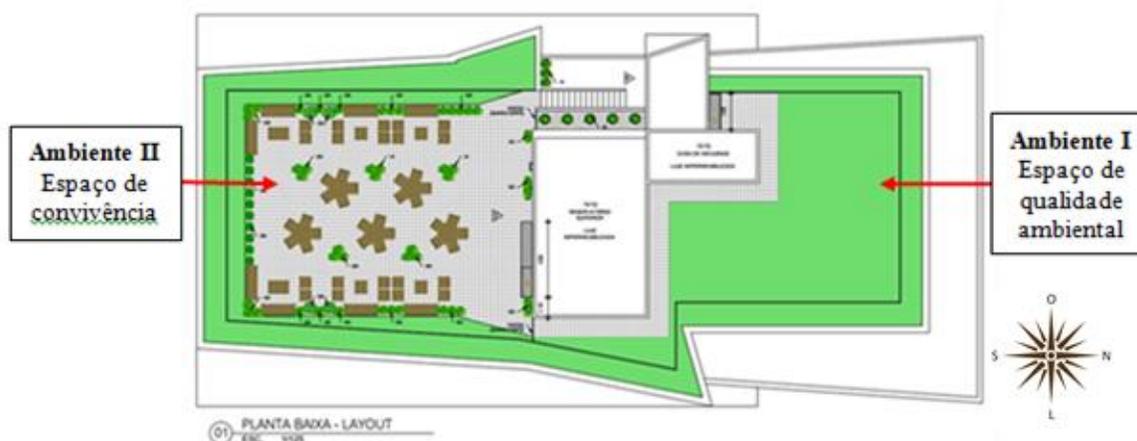


Figura 4. Projeto Paisagístico da cobertura do edifício ITBC.
Fonte: autor (2015).

De acordo com as características construtivas da edificação, ficou estabelecida a carga máxima de 200 kg/m^2 , acolhendo contra piso, piso, plantas, substrato, mobiliário e o máximo de 80 pessoas. A impermeabilização da laje foi realizada com contra piso em cimento, manta asfáltica de 3,0 mm e betume, sobre o betume foi instalado outro contra piso de 3,0 cm de cimento com a função de proteção mecânica.

A área da laje foi dividida em dois ambientes. O primeiro, Ambiente I, com a face voltada para norte foi instalada grama esmeralda (*Zoysia japonica*) numa área 139,57 m² (figura 5). O segundo, Ambiente II, com face voltada para o sul acolheu o espaço de convivência numa área de 175,68 m². Ainda na face sul, foi instalada uma faixa de grama em todo o perímetro para efeito da qualidade da paisagem e redução do calor nesse ambiente.

O plantio da grama em tapete composta de 04 unidades/m² foi realizado no mês de junho de julho de 2014 sobre uma camada de 2,0 cm de terra preta, misturada com material decomposto derivado de vegetais que foi colocada sobre manta de tecido filtrante, assentada sobre a laje. A manutenção da grama é realizada mensalmente com retirada de plantas invasoras e cortada com cortador manual quando necessário, sendo na época de chuvas instensas na frequência mensal e na época seca, com intervalos maiores. A irrigação é feita manualmente, com uso de mangueira acoplada à torneira com água tratada pelo sistema público de fornecimento de água, duas vezes por dia, exceto domingos e feriados.

A face voltada para o sul, por ser maior e mais ventilada acolheu o espaço de convivência com bancos, mesas, cadeiras e vasos de cerâmica com vegetação adequada ao ambiente de muita insolação, influência de ventos e maresia, e faixa de grama como cinturão circundado todo o perímetro da face sul para efeito da qualidade da paisagem e redução do calor nesse espaço. Na face voltada para área norte, foi instalada *Zoysia japônica* (grama esmeralda) (figura 6).



Figura 5. Vista parcial do Ambiente I, face norte, da laje do ITBC.



Figura 6. Vista parcial do Ambiente II, face sul, da laje do ITBC.

Entre a laje e o gramado foram utilizadas: manta bidin (tecido filtrante) e sobre esta, uma camada de 2 cm de substrato composto de terra preta misturada com material decomposto derivado de vegetais, utilizado para o plantio da grama. A execução do projeto de paisagismo foi realizada durante o mês de julho de 2014.

3.2. Construção de Protótipos

A instalação dos equipamentos para aferição da temperatura do ar e umidade relativa do ar no experimento teve início com dos protótipos em caixa de madeira para abrigar os sensores. As caixas de madeira foram confeccionadas nas dimensões de 18 cm x 18 cm x 18 cm, em bloco compensado de 15 mm, com furos de 6 mm a cada dois 2 cm de eixo a eixo nas faces. As caixas foram pintadas com tinta branca neve látex acrílica para interiores da marca Iquine, pintalar fosca aveludado, visando amenização da insolação; foram aplicadas 6 camadas de tinta para assegurar uma proteção mais duradoura em função do tempo que estas estariam expostas às intempéries..

3.2.1. Instalação dos sensores

Os sensores utilizados no experimento foram da marca HOBO, tipo Datalogger ux100-003 (figura 7), com características técnicas (quadro 1).

Quadro 1. Características técnicas do HOBO

Parâmetro	Faixa medição	Precisão	Resolução	Ambiente	Intervalo
Temperatura	-20°C a +70°C	±0,21°C	0,024°C	-20°C a 70°C	1s a 18 h
Umidade	15% a 95%	±3,5%	0,07%	0 a 95%	1s a 18 h



.Figura 7 Vista frontal do Sensor Datalogger ux100-003.

Os sensores foram fixados nas caixas de madeira com “fixa-fios” na posição invertida de leitura de forma que a saída USB facilitasse a coleta dos dados com o computador (figura 8).

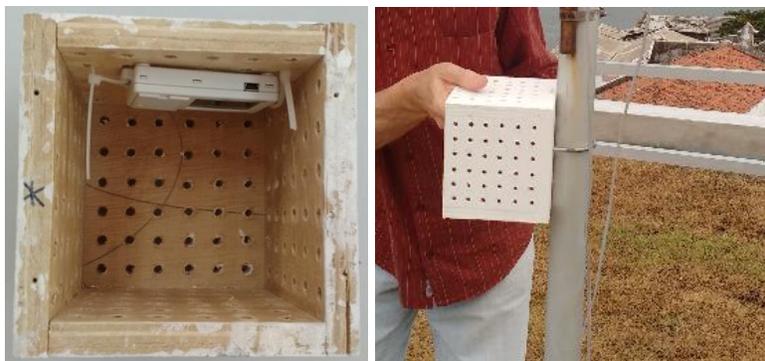


Figura 8. Vista da fixação dos sensores para uso de campo.

Os protótipos (caixa + sensor) foram instalados em dezembro de 2016. O primeiro foi instalado no Ambiente I, no centro do gramado, a 1,5 m acima da grama e fixado com braçadeiras, no centro da grama, enquanto que o segundo sensor foi instalado no Ambiente II a 2,0 m do piso (figura 9).



Figura 9. Vista dos protótipos instalados nos ambientes I e II.

Os registros dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram coletados nos meses de janeiro e junho, correspondente aos períodos seco e úmido, respectivamente.

3.3. Análises dos dados

Os dados de precipitações mensais e anuais para a cidade de Recife (Figura 10), compreendidos entre 2013 a 2017 foram adquiridos do INMET com a finalidade de visualizar as possíveis anomalias nos períodos seco e chuvoso.

Nos meses de janeiro compreendidos entre os anos de 2013 a 2017 registram-se irregularidades pluviais que variaram entre 25 a 110 mm, destacando-se o ano de 2015 e 2017 como os anos de menores índices pluviais (55 e 25 mm respectivamente).

Enquanto que nos meses de junho dos referidos anos, as oscilações pluviais fluíram entre 105 a 460 mm, com destaque para os anos de 2013 e 2017, como os maiores índices pluviais registrados e 2016 como o ano de menor índice pluvial. Esta variabilidade foi decorrente dos sistemas atmosféricos atuantes nos referidos períodos.

Na avaliação dos dados da APAC (2017), sobre as normais pluviométricas entre os anos de 2013 a 2017, classificaram-se os meses de janeiro e junho como extremamente seco, seco, normal, chuvoso e extremamente chuvoso.

O mês de janeiro de 2017, foi classificado como extremamente seco, o mês de janeiro de 2015 e junho de 2016 foram classificados como secos, o mês de janeiro nos anos de 2013, 2014 e 2016 e o mês de junho de 2014 foram classificados como meses normais. O mês de junho de

2015 foi classificado como chuvoso e os meses de junho de 2013 e 2017 foram extremamente chuvosos (figura 10).

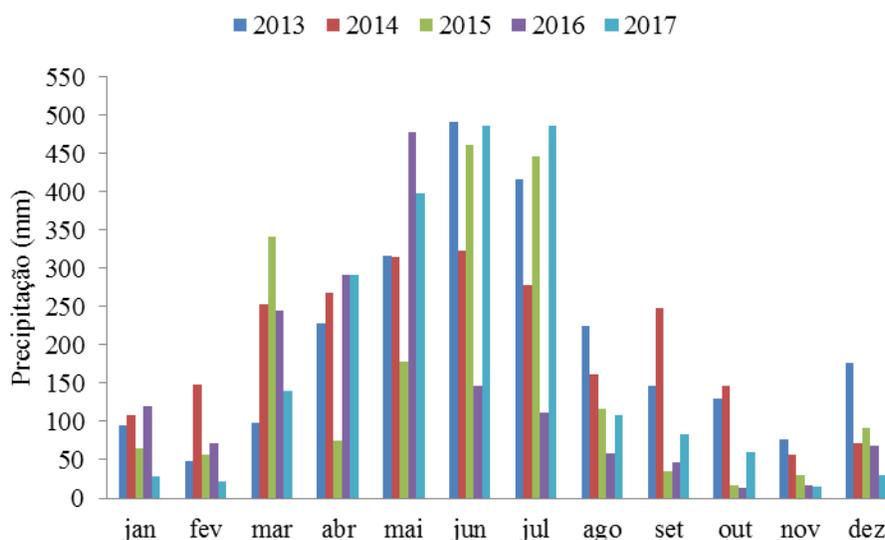


Figura 10. Precipitações mensais do período de 2013 a 2017 para o município de Recife -PE .

Os períodos de coleta dos dados, pelos sensores foram os 30 dias dos meses de janeiro e junho, iniciando no dia primeiro de cada mês e seguindo até o trigésimo dia dos referidos meses.

Após a coleta dos dados climatológicos de temperatura do ar e umidade relativa do ar, estes foram compilados e digitados em planilha eletrônica para uso com a estatística descritiva. Gráficos de comportamento dos dados climatológicos foram confeccionados relacionando os dias de cada mês de coleta com as informações obtidas. Desse modo, para cada ambiente, foram confeccionados quatro gráficos mostrando o comportamento diário da temperatura do ar e da umidade relativa do ar nos referidos meses, os quais foram separados em temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa do ar (máxima e mínima).

Para uma melhor análise dos diferentes ambientes em relação aos dados climatológicos, optou-se em destacar a média, os limites máximo e mínimo e a amplitude de cada evento de temperatura do ar e da umidade relativa do ar. Dessa forma, foi possível analisar as respostas destes parâmetros nos períodos seco e úmido.

Com o intuito de analisar o comportamento dos sensores 1 e 2 instalados no Ambiente I e II, respectivamente, foram comparados os dados de temperaturas máximas e mínimas diárias, umidades relativas máxima e mínimas diárias e índice de desconforto térmico diário para os respectivos ambientes nos dois períodos climatológicos.

Para estimativa e valores do índice de desconforto térmico, utilizou-se a fórmula de Thom (IDT), em graus Celsius e ajustada às condições climáticas da cidade de João Pessoa (tabela 1), com a seguinte equação:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055UR)(T - 14,5) \quad (\text{Eq. 1})$$

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

Tabela 1. Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas da cidade de João Pessoa (Santos, 2011).

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

Para análise dos dados foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) de modo a se verificar, se não existe diferença entre as médias (Hipótese nula – H₀); e se existe diferença entre as médias (Hipótese alternativa – H₁), tendo como base um delineamento experimental inteiramente casualizado, devido a homogeneidade das condições ambientais e os tratamentos “Ambiente” distribuídos de forma inteiramente casual (aleatória) e apenas com os princípios da casualização e da repetição (quadro 2).

O modelo estatístico do delineamento inteiramente casualizado é dado por:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

y_{ij} - é o valor observado na parcela experimental que recebeu o i - ésimo tratamento na j - ésima repetição ($j = 1, \dots, r$);

μ - representa o efeito da média associada a variável aleatória analisada

α_i - é o efeito do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, t$);

ε_{ij} - é o erro experimental associado a observação ij y , suposto ter distribuição normal com média zero e variância comum.

Quadro 2. Esquema da análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamento	t-1	SQTrat	QMTrat	QMTrat/QMErro
Erro	t(r-1)	SQErro	QMErro	
Total	tr - 1	SQTotal		

Legenda: FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ-soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM-quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c - teste de significância; Pr - probabilidade de significância do teste F.

Constatando-se que exista efeito de diferença entre as médias dos tratamentos a análise será complementada a fim de localizar as diferenças entre as medias dos tratamentos, utilizando-se o teste de comparação múltiplas de médias, pelo o método de Tukey. (quadro 4).

Quadro 3. Esquema de comparação múltipla de médias segundo o método de Tukey

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
T ₁	m ₁	a1
T ₂	m ₂	a1
T ₃	m ₃	a2
T _n	m _n	a2

(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

As análises estatísticas dos dados diários de temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa do ar (máxima e mínima), obtidos nos períodos seco e úmido durante o ano de 2017, nos diferentes tratamentos (Ambiente I e Ambiente II) foram processados fazendo-se uso do programa SISVAR versão 5.3 (Build 1977) (FERREIRA, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise dos dados compilados dos sensores

Os gráficos de temperatura do ar e da umidade relativa do ar dos sensores 1 e 2 foram separados por temperatura do ar (máxima e mínima) e suas correspondentes umidades relativas do ar (máxima e mínima) para os Ambientes I e II nos meses de janeiro e de junho.

4.1.1. Temperatura máxima do ar e umidade máxima relativa do ar dos Ambientes I e II durante o mês de janeiro

Na Figura 11, estão apresentadas as variações das temperaturas máximas do ar e das umidades máximas relativa do ar para o Ambiente I, no mês de janeiro de 2017. Na Figura 12, encontram-se as variações das temperaturas máximas do ar e das umidades máximas relativa do ar para o Ambiente II, no mesmo mês e ano. Observa-se nas figuras 11 e 12 que, apesar do comportamento dos valores de temperaturas máximas no Ambiente I e II serem semelhantes, o Ambiente I teve, de modo geral, valores de temperatura inferiores aos do Ambiente II.

Valores extremos de temperatura máxima para o Ambiente I variou de 27,9° C no (5/01/17) a 30,5° C (24/01/17), com amplitude térmica de 2,6° C; para o Ambiente II os valores foram de 28,1° C (20/01/17) e 32,9° C (11/01/17), com amplitude térmica de 4,8° C. Os valores das amplitudes térmicas mostram que o Ambiente I ficou mais frio em 2,2° C em relação ao Ambiente II.

As médias das temperaturas máximas do ar no mesmo período foram de 29,3° C e 30,4° C para o Ambiente I e Ambiente II, respectivamente. Em média, o Ambiente I ficou mais frio que o Ambiente II, em 1,1° C.

Os valores de umidade máxima relativa do ar para os dois ambientes mostraram que o comportamento dessas variáveis foi semelhante. Valores extremos de umidade do ar para o Ambiente I variou de 92,7(%) em (9/01/17) a 75,1(%) em (20/01/17), com amplitude de umidade de 17,6(%). No Ambiente II, a umidade variou de 92,6(%) em (9/01/17) a 74,2(%) em (20/01/17), com amplitude de umidade de 18,4(%). Os valores de umidades relativa do ar mostraram que o Ambiente I ficou mais úmido em 0,8(%) em relação ao Ambiente II.

As médias das umidades máximas relativas do ar no mesmo período foram de 82,5(%) e 80,6(%) para o Ambiente I e Ambiente II, respectivamente. Em média, o Ambiente I ficou mais úmido que o II, em 1,9%.

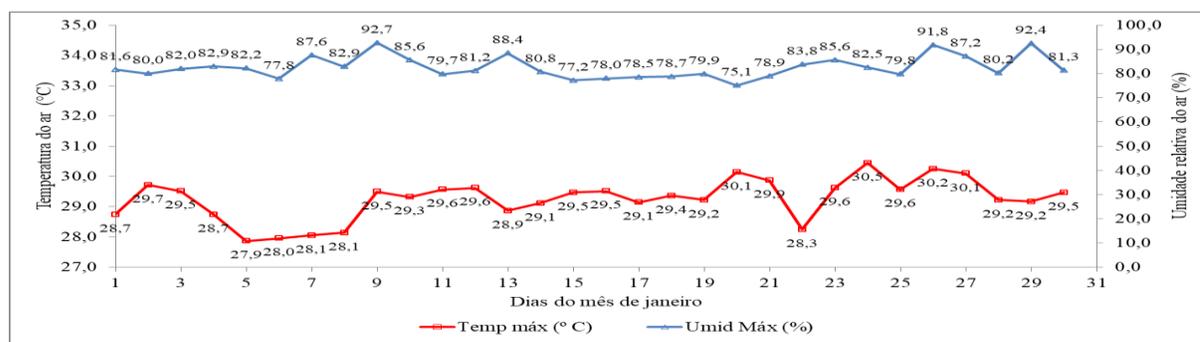


Figura 11. Representação da temperatura máxima do ar e da umidade máxima relativa do ar para o Ambiente I no mês de janeiro.

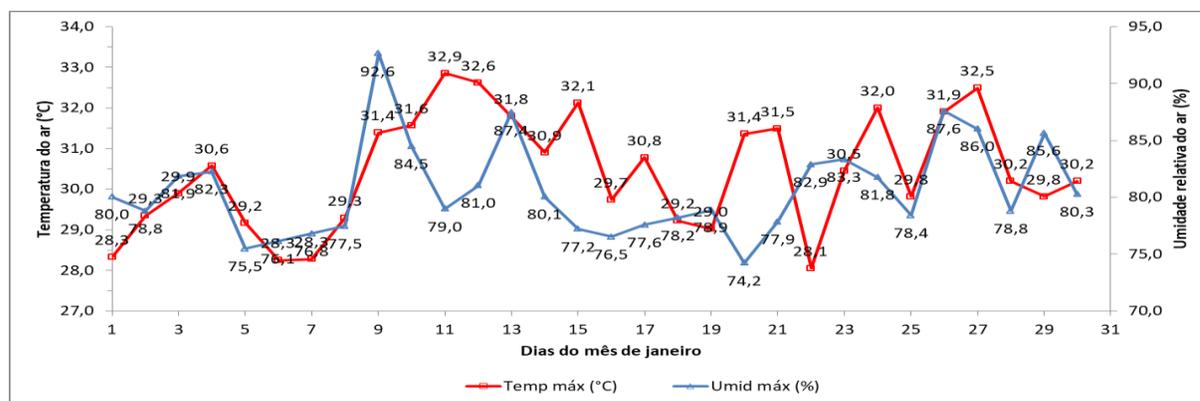


Figura 12. Representação da temperatura máxima do ar e da umidade relativa máxima do ar para o Ambiente II no mês de janeiro.

Com o intuito de comparar os dados coletados nos sensores foram realizadas Análises de Variância (ANOVA) para as temperaturas máximas diárias do ar e umidades relativas máximas diárias do ar, nos Ambientes I e II no mês de janeiro.

Encontram-se nas Tabelas 2, 3, 4 e 5 os resultados da análise de variância aplicada à temperatura máxima do ar e a umidade máxima diária do ar, tendo como fator de variação o tratamento “ambiente”.

Tabela 2. Resultados da análise de variância para temperatura máxima diária do ar no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ambiente	1	20,8	20,8	17,08	0,0001
Erro	58	70,7	1,2		
Total corrigido	59	91,59			
CV(%)	3,7				
Média	29,8	Número de observações:		60	

FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ-soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM-quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c – teste de significância; Pr – probabilidade de significância do teste F.

O teste F, apropriado para averiguação da hipótese de igualdade de médias entre tratamentos, mostrou que o valor de F(17,08) foi significativo ($P < 0,0001$) indicando que os ambientes diferem entre si. De acordo com o número de observações o coeficiente de variação (CV) apresentou uma (3,7%) dispersão dos dados em relação à média (tabela 2).

O teste de Tukey foi utilizado para verificar se existem diferenças significativas entre os resultados obtidos pelos dois sensores instalados no Ambiente I e no Ambiente II.

Na Tabela 3, são apresentados os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade, para os valores médios da temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) no mês de janeiro de 2017 para os dois tipos de ambientes. Conclui-se que o Ambiente I, no referido mês, é, aproximadamente, $1,1^{\circ}\text{C}$ mais frio que o Ambiente II.

Tabela 3. Valores médios da temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Ambiente I	29,3	a1(*)
Ambiente II	30,4	a2

(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Resultados da análise de variância para umidade máxima diária do ar no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ambiente	1	54,54	54,54	2,85	0,10
Erro	58	1112,3	19,13		
Total corrigido	59	1162,8			
CV(%)	5,36				
Média	81,58	Número de observações: 60			

Legenda: FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ-soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM-quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c – teste de significância; Pr – probabilidade de significância do teste F

Na Tabela 4, o teste F usado na averiguação da hipótese de igualdade de médias entre tratamentos, mostrou que o valor de F(2,85) não foi significativo ($P < 0,10$) indicando que os ambientes não diferem entre si. De acordo com o número de observações, o coeficiente de variação (CV) apresentou uma pequena (5,36%) dispersão dos dados em relação à média.

O teste de Tukey foi utilizado para verificar se existem diferenças significativas entre os resultados obtidos pelos dois sensores instalados no Ambiente I e no Ambiente II.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade, inferindo que não há diferença estatística entre os valores médios da umidade máxima relativa diária do ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os dois tipos de ambientes. Conclui-se que não há diferença significativa entre o Ambiente I e o Ambiente II para a umidade máxima relativa do ar no mês de janeiro.

Tabela 5. Valores médios da umidade máxima relativa do ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Ambiente II	80,6	a1(*)
Ambiente I	82,5	a1

(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Essas tendências dos valores de temperatura máxima e mínima do ar entre o ambiente I e o ambiente II também foi observada por Freitas et al. (2015) em medições de temperatura com sensores Data Loggers Hobo® U10-003 instalados em cabines construídas amparadas em tripés a 1,5 m acima do solo, formando estações meteorológicas, em distintas formas de cobertura do solo, no campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). A maior variação média térmica

registrada entre os diferentes tipos de cobertura do solo foi de 3,2° C no período da estiagem e de 13,2% da umidade relativa do ar (medida entre os meses de janeiro e março de 2014).

Em pesquisas sobre conforto térmico desenvolvidas no espaço experimental do Campus da UFRPE em Recife, Carneiro (2014) realizou experimentos em diferentes tipos de cobertura (fibrocimento, reciclada, grama e grama amendoim) no período entre 20 de março e 29 de maio de 2014. A diferença de temperatura média encontrada entre os distintos tipos de cobertura no período seco (20/03 a 25/04) foi de 2,07° C, com temperaturas que variaram entre 34,11° C e 36,18° C.

Estudos comparativos de temperatura e umidade relativa do ar realizados entre 20/03/2012 e 31/03/2013, nas estações meteorológicas instaladas com sensores Dataloggers HT-500 na cobertura de dois edifícios no Vale do Anhangabaú, na cidade de São Paulo, Catuzzo (2013) determinou que a maiores temperaturas máximas entre os telhados teve uma variação de 0,6° C até 5,3° C e para as menores máximas foi de 0,2° C e 3,1° C e em analogia a umidade relativa do ar mínima entre os dois telhados está relacionado às maiores temperaturas máximas que variaram de 1,1% a 15,7%. Na ocasião, observou que nos dias mais quentes do ano o telhado com vegetação registra menor aquecimento, em função das plantas que absorvem e refletem parte da radiação solar que chega à superfície, ao contrário do telhado de concreto que aquece rapidamente.

4.1.2. Temperatura mínima do ar e umidade mínima relativa do ar no Ambiente I e II durante o mês de janeiro.

Nas Figuras 12 e 13 estão apresentadas as variações das temperaturas mínimas do ar e das umidades mínimas relativa do ar para os Ambientes I e II no mês de janeiro de 2017.

O máximo extremo de temperaturas mínimas no Ambiente I foi registrado nos dias 24 e 30 de janeiro de 2017, com valor de 26,9° C, e no Ambiente II, nos dias 22, 24, 28 e 30 de janeiro de 2017, como o mesmo valor de 26,9° C. Tais valores extremos mostram que o Ambiente I e II apresentaram a mesma máxima da mínima temperatura.

O mínimo extremo de temperaturas mínimas no Ambiente I ocorreu nos dias 9 e 26/01/17, com a temperatura chegando ao valor de 24,9° C, enquanto que no Ambiente II na

mesma data o valor registrado foi de 24,2° C no dia 24 de janeiro de 2017, mostrando que o Ambiente I ficou, nessa data, 0,5° C mais quente do que o Ambiente II.

A amplitude térmica de valores extremos de temperaturas para os ambientes mostra que no Ambiente I houve uma variação de 2° C, enquanto que no Ambiente II essa variação foi de 2,7° C. Os valores das amplitudes térmicas mostram que o Ambiente I ficou mais quente em 0,7° C em relação ao Ambiente II.

O máximo extremo de umidade relativa do ar no Ambiente I foi registrado no dia 09 de janeiro de 2017, com valor de 92,6%, e no Ambiente II, no dia 22 de janeiro de 2017, o valor de 73,0%. Tais valores extremos mostram que o Ambiente I foi mais úmido em 19,6%, mesmo em datas diferentes, do que o Ambiente II.

O mínimo extremo de umidade relativa do ar no Ambiente I ocorreu no dia 18/01/17, com a umidade atingindo o valor de 74,2%, enquanto que no Ambiente II registrou data de 11/01/17 o valor de 55,1%, mostrando que o Ambiente I foi mais úmido em 19,1% em relação ao Ambiente II.

A amplitude dos valores extremos de umidade relativa do ar (máxima e mínima) para os ambientes mostra que no Ambiente I houve uma variação de 18,4%, enquanto que no Ambiente II essa variação foi de 17,9%. Os valores das amplitudes de umidade relativa do ar mostram que o Ambiente I ficou mais úmido em 0,5% em relação ao Ambiente II.

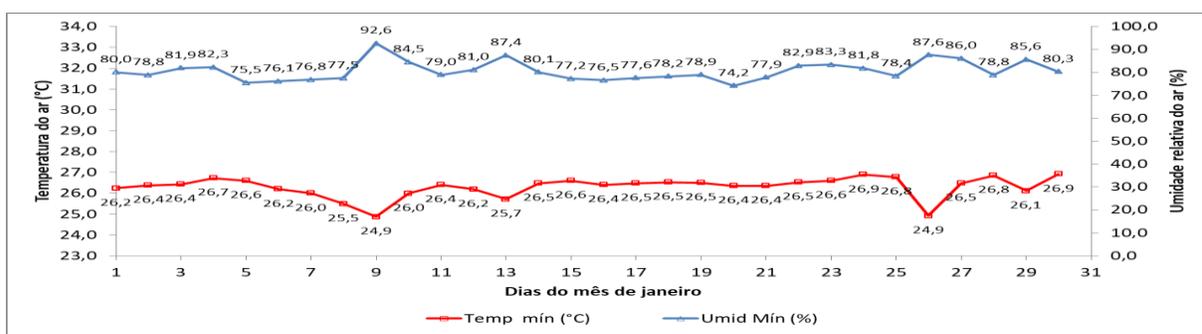


Figura 13. Representação das temperaturas mínimas do ar e da umidade mínimas relativas do ar para o Ambiente I no mês de janeiro.

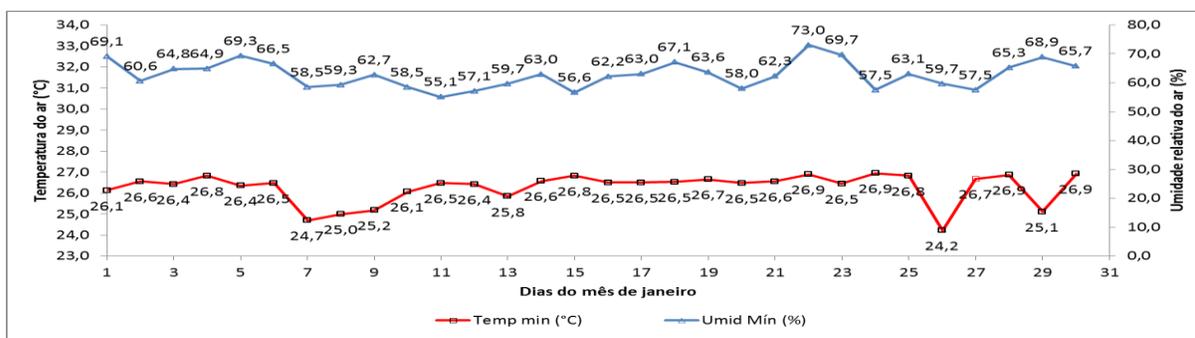


Figura 14. Representação da temperatura mínimas do ar e da umidade mínimas relativa do ar para o Ambiente II no mês de janeiro.

Os resultados da análise de variância aplicada à temperatura mínima do ar, tendo como fator de variação o tratamento “ambiente” envolvendo os Ambiente I e Ambiente II no mês de janeiro encontram-se nas Tabelas 6,7,8 e 9.

O teste F (Tabela 6) aplicado a averiguação da hipótese de igualdade de médias entre tratamentos, mostrou que o valor de $F(0,046)$ não foi significativo ($P < 0,83$) indicando que os ambientes não diferem entre si. De acordo com o número de observações, o coeficiente de variação (CV) apresentou uma pequena (2,33%) dispersão dos dados em relação à média.

Tabela 6. Resultados da análise de variância para temperatura mínima (°C) do ar no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ambiente	1	0,02	0,02	0,046	0,83
Erro	58	21,67	0,37		
Total corrigido	59	21,69			
CV(%)	2,33				
Média geral	26,28	Número de observações: 60			

Legenda: FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ- soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM- quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c - teste de significância; Pr- probabilidade de significância do teste F.

O teste de Tukey foi aplicado para verificar se existe diferença significativa entre os resultados obtidos pelos dois sensores instalados no Ambiente I e no Ambiente II. No Tabela 7 são apresentados os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade para os valores médios da temperatura mínima do ar (°C) no mês de janeiro de 2017 para os dois tipos de ambientes. Conclui-se que não há diferença significativa entre o Ambiente I e o Ambiente II para a temperatura mínima do ar no mês de janeiro.

Tabela 7. Valores médios da temperatura mínima do ar (°C) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Ambiente II	26,27	a1(*)
Ambiente I	26,31	a1

(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os resultados da análise de variância aplicada à umidade mínima diária do ar, tendo como fator de variação o tratamento “ambiente” envolvendo os Ambiente I e Ambiente II no mês de janeiro encontram-se nas Tabelas 8 e 9.

O teste F (tabela 8), aplicado a averiguação da hipótese de igualdade de médias entre tratamentos mostrou que o valor de $F(248,32)$ foi significativo ($P < 0,00$) indicando que os ambientes diferem entre si. De acordo com o número de observações o coeficiente de variação (CV) apresentou uma pequena (6,13%) dispersão dos dados em relação à média.

Tabela 8. Resultados da análise de variância para umidade relativa mínima do ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ambiente	1	4795,33	4795,33	248,32	0,00
erro	58	1120,06	19,31		
Total corrigido	59	5915,39			
CV(%)	6,13				
Média	71,69	Número de observações: 60			

Legenda: FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ-soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM-quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c – teste de significância; Pr – probabilidade de significância do teste F.

O teste de Tukey foi aplicado para verificar se existe diferença significativa entre os resultados obtidos pelos dois sensores instalados no Ambiente I e no Ambiente II. Na Tabela 11 são apresentados os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade, para os valores médios da umidade mínima relativa ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os dois tipos de ambientes. Conclui-se que há diferença significativa entre o Ambiente I e o Ambiente II para a umidade mínima relativa do ar no mês de janeiro.

Tabela 9. Valores médios da umidade relativa mínima do ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Ambiente II	62,75	a1(*)
Ambiente I	80,63	a2

(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.1.3. Temperatura máxima do ar e umidade máxima relativa do ar dos Ambientes I e II durante o mês de junho

Na Figura 15 estão apresentadas as variações das temperaturas máximas do ar e das umidades máximas relativa do ar para o Ambiente I, no mês de junho de 2017. Na Figura 16 encontram-se as variações das temperaturas máximas do ar e das umidades máximas relativa do ar para o Ambiente II, no mesmo mês e ano. Observa-se nas figuras 15 e 16 que, apesar do comportamento dos valores de temperaturas máximas no Ambiente I e II serem semelhantes, o Ambiente I teve, de modo geral, valores de temperatura inferiores aos do Ambiente II.

Valores extremos de temperatura máxima da máxima para o Ambiente I variou de 24,5° C no (15/06/17) a 29,3° C (8/06/17), com amplitude térmica de 4,8° C; para o Ambiente II os valores foram de 24,4° C (15/06/17) e 30,8° C (18/06/17), com amplitude térmica de 6,4° C. Os valores das amplitudes térmicas mostram que o Ambiente II ficou mais quente em 1,6° C em relação ao Ambiente I.

As médias das temperaturas máximas do ar no mesmo período foram de 29,25° C e 30,43° C para o Ambiente I e Ambiente II, respectivamente. Em média, o Ambiente I ficou mais frio que o Ambiente II, em 1,18° C.

Os valores de umidade máxima relativa do ar para os dois ambientes mostraram que os comportamentos foram variáveis. Valores extremos de umidade do ar para o Ambiente I variou de 100% (em vários dias consecutivos) a 88,7% (8/06/17), com amplitude de umidade de 11,3%. No Ambiente II, a umidade variou de 100% (em vários dias consecutivos) a 79,9% em (24/06/17), com amplitude de umidade de 20,1%. Os valores de umidades relativa do ar mostraram que o Ambiente I ficou mais úmido em 8,8% em relação ao Ambiente II.

As médias das umidades máximas relativas do ar no mesmo período foram de 97,2% e 95,4% para o Ambiente I e Ambiente II, respectivamente. Em média, o Ambiente I ficou mais úmido que o II, em 1,8%.

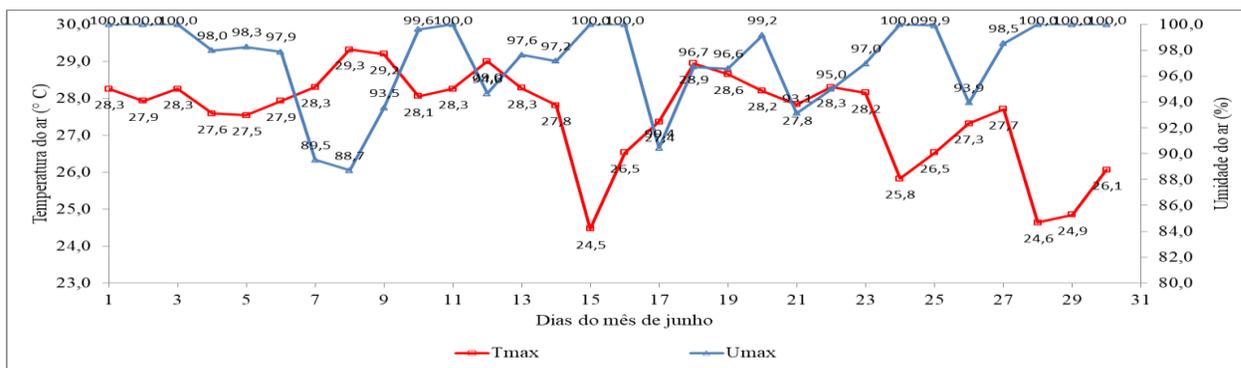


Figura 15. Representação da temperatura máxima do ar e da umidade máxima relativa do ar para o Ambiente I no mês de junho.

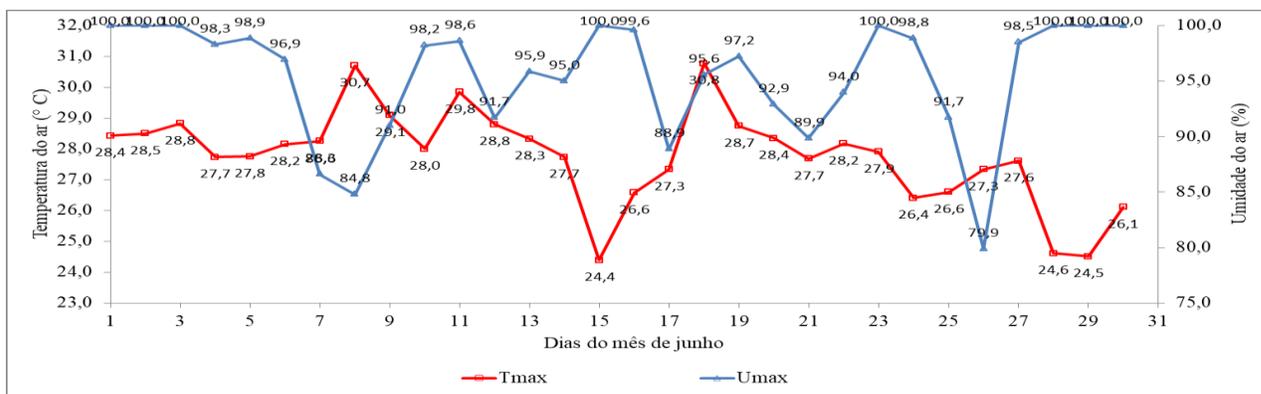


Figura 16. Representação da temperatura máxima do ar e da umidade relativa máxima do ar para o Ambiente II no mês de junho.

Com os dados coletados nos sensores foram realizadas Análises de Variância (ANOVA) comparativas para as temperaturas mínimas diárias do ar e umidades relativas máximas diárias do ar, nos Ambientes I e II no mês de junho.

Nas Tabelas 10, 11, 12 e 13 estão os resultados da análise de variância aplicada à temperatura máxima diária do ar e a umidade mínima diária do ar, tendo como fator de variação o tratamento “ambiente”.

Tabela 10. Resultados da análise de variância para temperatura máxima diária do ar no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ambiente	1	20,83	20,83	17,08	0,0001
Erro	58	70,75	1,22		
Total corrigido	59	91,59			
CV(%)	3,7				
Média	29,84	Número de observações:		60	

FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ-soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM-quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c – teste de significância; Pr – probabilidade de significância do teste F.

O teste F apropriado para averiguação da hipótese de igualdade de médias entre tratamentos mostrou que o valor de F(17,08) foi significativo ($P < 0,0001$) indicando que os ambientes diferem entre si. De acordo com o número de observações, o coeficiente de variação (CV) apresentou uma pequena (3,7%) dispersão dos dados em relação à média.

O teste de Tukey foi utilizado para verificar se existem diferenças significativas entre os resultados obtidos pelos dois sensores instalados no Ambiente I e no Ambiente II.

Na Tabela 11 são apresentados os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade, para os valores médios da temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) no mês de janeiro de 2017 para os dois tipos de ambientes. Conclui-se que o Ambiente I, no referido mês, é $1,18^{\circ}\text{C}$ mais frio que o Ambiente II.

Tabela 11. Valores médios da temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Ambiente I	29,25	a1(*)
Ambiente II	30,43	a2

(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 12. Resultados da análise de variância para umidade máxima diária do ar no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ambiente	1	54,54	54,54	2,85	0,10
Erro	58	1109,32	19,13		
Total corrigido	59	1163,86			
CV(%)	5,36				
Média	81,58	Número de observações: 60			

Legenda: FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ-soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM-quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c – teste de significância; Pr – probabilidade de significância do teste F.

Na Tabela 12 o teste F usado na averiguação da hipótese de igualdade de médias entre tratamentos, mostrou que o valor de $F(2,85)$ é insignificante ($P<0,10$) indicando que os ambientes não diferem entre si. De acordo com o número de observações o coeficiente de variação (CV) apresentou uma pequena (5,36%) dispersão dos dados em relação à média. O teste de Tukey foi utilizado para verificar se existem diferenças significativas entre os resultados obtidos pelos dois sensores instalados no Ambiente I e no Ambiente II.

Na Tabela 13 são apresentados os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade, inferindo que não há diferença estatística entre os valores médios da umidade máxima relativa diária do ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os dois tipos de ambientes. Conclui-se que não há diferença significativa entre o Ambiente I e o Ambiente II para a umidade máxima relativa do ar no mês de janeiro.

Tabela 13. Valores médios da umidade máxima relativa do ar (%) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Ambiente II	95,40	a1(*)
Ambiente I	97,20	a1

(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.1.4. Temperatura mínima do ar e umidade mínima relativa do ar no Ambiente I e II durante o mês de junho.

Nas Figuras 17 e 18 estão apresentadas as variações das temperaturas mínimas do ar e das umidades mínimas relativa do ar para os Ambientes I e II no mês de junho de 2017. A

temperatura mínima do ar nos referidos ambientes possuem comportamentos semelhantes, com média geral de 23,6° C.

O máximo extremo de temperaturas mínimas no Ambiente I foi registrado no dia 03 de junho de 2017, com valor de 25° C, e no Ambiente II e no dia 16 de junho de 2017, também com valor de 25° C. Tais valores extremos mostram que o Ambiente I apresentou valor extremo semelhante ao Ambiente II, mesmo em datas diferentes.

O mínimo extremo de temperaturas mínimas no Ambiente I ocorreu no dia 16/06/17, com a temperatura chegando ao valor de 21,8° C, enquanto que no Ambiente II na mesma data o valor registrado foi de 21,9° C, mostrando que o Ambiente II ficou, nessa data, 0,1° C mais quente do que o Ambiente I.

A amplitude térmica de valores extremos de temperaturas para os ambientes mostra que no Ambiente I houve uma variação de 3,2° C, enquanto que no Ambiente II essa variação foi de 3,1° C. Os valores das amplitudes térmicas mostram que o Ambiente I ficou mais frio em 0,1° C em relação ao Ambiente II.

As umidades mínimas relativas do ar para os Ambientes I e II no mês de junho de 2017 possuem médias de 80,8% e 78,3% para os Ambientes I e II, respectivamente.

O máximo extremo de umidade relativa do ar no Ambiente I foi registrado no dia 29 de junho de 2017, com valor de 98,9%, e no Ambiente II, também no dia 29 de junho de 2017, o valor de 99,2%. Tais valores extremos mostram que o Ambiente II foi mais úmido em 0,3% na mesma data, do que o Ambiente I.

O mínimo extremo de umidade relativa do ar no Ambiente I ocorreu no dia 22/06/17, com a umidade atingindo o valor de 66,5%, enquanto que no Ambiente II registrou na mesma data, o valor de 64,6%, mostrando que o Ambiente I foi mais úmido em 1,9% em relação ao Ambiente II.

A amplitude térmica de valores extremos de umidade relativa do ar (máxima e mínima) para os ambientes mostra que no Ambiente I houve uma variação de 32,4%, enquanto que no Ambiente II essa variação foi de 34,6%. Os valores das amplitudes de umidade relativa do ar mostram que o Ambiente II ficou menos úmido em 2,2% em relação ao Ambiente I.

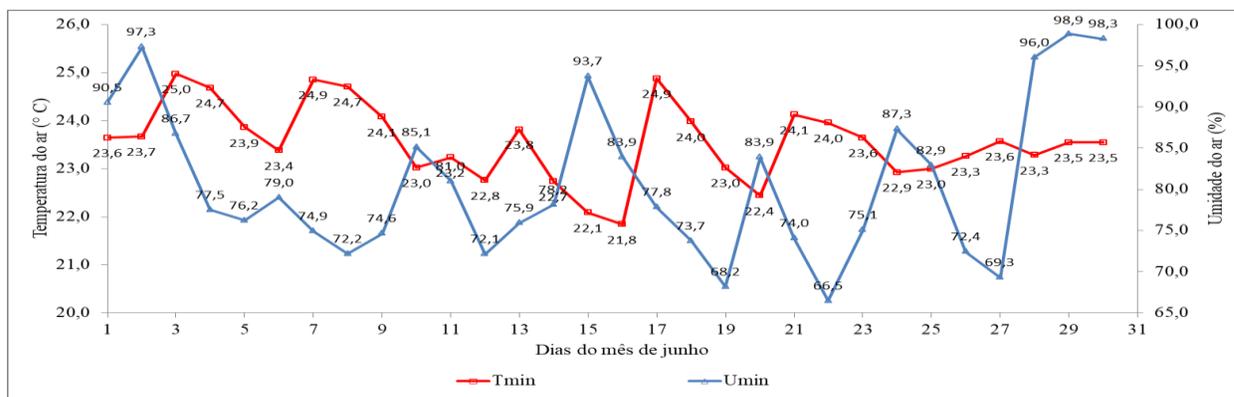


Figura 17. Representação da temperatura mínima do ar e da umidade mínima relativa do ar para o Ambiente I no mês de junho.

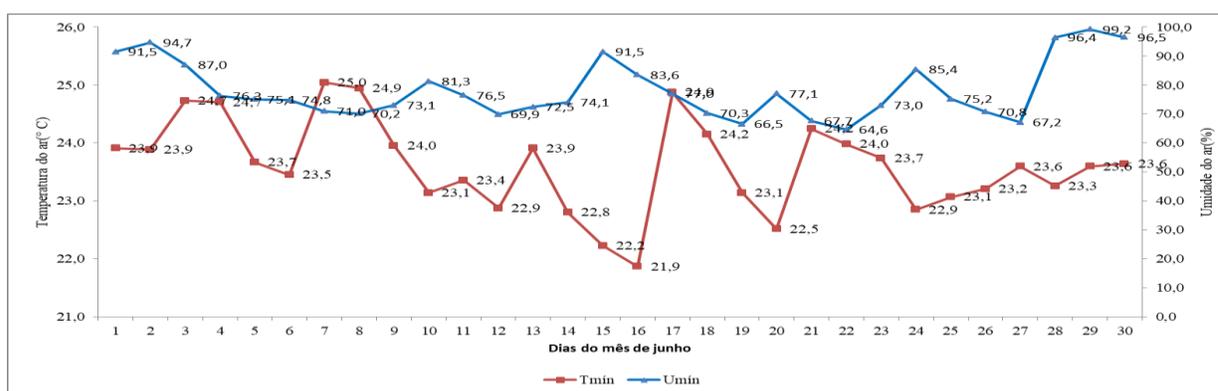


Figura 18. Representação da temperatura mínima do ar e da umidade mínima relativa do ar para o Ambiente II no mês de junho.

Tabela 14. Resultados da análise de variância para temperatura mínima diária do ar no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ambiente	1	0,02	0,02	0,05	0,83
Erro	58	21,67	0,37		
Total corrigido	59	21,69			
CV(%)	2,33				
Média	26,28	Número de observações: 60			

Legenda: FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ-soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM-quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c – teste de significância; Pr – probabilidade de significância do teste F

Na Tabela 14, o teste F usado na averiguação da hipótese de igualdade de médias entre tratamentos, mostrou que o valor de $F(0,05)$ não foi significativo ($P < 0,83$) indicando que os ambientes não diferem entre si. De acordo com o número de observações, o coeficiente de

variação (CV) apresentou uma pequena (2,33%) dispersão dos dados em relação à média. O teste de Tukey foi utilizado para verificar se existem diferenças significativas entre os resultados obtidos pelos dois sensores instalados no Ambiente I e no Ambiente II.

Na Tabela 15 são apresentados os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade, inferindo que não há diferença estatística entre os valores médios da umidade máxima relativa diária do ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os dois tipos de ambientes. Conclui-se que não há diferença significativa entre o Ambiente I e o Ambiente II para a umidade máxima relativa do ar no mês de janeiro.

Tabela 15. Valores médios da temperatura mínima relativa do ar (%) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Ambiente II	23,60	a1(*)
Ambiente I	23,60	a1

(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

O teste F (Tabela 16) aplicado a averiguação da hipótese de igualdade de médias entre tratamentos mostrou que o valor de F(0,05) não foi significativo ($P < 0,83$) indicando que os ambientes não diferem entre si. De acordo com o número de observações, o coeficiente de variação (CV) apresentou uma pequena (2,33%) dispersão dos dados em relação à média.

Tabela 16. Resultados da análise de variância para umidade relativa mínima do ar (%) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ambiente	1	89,15	89,15	0,96	0,33
erro	58	5406,42	93,21		
Total corrigido	59	5495,58			
CV(%)	12,14				
Média	79,55	Número de observações: 60			

Legenda: FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ-soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM-quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c – teste de significância; Pr – probabilidade de significância do teste F.

O teste de Tukey foi aplicado para verificar se existe diferença significativa entre os resultados obtidos pelos dois sensores instalados no Ambiente I e no Ambiente II. Na Tabela 17 são apresentados os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade, para os valores médios

da umidade mínima relativa ar (%) no mês de janeiro de 2017 para os dois tipos de ambientes. Conclui-se que não há diferença significativa entre o Ambiente I e o Ambiente II para a umidade mínima relativa do ar no mês de janeiro.

Tabela 17. Valores médios da umidade relativa mínima do ar (%) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Ambiente II	78,33	a1
Ambiente I	80,77	a1

^(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Essas tendências dos valores de temperatura máxima e mínima do ar entre o Ambiente I e o Ambiente II também foi observada por Freitas et al. (2015) em medições de temperatura com sensores Data Loggers Hobo® U10-003 instalados em estações meteorológicas, em distintas formas de cobertura do solo, no campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). A variação média térmica foi de 1,6°C no período chuvoso e na média da umidade relativa do ar as pesquisas apontaram um variação de 8,2% (medição entre junho e agosto de 2014).

Carneiro (2014) realizou pesquisas sobre conforto térmico em diferentes tipos de cobertura (fibrocimento, reciclada, grama e grama amendoim) no período entre 20 de março e 29 de maio de 2014. A diferença de temperatura do ar encontrada foi de 2,07° C no período chuvoso (26/04 a 29/05), com temperaturas que variaram entre 25,37° C e 27,44° C.

Experimentos foram realizados por Catuzzo (2013) comparando a temperatura do ar entre dois tipos de cobertura nos Edifícios Conde Matarazzo com telhado intensivo e Mercantil/Finasa de telhado de concreto, ambos no centro da cidade de São Paulo entre 20/03/2012 e 31/03/2013. Os dados apurados determinaram que na comparação entre as maiores temperaturas mínimas entre os telhados houve variação de 0,3° C até 1,8° C, já para as menores temperaturas mínimas a variação foi 0,7° C a 1,7° C. Na ocasião, observou que nos dias quentes do ano o telhado com vegetação registra menor aquecimento, em função das plantas que absorvem e refletem parte da radiação solar que chega à superfície, ao contrário do telhado de concreto que aquece rapidamente.

A atuação das frentes frias reduz as temperaturas e aumenta a cobertura de nuvens provocando chuvas esparsas. Em dias com movimentos atmosféricos atípicos, onde ocorrem

redução da intensidade do vento e baixa cobertura de nuvens, ocasionam interferência na cobertura dos telhados de concreto e verde (CATUZZO, 2013).

Para Catuzzo (2013), o telhado verde absorve e emite parte da radiação solar, contribuindo para o aumento da quantidade de umidade relativa do ar em função da evapotranspiração, evaporação e redução do aquecimento, interferindo no balanço de radiação e energia, sendo portanto vital para áreas onde ocorre o fenômeno ilha de calor, essencialmente nos centros urbanos. A vegetação, portanto, favorece retardo no aquecimento da temperatura do ar, mantendo a umidade elevada, ao contrário do concreto que aquece rapidamente e horas antes do telhado verde.

4.1.5. Índice de desconforto térmico no Ambiente I e II no mês de janeiro

Na Figura 19, encontram-se as variabilidades dos índices de desconforto térmico para os Ambientes I e II, no mês de janeiro de 2017.

O máximo extremo de desconforto térmico no Ambiente I foi registrado no dia 26 de janeiro de 2017, com valor de $27,8^{\circ}\text{C}$, e no Ambiente II, no dia 27 de janeiro de 2017, o valor de $31,1^{\circ}\text{C}$. Tais valores extremos mostram que o Ambiente II apresentou desconforto térmico mais elevada em $1,6^{\circ}\text{C}$.

O mínimo extremo de desconforto térmico no Ambiente I ocorreu no dia 6/01/17, com o valor chegando a $26,3^{\circ}\text{C}$, enquanto que no Ambiente II no mesmo dia, o valor registrado foi de $26,4^{\circ}\text{C}$, mostrando que o Ambiente I ficou, em $0,1^{\circ}\text{C}$ com sensação térmica inferior ao ambiente II.

A amplitude dos valores extremos de desconforto térmico para os ambientes mostra que no Ambiente I houve uma variação de $3,2^{\circ}\text{C}$, enquanto que no Ambiente II, essa variação foi de $4,7^{\circ}\text{C}$. Os valores dos desconfortos térmicos mostram que o Ambiente I ficou mais frio em $1,5^{\circ}\text{C}$ em relação ao Ambiente II.

4.1.6. Índice de desconforto térmico no Ambiente I e II no mês de junho

Na Figura 20, encontram-se as variabilidades dos índices de desconfortos térmicos para os Ambientes I e II, no mês de junho de 2017.

O máximo extremo de desconforto térmico no Ambiente I foi registrado no dia 19 de junho de 2017, com valor de $28,5^{\circ}\text{C}$ e no Ambiente II, no dia 18 de junho de 2017, o valor de $30,4^{\circ}\text{C}$. Tais valores extremos mostram que o Ambiente II foi mais quente em $1,9^{\circ}\text{C}$ que o Ambiente I.

O mínimo extremo de desconforto térmico mínimo no Ambiente I ocorreu no dia 15/01/17, com o desconforto chegando ao valor de $24,5^{\circ}\text{C}$, enquanto que no Ambiente II na mesma data o valor registrado foi de $24,4^{\circ}\text{C}$, mostrando que o Ambiente I ficou, nessa data, $0,1^{\circ}\text{C}$ mais quente do que o Ambiente II.

A amplitude dos valores extremos de desconforto térmico para os ambientes mostra que no Ambiente I houve uma variação de 4°C , enquanto que no Ambiente II essa variação foi de 6°C . Os valores dos desconfortos térmicos mostram que o Ambiente I ficou mais frio em 2°C em relação ao Ambiente II.

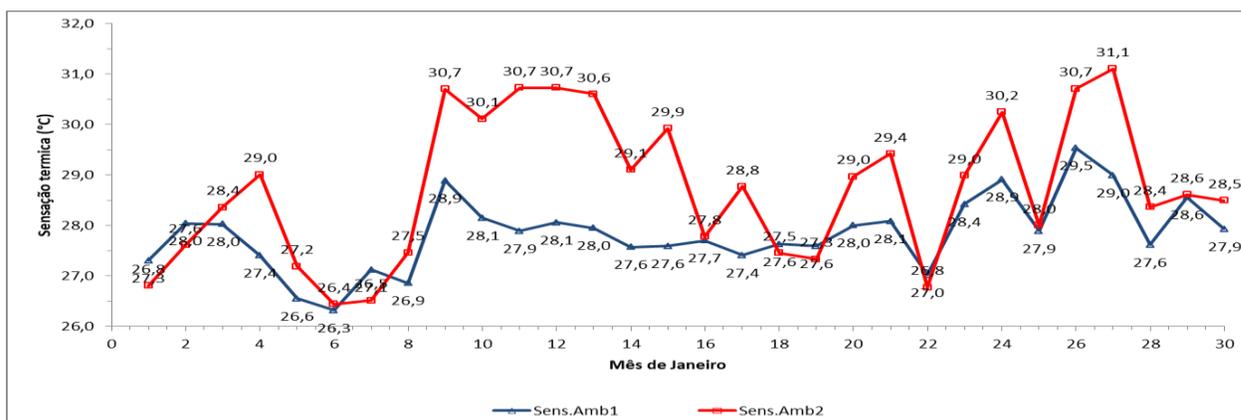


Figura 19. Valores de desconforto térmico para o Ambiente I e II no mês de janeiro

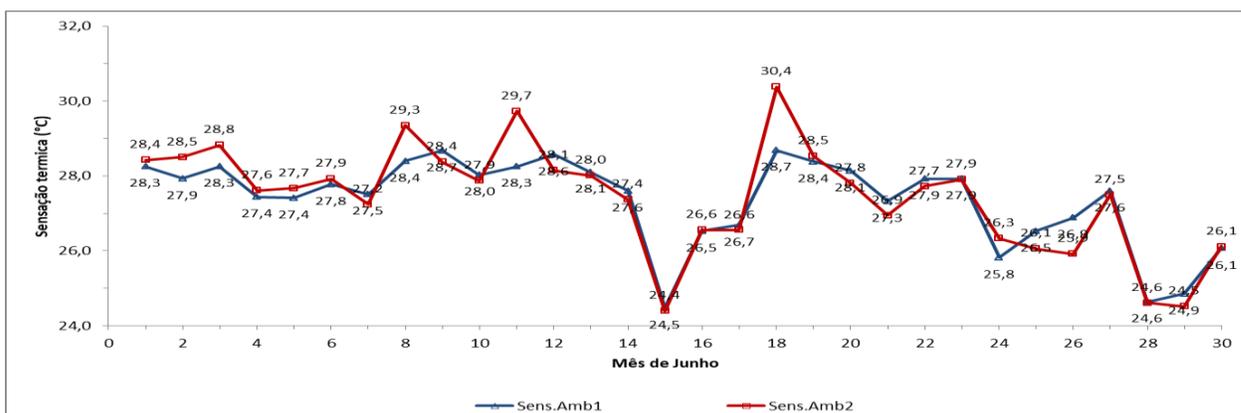


Figura 20. Valores de desconforto térmico para o Ambiente I e II no mês de junho

Os resultados da análise de variância aplicada ao desconforto térmico, tendo como fator de variação o tratamento “ambiente” envolvendo os Ambiente I e Ambiente II nos meses de janeiro e junho encontram-se na Tabelas 20 e 21.

O teste F (Tabela 18) aplicado a averiguação da hipótese de igualdade de médias entre tratamentos, mostrou que o valor de F (9,69) foi significativo ($P < 0,003$) indicando que os ambientes diferem entre si. De acordo com o número de observações, o coeficiente de variação (CV) apresentou pequena (4%) dispersão dos dados em relação à média.

Tabela 18. Resultados da análise de variância para desconforto térmico ($^{\circ}\text{C}$) no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ambiente	1	12,42	12,42	9,69	0,003
Erro	58	74,35	1,28		
Total corrigido	59	86,35			
CV(%)	4				
Média	28,29	Número de observações: 60			

FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ-soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM-quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c – teste de significância; Pr – probabilidade de significância do teste F

O teste de Tukey foi aplicado para verificar se existe diferença significativa entre os resultados obtidos pelos dois sensores instalados no Ambiente I e no Ambiente II. Na Tabela 19 são apresentados os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade, para os valores médios do desconforto térmico no mês de janeiro de 2017 para os dois tipos de ambientes. Conclui-se que há diferença significativa entre o Ambiente I e o Ambiente II para umidade mínima relativa do ar no mês de janeiro.

Tabela 19. Valores médios da para desconforto térmico no mês de janeiro de 2017 para os Ambientes I e II.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Ambiente I	27,84	a1(*)
Ambiente II	28,75	a2

(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

O teste F (Tabela 20) aplicado a averiguação da hipótese de igualdade de médias entre tratamentos mostrou que o valor de F(0,05) não foi significativo ($P < 0,83$), indicando que os

ambientes não diferem entre si. De acordo com o número de observações o coeficiente de variação (CV) apresentou uma pequena (4,81%) dispersão dos dados em relação à média.

Tabela 20. Resultados da análise de variância para desconforto térmico ($^{\circ}$ C) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ambiente	1	0,08	0,08	0,05	0,83
Erro	58	100,84	1,74		
Total corrigido	59	100,93			
CV(%)	4,81				
Média	27,39	Número de observações: 60			

FV- Fator de Variação; GL-graus de liberdade; SQ-soma dos quadrados dos tratamentos e dos erros; QM-quadrado médio dos tratamentos e dos erros; e F_c – teste de significância; Pr – probabilidade de significância do teste F

O teste de Tukey foi aplicado para verificar se existe diferença significativa entre os resultados obtidos pelos dois sensores instalados no Ambiente I e no Ambiente II. Na Tabela 21 são apresentados os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade, para os valores médios da sensação térmica ($^{\circ}$ C) nos meses de janeiro de 2017 para os dois tipos de ambientes. Conclui-se que não há diferença significativa entre o Ambiente I e o Ambiente II para a desconforto térmico no mês de junho.

Tabela 21. Valores médios da para desconforto térmico ($^{\circ}$ C) no mês de junho de 2017 para os Ambientes I e II.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Ambiente I	27,4	a1(*)
Ambiente II	27,4	a1

(*) Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra e número para cada tratamento não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.2. Síntese dos dados da média de temperatura do ar, umidade relativa do ar e desconforto térmico.

Na tabela 22, encontram-se os resultados obtidos com os diferentes tratamentos em relação a temperatura do ar, umidade relativa do ar e desconforto térmico.

Tabela 22. Síntese de temperatura do ar, umidade relativa do ar sensação térmica nos meses de janeiro e junho de 2017 em dois ambientes distintos de telhado verde.

Parâmetros/Sensores	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente I	Ambiente II
	sensor 1 janeiro	sensor 2 janeiro	sensor 1 junho	sensor 2 junho
Temperatura máxima	29,3° C	30,4° C	29,3° C	30,4° C
Temperatura mínima	26,3° C	26,3° C	23,6° C	23,6° C
Umidade máxima	82,5%	80,6%	97,2%	95,4%
Umidade mínima	80,6%	62,7%	80,7%	78,3%
Desconforto térmico médio	27,8° C	28,7° C	27,4° C	27,4° C

O comparativo entre os dados coletados nos meses de janeiro (período seco) e junho (período úmido) evidencia variação da temperatura máxima do ar entre os Ambientes I e II em 1,1° C mais elevado para o Ambiente II, indicando que a cobertura vegetal influencia na redução da temperatura do ar.

Em relação à temperatura mínima do ar para os meses de janeiro e junho, fica evidente que não houve variação entre os Ambientes I e II. Presume-se que fatores externos como insolação, brisa e nebulosidade atuaram preponderantemente, nos dois ambientes.

Os resultados da umidade máxima relativa do ar para o mês de janeiro apontam uma diferença de 1,9% a mais no Ambiente I em relação ao Ambiente II, e de 1,8% a menos para o Ambiente II em relação ao Ambiente I no mês de junho. Essa pequena variação indica que fatores externos como insolação, brisa e nebulosidade preponderantemente agiram para que a variação fosse insignificante.

A umidade mínima relativa do ar para o mês de janeiro, no Ambiente I está 17,88% mais elevada em relação ao Ambiente II indicando que fatores externos como insolação, brisa e nebulosidade atuaram para essa variação, além da irrigação realizada 2 vezes por dia sobre o gramado.

Em relação à umidade máxima relativa do ar para o mês de junho foi registrado uma variação de 1,8% a mais no Ambiente I indicando que a cobertura vegetal influencia no aumento da umidade. Em relação à umidade mínima relativa para o mês de junho, os registros apontam um valor de 2,44% a mais no Ambiente I em relação ao II.

Com relação ao desconforto térmico médio, a variação entre os dois lados no mês de janeiro é de 1,1° C a menos no Ambiente I em relação ao Ambiente II indicando que a cobertura

vegetativa contribui para a melhoria do conforto térmico e que fatores climáticos como insolação, brisa e nebulosidade preponderantemente agiram para que ocorresse variação.

No mês de junho, o desconforto térmico teve uma amplitude térmica a mais de 2° C no Ambiente II em relação ao Ambiente I. O desconforto térmico máximo foi de 28,5° C no Ambiente I e 30,4° C no Ambiente II, indicando que não há diferença significativa no conforto térmico entre os dois ambientes.

O índice de desconforto térmico segundo tabela adaptada (Santos, 2011) apontam que as sensações térmicas nos meses de janeiro no Ambiente I e junho nos Ambientes I e II foram de desconforto, enquanto que no Ambiente II para o mês de janeiro foi muito desconforto.

5. CONCLUSÕES

A temperatura máxima no Ambiente I no mês de janeiro foi de 30,5° C, enquanto que no Ambiente II a temperatura máxima no mês de junho foi de 32,9° C. A diferença de amplitude térmica entre os dois ambientes foi 2,2° C mais elevado no Ambiente II, significando maior aquecimento e refletância do piso que interfere na temperatura no Ambiente II.

A umidade máxima relativa do ar no mês de janeiro apresentou amplitude de 08% a mais no Ambiente I.

A temperatura mínima no mês de janeiro foi menor em 0,5° C no Ambiente II, indicando que fatores externos como ventos, brisa, insolação e nuvens podem interferir nesse ambiente.

A umidade mínima relativa do ar no mês de janeiro apresentou uma diferença significativa de 19,6% a mais no Ambiente I indicando uma umidade mais elevada. Essa diferença apresentada decorre de fatores externos, principalmente da irrigação diária que incide no Ambiente I, duas vezes ao dia.

A temperatura máxima no mês de junho apresenta uma diferença de amplitude de 1,6° C a mais no Ambiente II, comparada ao Ambiente I.

A diferença não significativa de umidade máxima do ar entre os Ambientes I e II no mês de junho está relacionada aos elevados índices pluviométricos, visto que foi considerado um mês chuvoso. O Ambiente I foi 8,8% mais úmido que o Ambiente II, comparando a Amplitude.

A temperatura mínima do ar nos Ambientes I e II registrou valores iguais na máxima e na mínima para o mês de junho.

O Ambiente II apresentou uma diferença de amplitude a menos de 1,9%, comparado Ambiente I, indicando que fatores externos como ventos, brisa, insolação e nuvens podem interferir nesse ambiente.

Em relação o desconforto térmico médio para o mês de janeiro, a máxima para o Ambiente I foi de 27,8° C, enquanto que no Ambiente II foi de 31,1° C, indicando que a cobertura vegetal ameniza o conforto térmico.

No mês de junho, o desconforto térmico teve uma amplitude térmica a mais de 2° C no Ambiente II em relação ao Ambiente I.

O modelo de telhado verde adotado no ITBC que apresenta 2 cm de substrato entre a laje e o gramado instalado evidenciou eficiência na absorção da radiação solar no ambiente gramado,

ficando evidente que esse modelo de telhado verde é eficiente para redução da temperatura do ar, aumento da umidade relativa do ar e melhoria da sensação térmica.

A melhoria da qualidade ambiental nos centros urbanos necessita de soluções que amenizem a ilha de calor e a redução de sensação térmica. O sistema construtivo telhado verde adotado é indicado como alternativa para reposição de áreas verdes subtraídas pelo setor da construção civil e desenvolvimento urbano de forma a atenuar os efeitos da ação antrópica em edificações construídas que não previram sistema construtivo vegetado na laje.

Como os efeitos atmosféricos oceânicos e locais, os resultados ficaram mascarados devido à dimensão da área em estudo.

Sugerem-se estudos complementares sobre telhados verdes e seus efeitos sobre o ambiente para que se ampliem conhecimentos dos resultados encontrados, a fim de contribuir em ações que levem a melhoria da qualidade de vida nas grandes cidades.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT – NBR 9575. **Impermeabilização: seleção e projeto**. Segunda edição. 2010. Disponível em: <http://holdflex.com.br/2015/10/15/nbr-9575-2010/#sthash.57VmgdCM.dpuf> Acesso em: 11.01.2017.
- AMORIM, M.C.C.T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R.S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) – BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.]. v. 16, jun. 2015.
- APAC, Agência das águas e clima de Pernambuco. 2017.
- BALDESSAR, S.M.N.; TAVARES, S.F. Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada. XIV ENTAC - **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído** - 29 a 31 outubro 2012 - Juiz de Fora.
- BARBIERI, J.C. Inovação e Sustentabilidade: novos modelos e proposições. RAE-Revista de Administração de Empresas, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010.
- BARROS, A.S.; MATOS, R.M.; SILVA, P.F.; DANTAS NETO, J. Índices de áreas verdes públicas no perímetro central da cidade de Juazeiro do Norte – CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol.08, n.04. 2015. 1273-1280.
- BARROS, H.R; LOMBARDO, M.A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 1, p. 160-177. 2016.
- BEATRICE, C.C. **Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2011. doi:10.11606/D.18.2011.tde-22092011-151752. Acesso em: 2017-01-11.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm.
- BRASIL. **Lei n. 6938, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, 02 set. 1981. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938compilada.htm.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Agenda 21 Brasileira: Ações prioritárias**. 2ª. ed. Brasília: MMA. 2002. <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Agenda 21 Brasileira**. 2016.
- BRASIL. Presidência da República. Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social. Secretaria do Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social. **Acordo para o Desenvolvimento Sustentável: Contribuições para a Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável – Rio+20**. Brasília: Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social e Instituições Signatárias, 2011.
- BREUNING, J. The Economics of Green Roofs from the Perspective of the Commercial Client A Cost-Benefit Analysis of Extensive Green Roofs. **Green Roof Technology - Form and Function**. January 07, 2013. file:///C:/Users/Marcelo/Downloads/Cost-Benefit%252bAnalysis%252bof%252bExten.%252bGreen%252bRoofs.pdf.
- BUSSAB, W.; MORETTIN, P. A. Estatística básica. São Paulo: Saraiva 2002.
- CARNEIRO, T.A. **Tipos de cobertura para o acondicionamento térmico primário de instalações rurais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, 2014. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/248540609/Dissertacao-Thaisa-Antu00E3o-Carneiro-1-pdf>. Acesso em 09.01.2018.
- CATUZZO, H. **Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, University of São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/T.8.2013.tde-18122013-123812. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-18122013-123812/en.php> Acesso em: 2017-01-06.
- CORRÊA, R.S. Reabilitação Ambiental: a Vegetação Além do Paisagismo. **Paranoá Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**. n. 14 (2015). Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/16930/12031>. Acesso em 23. May.2016.
- CRUZ, A.B.S.; SANTOS, M.C.O.; CAMPOS, A.F. **A qualidade paisagística e a gestão do território em áreas de forte pressão imobiliária: uma abordagem sobre a**

sustentabilidade na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro. XXXIV Encuentro y XIX Congreso de ARQUISUR y XIX Congreso de Escuelas y Facultades Públicas de Arquitectura de los países de América del Sur (La Plata, Argentina). 2015. Acesso em 23 de outubro de 2016. Disponível em: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/51290/Documento_completo.pdf-DFA.pdf?sequence=1.

ECKERT, N.H.; MASCARÓ, J.J. Atuação da infraestrutura verde como qualificadora da ambiência urbana em centros consolidados - O caso de Passo Fundo RS. **Revista de Arquitetura da IMED**, v. 3, n.2, p. 168-176. 2014. Acesso em: 23 de outubro de 2016. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/734>.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FÓRUM ESTADUAL DA AGENDA 21 DE PERNAMBUCO. **Agenda 21 do Estado de Pernambuco**. Recife: Sectma. 2002.

FRANÇA, M.S.; FRANÇA, S.M.B.; NOGUEIRA, M. C.J. A.; NOGUEIRA, J. S. Estimativa do conforto térmico na cidade de Cuiabá/MT. **Revista de Ciências Ambientais - RCA**, Canoas. V. 10, n.1, 2016.

FREITAS, A.F.; SANTOS, J.S.; LIMA, R.B. **Microclima urbano: um estudo de caso no espaço intra-urbano do campus I da UFPB**. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, n. esp, p.271-287, dez. 2015. Disponível em: http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3366. Acesso em 08.01.2018

GREEN ROOFS FOR HEALTHY CITIES (GRHC). **Green roofs for healthy cities north America**. Disponível em: <http://www.greenroofs.org/index.php/about/aboutus>. Acesso em 14.01.2017.

GUERRA, M.E.A.; LOPES, A.F.A. Arquitetura verde: contribuições a partir da exemplificação de tipologias vinculadas à sustentabilidade urbana. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, [S.l.], v. 3, n. 5, ago. 2015. ISSN 2317-8604. Disponível em: <http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/cidades_verdes/article/view/951/974>. Acesso em: 23.Apr.2016. doi:<http://dx.doi.org/10.17271/23178604352015951>.

GUERRA JUNIOR, J.C. **Coberturas vivas, algumas observações técnicas para a sua implantação.** 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/D.16.2013.tde-10072013-115747. Acesso em: 2017-01-07.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO (IBI). 2017.

IGRA, International Green Roof Association <http://www.igra-world.com/>. 2016.

KOZMHINSKY, M.; PINHEIRO, S.M.G.; EL-DEIR, S.G. **Telhados Verdes: uma iniciativa sustentável.** I ed. 65 p. Recife, **EDUFRPE**. 2016.

KRÜGER, E.L. Efeitos da ilha de calor nos níveis de conforto em ambientes externos e internos para as condições climáticas de Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental.** Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 459-467, Setembro de 2016. Acesso em 23 de outubro de 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000300459&lang=pt.

LAMBERTS, R. Conforto e Stress Térmico. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. 2011. Disponível em: http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf. Acesso em: 14.02.2018.

LIMA, G.C.O. **Avaliação do desempenho de telhados verdes: capacidade de retenção hídrica e qualidade da água escoada.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco- título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental. Área de concentração: Tecnologia Ambiental – Caruaru, 2013. Acesso em: 21 de dezembro de 2016. Disponível em: <https://www.ufpe.br/ppgecam/images/documentos/Dissertacoes/dissertacao%20de%20glenda%20cordeiro%20de%20oliveira%20lima.%20ufpe.caa.ppgecam.%202013.pdf>

MEDEIROS, R. M. de; BEZERRA, A. P. X. de G.; FALCÃO, S. M. P.; CAMPOS, J. H. B. da C.; HOLANDA, R. M. de. Avaliação do índice de conforto térmico no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação do Semiárido Brasileiro. Juazeiro BA/Petrolina PE, Brasil. 14 a 18 de agosto de 2017.

MILLER, A.P.R.R. **Análise do comportamento de substrato para retenção de água pluvial para coberturas verdes extensivas em Curitiba – PR.** Dissertação (mestrado) Programa de

Pós Graduação em Engenharia da Construção Civil, Área de concentração: Ambiente Construído, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

MORAIS, D.O.C.; OLIVEIRA, N.Q.S.; SOUZA, E.M. As Práticas de Sustentabilidade Ambiental e Suas Influências na Nova Formatação Institucional das Organizações. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS.** 2014. <http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/article/view/108>.

MOURA, M.O.; ZANELLA, M.E.; SALES, M.C.L. Conforto técnico em Fortaleza – CE. **Revista da ANGEPE.** v.6, p.177-189. 210(jan/dez).

MORETTIN, Luiz Gonzaga. Estatística Básica. São Paulo: McGraw-Hill, 1994

NASCIMENTO, J.G.; SILVA, A.M.P.; SANTOS, E.C.A.; SANTOS, J.S.; SILVA, K.A.A. Índice de conforto térmico da malha urbana em pontos representativos da cidade de Bayeux (PB). **REVISTA BRASILEIRA DE AGROTECNOLOGIA (BRASIL)** ISSN: 2317-3114 v. 7, n. 3 (2017) páginas 053 – 062.

OHNUMA JUNIOR, A.A.; MARQUES, M. e PIMENTEL da SILVA, L. Efeitos globais da temperatura e da precipitação em telhados verdes. **Revista Brasileira de Climatologia.** Ano 13 – Vol. 20 – JAN/JUL 2017.

OLIVEIRA, M.V.M.; ROSIN, J.A.R.G. Telhados verdes e sua contribuição para a sustentabilidade das cidades. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 01, n. 04, pp. 60-66. 2013. Acesso em: 23 de outubro de 2016. Disponível em: http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/viewFile/535/560.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração de Estocolmo (1972)**. Brasília – DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017.

PANZIERA, A. G.; CALIL, V.S.; AMARAL, F.D.; SWAROWSKY, A. Desempenho de diferentes tipos de telhado verde no conforto térmico urbano na cidade de Santa Maria, RS. *Disciplinarum Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas*, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 445-457, 2015.

PECK, S.W.; CALLAGHAN, C; KUHN, ME.; BASS, B. **Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada status report on benefits, barriers and opportunities**

for green roof and vertical garden technology diffusion. Canada: Mortgage and Housin. 78p. 1999.

RECIFE, **LEI N° 18.112/2015.** 2015. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1812/18112/lei-ordinaria-n-18112-2015-dispoe-sobre-a-melhoria-da-qualidade-ambiental-das-edificacoes-por-meio-da-obrigatoriedade-de-instalacao-do-telhado-verde-e-construcao-de-reservatorios-de-acumulo-ou-de-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 22. Apr. 2016.

PREFEITURA DO RECIFE. Secretaria de Planejamento Urbano. Acessado em 30 de julho 2017. Disponível em <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/planejamento-urbano>.

RIGHI, D.P.; KÖHLER, L.G.; ANTOCHEVES, L.R.C., SANTOS NETO, A.B.S.; MOHAMAD G. Cobertura verde: um uso sustentável na construção civil. **MIX Sustentável**. Edição 04 | 2016.

ROSSI, S. A.; KRÜGER, E. L.; GUIMARÃES, I. A. Modelo Preditivo de Sensação Térmica em Espaços Abertos em Curitiba, PR. Ra'ega. Curitiba, v.29, p.209-238, dez/2013.

SANTAMOURIS, M. Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. **Solar Energy**. Volume 103, May 2014, Pages 682–703. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X12002447>. Acesso em: 18 de setembro de 2016.

SANTOS, J.S.; SILVA, V.P.R.; SILVA. E.R.; ARAÚJO, L.E.; COSTA, A.D.L. Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física** 03 (2012) 540-557.

SAVI, A.C. **Telhados verdes: uma análise da influência das espécies vegetais no seu desempenho na cidade de Curitiba.** Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Pós- Graduação em Construção Civil. Curitiba, 2015. <http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/42102>.

SCHERER, M.J.; FEDRIZZI, B. **Jardins verticais: potencialidades para o ambiente urbano.** ELECS 2013 - CURITIBA - PR | 21 A 24 DE OUTUBRO. 2013.

SOUZA, R.O.L.; FERREIRA, M. L.S.S.; VASCONCELLOS, C.A.B. Telhado verde de baixo investimento composto por plantas medicinais e aromáticas. **Semioses Revista Científica**. Rio de Janeiro. v. 9. n. 2, p. 48-58. jul./dez. 2015.

SPIEGEL, M. R. Estatística: Resumo da teoria, 875 problemas resolvidos, 619 problemas propostos. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1977. 580 p.

TASSI, R.; TASSINARI, L.C.S.; PICCILLI, D.G.A.; PERSCH, C.G. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ac/v14n1/v14n1a12.pdf>.

VAREJÃO – SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2, Recife, 463p 2006.

WILLES, J.A. **Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema**. 2014. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2014. doi:10.11606/T.11.2014.tde-03122014-171411. Acesso em: 2017-01-10.