PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, AMBIENTAIS E DE TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA URBANA

MONITORAMENTO DE ÁREAS VERDES URBANAS UTILIZANDO REDE DE SENSORIAMENTO SEM FIO

MURILLO RODRIGUES DOS SANTOS

Campinas/SP
2018

Murillo Rodrigues Dos Santos

MONITORAMENTO DE ÁREAS VERDES URBANAS UTILIZANDO REDE DE SENSORIAMENTO SEM FIO

Dissertação apresentada como exigência para a obtenção do Título de Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana, ao programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas.
Orientadora: Prof.ª Dr.ª Regina Márcia Longo
Co-orientador: Profº Drº Omar Branquinho Carvalho.

Campinas/SP
2018

Ficha catalográfica elaborada por Marluce Barbosa – CRB 8/7313
Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI - PUC-Campinas

t628.5 Santos, Murillo Rodrigues dos.
S237m Monitoramento de áreas verdes urbanas utilizando rede de sensoriamento sem fio / Murillo Rodrigues dos Santos. - Campinas: PUC-Campinas, 2018.
78f.

Orientadora: Regina Márcia Longo.
Coorientador: Omar Carvalho Branquinho.
Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana.
Inclui bibliografia.

1. Monitoramento ambiental. 2. Regiões metropolitanas. 3. Sustentabilidade. 4. Redes de sensores sem fio - Gerência. 5. Indicadores ambientais. I. Longo, Regina Márcia. II. Branquinho, Omar Carvalho. III. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias. Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana. IV. Título.

CDD – 22. ed. t628.5

MURILLO RODRIGUES DOS SANTOS

MONITORAMENTO DE AREAS VERDES URBANAS UTILIZANDO REDE DE SENSORIAMENTO SEM FIO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana do Centro de Ciéncias Exatas, Ambientais e de Tecnologias da Pontificia Universidade Catolica de Campinas como requisito parcial para obtenqao do titulo de Mestre em Sistemas de lnfraestrutura Urbana.
Area de Concentraqao: Sistemas de Infraestrutura Urbana.
Orientador (a): Prof. (a). Dr. (a). Regina Marcia Longo.
Co-orientador (a): Prof. (a) Dr. (a). Omar Carvalho Branquinho.

Dissertaqéo defendida e aprovada em 11 de junho de 2018 pela Comiss3o Examinadora constituida dos seguintes professores:

Profa. Dra. Regina Marcia Longo
Orientadora da Dissertaqgo e Presidente da Comissao Examinadora
Pontificia Universidade Catolica de Campinas

Profa. Dra. Lia Toledo Moreira Mota
Pontificia Universidade Católica de Campinas

Profa. Dra. a mpim de Freitas Dias
RFID Center df ellence

A minha esposa, pais e amigos por todo o apoio.

RESUMO

SANTOS, Murillo Rodrigues M*onitoramento de áreas verdes urbanas utilizando rede de sensoriamento sem fio.* 2018. 77f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Infraestrutura Urbana) – Mestrado em Sistema de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2018.

O monitoramento ambiental em centros urbanos é uma necessidade crescente tanto nacional como internacionalmente, devido ao seu importante papel na tomada de decisões para o adequado planejamento das ações a serem implementadas que estruturam a sustentabilidade nas cidades. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta uma proposta de monitoramento do comportamento dos parâmetros ambientais (temperatura e umidade) em áreas urbanas, possibilitando observar a qualidade ambiental e as influências que essa sofre pelo uso e ocupação do solo. Para isso, foi realizada a instalação de sensores remotos em uma escala piloto nas dependências da Pontificia Universidade Catolica/PUC-Campinas, utilizando-se de uma rede de sensores sem fio. O gerenciamento da leitura dos parâmetros foi realizado com o software de gerência de rede instalado em um micro computador de placa única. Os resultados obtidos apontaram para a consistencia dos dados, em comparação com dados obtidos no mesmo período em pontos monitorados pela CETESB no municipio de Campinas/SP. Os resultados mostram que a rede de sensor sem fio implementada atendeu aos requisitos estabelecidos pela proposta.

Palavras chave: Monitoramento ambiental; Cidades inteligentes; Sustentabilidade.

ABSTRACT

SANTOS, Murillo Rodrigues *Monitoring of urban green areas using wireless sensing network*. 2017. 77f. Dissertation of course conclusion. (Master in Urban Infrastructure System) - Master in Urban Infrastructure System, Pontifical Catholic University of Campinas, Campinas, 2018.

Environmental monitoring in urban centers is a growing need both nationally and internationally, due to its important role in decision making for the proper planning of actions to be implemented that structure sustainability in cities. In this context, the present work presents a proposal to monitor the behavior of environmental parameters (temperature and humidity) in urban areas, making it possible to observe the environmental quality and the influences it undergoes due to the use and occupation of the soil. For this, the installation of remote sensors was carried out on a pilot scale in the dependencies of PUC Campinas, through a network of wireless sensors. Parameter read management was performed with network management software installed on a single-board mini-computer. The results obtained pointed to the consistency of the data, compared to data obtained in the same period peaks at points monitored by CETESB in the municipality of Campinas / SP. The results show that the wireless sensor network implemented met the requirements established by the proposal.

Keywords: Environmental monitoring; Smart cities; Remote sensing; Sustainable.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”
(Arthur Schopenhauer)

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Torre de sensoriamento remoto em escala piloto. 27
Figura 2: Módulo BE990. Fonte: Chaves, 2016. 28
Figura 3: Raspberry PI. Fonte: Autor, 2017. 29
Figura 4: Ilustração do funcionamento do sensor digital DHT11. 29
Figura 5: Interfase Zabbix de acesso aos dados coletados. 32
Figura 6: Dados de temperatura coletados para o período de teste. Fonte: Autor, 2017. 33
Figura 7: Ambiente gráfico da plataforma Zabbix. 33
Figura 8: Estação de monitoramento da CETESB – Campinas/ Taquaral. 35
Figura 9: Estação de monitoramento da CETESB – Campinas/ Vila União. 35
Figura 10: Esquema da emulação do Radiuino 36
Figura 11: Interfase gráfica do Zabbix. 37
Figura 12: Interfase gráfica do Zabbix para monitoramento remoto. 37
Figura 13: Comportamento gráfico dos dados coletados para temperatura. 38
Figura 14: Temperatura obtida para os ambientes urbanos em 17/10/2017. 54
Figura 15: Temperatura obtida para os ambientes urbanos em 18/10/2017. 55
Figura 16: Temperatura obtida para os ambientes urbanos em 19/10/2017. 56
Figura 17: Temperatura obtida para os ambientes urbanos em 20/10/2017. 57
Figura 18: Temperatura obtida para os ambientes urbanos em 21/10/2017. 58
Figura 19: Temperatura obtida para os ambientes urbanos em 22/10/2017. 59
Figura 20: Temperatura obtida para os ambientes urbanos em 23/10/2017. 60
Figura 21: Temperatura obtida para os ambientes urbanos em 24/10/2017. 61
Figura 27: Umidade do ar obtida para os ambientes urbanos em 17/10/2017. 62
Figura 28: Umidade do ar obtida para os ambientes urbanos em 18/10/2017. 64
Figura 29: Umidade do ar obtida para os ambientes urbanos em 19/10/2017. 64
Figura 30: Umidade do ar obtida para os ambientes urbanos em 20/10/2017. 65
Figura 31: Umidade do ar obtida para os ambientes urbanos em 21/10/2017 66
Figura 32: Umidade do ar obtida para os ambientes urbanos em 22/10/2017. 68
Figura 33: Umidade do ar obtida para os ambientes urbanos em 23/10/2017. 69
Figura 34: Umidade do ar obtida para os ambientes urbanos em 24/10/2017. 69

INDICE DE TABELAS

Tabela 1: Estatística descritiva dos dados obtidos em leitura de temperatura do ar no dia 17/10/2017 39
Tabela 2: Estatística descritiva dos dados de temperatura do ar obtidos em leitura no dia 18/10/2017 40
Tabela 3: Estatística descritiva dos dados obtidos de temperatura do ar em leitura no dia 19/10/2017 41
Tabela 4: Estatística descritiva dos dados de temperatura do ar obtidos em leitura no dia 20/10/2017 42
Tabela 5: Estatística descritiva dos dados obtidos de temperatura do ar obtidos em leitura no dia 21/10/2017..... 43
Tabela 6: Estatística descritiva dos dados de temperatura do ar obtidos em leitura no dia 22/10/2017 44
Tabela 7: Estatística descritiva dos dados de temperatura do ar obtidos em leitura no dia 23/10/2017 45
Tabela 8: Estatística descritiva dos dados de temperatura do ar obtidos em leitura no dia 24/10/2017 46
Tabela 9: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar obtidos em leitura no dia 17/10/2017 ... 47
Tabela 10: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar obtidos em leitura no dia 18/10/2017 . 48
Tabela 11: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar obtidos em leitura no dia 19/10/2017 . 49
Tabela 12: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar obtidos em leitura no dia 20/10/2017 . 49
Tabela 13: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar obtidos em leitura no dia 21/10/2017 . 50
Tabela 14: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar obtidos em leitura no dia 22/10/2017 . 51
Tabela 15: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar obtidos em leitura no dia 23/10/2017 . 52
Tabela 16: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar obtidos em leitura no dia 24/10/2017 . 53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL	**Agência Nacional de Telecomunicações**
CETESB	**Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**
CONAMA	**Conselho Nacional do Meio Ambiente**
CONSEMA	**Conselho Estadual do Meio Ambiente**
EUA	**Estados Unidos da América**
FMC	**Fumaça**
FSK	***Frequency-shift keying***
GPIO	***General Purpose Input/Output***
HDMI	***High-Definition Multimedia Interface***
IBAMA	**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**
IDE	***Integrated Development Environment***
IFF	***Identificador Friendly or Foe***
IoT	**Internet das Coisas**
ISM	**I*ndustrial,Scientific & Medical***
ISVS	***Independent software vendor***
MAC	***Media Access Control***
MI	**Metas Intermediárias**
MIT	**Massachusetts Institute of Technology**
MP10	**Material particulado 10 µm**
MP2,5	**Material particulado 2,5 µm**
NO_2	**Dióxido de nitrogénio**
NTC	***Negative temperature coeficient***
O_3	**Ozônio**
OEMS	***Original Equipment Manufacturer***
OMS	**Organização Mundial de Saúde**
PF	**Padrões Finais**
PNUMA	**Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**
PPM	**Partes por milhão**
PUC	**Pontifícia Universidade Católica**
RFID	***Radio-Frequency IDentification***
RSSF	**Rede de Sensores Sem Fio**
SD	***Secure Digital Card***
SNUC	**Sistema Nacional de Unidades de Conservação**
SO_2	**Dióxido de Enxofre**
TCP/IP	***Transmission Control Protocol***
UC	**Unidades de Conservação**
UHF	***Ultra High Frequency***
UPC	***Universal Product Code***
USB	***Universal Serial Bus***

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 10
2. OBJETIVOS E HIPÓTESE BÁSICA 13
2.1. OBJETIVO GERAL 13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13
2.3. HIPÓTESE BÁSICA 13
2.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO 13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 15
3.1. IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS VERDES URBANAS 15
3.2. MONITORAMENTOS EM ÁREAS URBANAS 20
3.3. MONITORAMENTO DE PROCESSOS E AMBIENTES 22
4. MATERIAL E MÉTODOS 27
4.1. COLETA E ARMAZENAMENTO DOS DADOS 30
4.2. ANÁLISE DOS DADOS 33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
5.1. ESTRUTURAÇÃO DO MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA COLETA DE DADOS EM TEMPO REAL 36
5.2. ESTUDO COMPARATIVO DA TEMPERATURA DO AR EM AMBIENTES URBANOS. 54
5.3. ESTUDO COMPARATIVO DA UMIDADE DO AR EM AMBIENTES URBANOS. 62
6. PROPOSTAS DE APLICAÇÕES FUTURAS 71
7. CONCLUSÕES 73
8. REFERÊNCIAS 74

1. INTRODUÇÃO

As questões relacionadas à infraestrutura urbana acompanham as profundas mudanças dos cenários socioeconômicos, histórico, político e cultural dos países. Neste sentido, seus conceitos-chave, instrumentos e estratégias apresentam grandes variações ao longo do tempo. Na atualidade, muita atenção tem sido dada ao conceito de sustentabilidade urbana, incluindo-se, nessa discussão, as questões relacionadas a implantação das cidades inteligentes e da internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* - IoT), (IoT), sendo este último um componente da gestão urbana que vem ganhando cada vez mais espaço e atenção de especialistas.

De acordo com Castells (2012), compreende-se que o conceito das cidades inteligentes emerge diretamente do surgimento das cidades digitais, partindo da perspectiva que a inteligência das cidades é oriunda da convergência entre a sociedade e o conhecimento, pois permite o entendimento da informação de forma criativa, além de considerar os capitais humanos e sociais como os ativos mais valiosos.

Em relação à Internet das Coisas (IoT), Santos *et. al.* (2010) destacam que esta emergiu diretamente dos avanços do inter-relacionamento de distintas áreas, sendo elas: microeletrônica, comunicação e tecnologia de informações. De fato, compreende-se que a IoT tem ganhado aprofundado enfoque no cenário acadêmico, industrial e urbano, em função da perspectiva de que seu impacto seja realmente significante.

Complementarmente, acerca da Internet das Coisas (IoT), compreende-se o direcionamento de Zambarda *et. al.,* (2014):

> A “Internet das Coisas” se refere a uma revolução tecnológica que tem como objetivo conectar os itens usados do dia a dia à rede mundial de computadores. Cada vez mais surgem eletrodomésticos, meios de transporte e até mesmo tênis, roupas e maçanetas conectadas à Internet e a outros dispositivos, como computadores e smartphones (Zambarda, 2014, p.01).

Analisando a relação da IoT com o monitoramento da qualidade ambiental nas cidades, observam-se casos de sucesso que otimizaram aspectos como: (ZAMBARDA *et. al.,* 2014).

- O transporte urbano por meio da intercomunicação entre os veículos, possibilitando assim que o transito ocorra de forma coordenada e constante, economizando combustíveis, planejando os melhores trajetos e evitando acidentes;
- A instalação de sensores em sistemas elétricos e hidráulicos que permitam a economia destes recursos e evitam desperdícios em residências e empresas, ou seja, todos os locais em que se encontram os equipamentos de distribuição;
- O monitoramento da qualidade do ar, da água, da poluição em áreas densamente povoadas ou industriais. Dessa forma, facilita a adequação aos padrões legais aceitáveis a partir das informações recebidas em tempo real;
- O monitoramento dos processos na agricultura extensiva de precisão, pelo emprego de sensores de clima (umidade, luz solar), adubação e outros fatores externos, economizando recursos naturais como a água. Evitando impactos ambientais, como por exemplo, a contaminação dos solos pelo excesso de adubos nitrogenados, dentre outros.

Ademais, é importante pontuar a relevância das áreas verdes para a qualidade de vida da sociedade. Segundo Lima e Amorim (2012), estas são de suma importância para o alcance da qualidade ambiental das cidades, especialmente pelo fato de que estas assumem um papel essencial no equilíbrio a ser estabelecido entre o espaço em processo de transformação nos assentamentos urbanos e o meio ambiente que ainda resta – em pequenas quantidades – em meio as atuais cidades.

A importância das áreas verdes ainda está relacionada ao fato de que estas são consideradas. Indicadores na avaliação da qualidade ambiental urbana, afinal, estes espaços muitas vezes de livre acesso e determinados por lei (código florestal ou tombamentos municipais), mesmo quando não são efetivados, interferem, diretamente, na qualidade do ambiente (LIMA, AMORIM, 2012).

No entanto, o monitoramento de áreas verdes urbanas, devido à sua constante transformação e complexidade, apresenta problemas técnicos

relacionados ao armazenamento de dados e apresentação das informações de forma clara para a tomada de decisão eficiente e rápida, sendo esse um dos principais desafios para a implantação das cidades inteligentes.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo estabelecer uma proposta de monitoramento do comportamento de alguns parâmetros ambientais (temperatura e umidade) em centros urbanos, possibilitando, futuramento, observar a qualidade ambiental e as influências que a área sofre pelo uso e ocupação do solo. O trabalho se justifica pela grande importância no gerenciamento e na pesquisa das questões ambientais, para a construção da sustentabilidade urbana como um todo, relacionando diversas áreas do conhecimento, tais como, infraestrutura urbana, administração pública, tecnologia, direito, sociologia, ecologia, etc. Nesse sentido, esse trabalho se propõe a discutir as soluções práticas para o problema do monitoramento de espaços verdes e urbanos no que tange a características ambientais com vistas à preservação dos recursos naturais e planejamento urbano.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESE BÁSICA

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo estabelecer uma proposta de monitoramento remoto do comportamento de alguns parâmetros ambientais (temperatura e umidade) possibilitando estabelecer uma estratégia para avaliar a qualidade ambiental em centros urbanos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implantar sensores para a coleta de dados das grandezas ambientais selecionados para áreas verdes urbanas;
- Armazenar os dados coletados integralmente em um sistema virtual, baseado no conceito de “cidades inteligentes” e potencialmente, para realizar o processamento dos dados;
- Testar a obtenção de dados de grandezas dois dos principais indicadores de aspectos ambientais relacionadas ao monitoramento remoto de áreas verdes urbanas: temperatura e umidade;
- Comparação dos dados coletados com os obtidos nas mesmas áreas monitoradas pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo).

2.3. HIPÓTESE BÁSICA

O presente trabalho tem como hipótese que o monitoramento ambiental remoto pode colaborar na discussão da sustentabilidade urbana e na relação com outras áreas do conhecimento, tais como, infraestrutura urbana, administração pública, tecnologia, entre outras.

2.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho esta estruturado da seguinte maneira:

No Capítulo 3 é apresentada a revisão da literatura sobre a importância das áreas verdes urbanas, seu monitoramento, os principais indicadores ambientais

relacionados às cidades inteligentes, assim como a estruturação de redes de sensores para monitoramento remoto.

No Capítulo 4, é realizada a descrição do material utilizado e os métodos seguidos para a aquisição dos dados, quanto aos parâmetros temperatura e umidade de forma remota em um ponto de estudo piloto.

No Capítulo 5, são apresentados os resultados obtidos para o monitoramento remoto do ponto em estudo, abordando desde a análise de consistência dos dados para a verificação da confiabilidade dos mesmos, quando comparados com dados secundários obtidos pela rede de monitoramento fixa da CETESB para o município de Campinas/SP.

No Capítulo 6, são descritas propostas para aplicações futuras da rede de sensoriamento remoto, suas vantagens e contextualização quanto a problemas ambientais atuais.

No Capítulo 7, estão detalhadas as conclusões do presente trabalho.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo de desenvolvimento e execução da pesquisa para a dissertação foi baseado em levantamento bibliográfico. Serão apresentadas descrições sobre a importância das áreas verdes urbanas, seu monitoramento, os principais indicadores ambientais relacionados às cidades inteligentes e a estruturação de redes de sensores para monitoramento remoto, abordando suas principais características, vantagens e desvantagens.

3.1. IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS VERDES URBANAS

O estabelecimento e a manutenção da cobertura vegetal em áreas urbanas são essenciais em função da capacidade que estas possuem em promover benefícios na qualidade de vida da população e aos ecossistemas relacionados ao meio urbano, contribuindo para amenizar as consequências negativas do crescimento urbano acelerado que, historicamente, ocorreu sem o devido planejamento. Esse processo pode ocasionar um aumento elevado na poluição atmosférica, da água e do solo, além de alterações no microclima, aumento das inundações, além da diminuição ou fragmentação de espaços livres públicos e de vegetação nativa, dentre uma variedade de danos que promovem alterações em escalas que vão do local ao global (BARGOS, MATIAS, 2011).

> Os parques urbanos desempenham diferentes funcionalidades e configurações nas cidades, os quais estão diretamente relacionados às formas de gestão ambiental e padrões de crescimento dos núcleos urbanos. Enquanto alguns centros recebem multidões, outros estão vinculados à proteção ambiental. Um consenso na literatura, entretanto, é que parques urbanos são estrategicamente importantes para a qualidade de vida das pessoas no conjunto das sociedades em crescente urbanização (CARDOSO, 2015, p.76).

Visando discutir a diminuição de problemas relacionados aos avanços da urbanização, trabalhos científicos vêm sendo realizados em diferentes áreas do conhecimento, com o objetivo de contribuir na busca do planejamento ambiental e urbano que sejam adequados à realidade das cidades. Mesmo sendo a cobertura vegetal um indicador bastante importante para os avanços nas discussões da qualidade ambiental dentro das cidades, esta vem sendo negligenciada, quanto estabelecidas metas para o crescimento das cidades. Os termos utilizados para as

coberturas vegetais existentes dentro dos municípios são variáveis. Termos como *áreas verdes, espaços/áreas livres, arborização urbana, verde urbano*, têm sido comumente utilizados para designar a vegetação intraurbana. No entanto, pode-se considerar que grande parte destes termos não se refere aos mesmos elementos, ou seja, não são sinônimos (BARGOS, MATIAS, 2011).

A busca de um planejamento urbano que priorize a qualidade de vida nas cidades, de modo a atender aos anseios e as necessidades de aglomerados urbanos que vivem em locais cada vez menos naturais tem se tornado um desafio complexo e difícil de ser implementado. Assim, entende-se que o conceito de áreas verdes deve considerar os espaços livres urbanos compostos por: vegetação arbórea e arbustiva (incluindo a arborização das vias públicas, desde que possam exercer as funções ambientais); por parcelas de solo livre de edificações ou coberturas impermeabilizantes (em pelo menos 70% da área), de acesso público ou não, e que exerçam minimamente as funções ecológicas (como a interceptação e posterior infiltração da água da chuva, a melhoria no conforto térmico e em condições microclimáticas, o controle da poluição do ar e acústica, e a manutenção de espécies de fauna e flora); funções estéticas (como a melhoria nos aspectos paisagísticos e diversificação na paisagem construída) e funções de lazer (como recreação, esportes e atividades lúdicas e interpretativas), conforme proposto em Bargos (2010).

A disponibilidade e o acesso a áreas verdes no interior das cidades é uma necessidade humana fundamental e dever ser suprida (THOMPSON, 2002) o que salienta a importância da inclusão da implantação de novas áreas e a manutenção de áreas verdes já existentes no planejamento das cidades. Visando a manutenção dos direitos dos cidadãos estabelecidos na constituição federal (SANESI; CHIARELLO, 2006), pois, uma vez que estas áreas são estabelecidas, a população como um todo pode usufruir das diversas funções que estas exercem no meio urbano, como: ecológicas, sociais, psicológicas, estéticas, educativas, dentre outras. Em função da grande importância que estes espaços exercem nos ambientes urbanos e densamente ocupados, essas áreas necessitam ser devidamente quantificadas e qualificadas.

Em relação à qualificação, existem dificuldades em se estabelecer uma valoração dos serviços ambientais por elas promovidos (sejam valores econômicos,

ecológicos, estéticos ou sociais). Segundo Tratalos *et. al.,* (2007) os parques e áreas verdes urbanas promovem diversos serviços ambientais à população como a filtração da água, do ar, do vento e da poluição sonora; além de contribuir na estabilização do microclima e na formação de um ambiente que promove melhorias na saúde da população por meio da redução do nível de estresse (CHIESURA, 2004) e, ainda, criando espaços que incrementam as atividades físicas (MCCORMACK *et. al.,* 2010). Pesquisas realizadas apontam para uma contribuição positiva para saúde humana em regiões com interferência de áreas verdes, sendo que proximidade com essas áreas apresentam-se associadas a várias melhorias na saúde humana, como diminuição na obesidade, e no risco de desenvolver doenças cardiovasculares e mentais, dentre outros. Além dos serviços ambientais prestados pelas áreas verdes, estudos apontam que o contato com o verde diminui o estresse, aumenta a coesão social e o nível de atividade física (AMATO-LOURENÇO *et. al.,* 2016).

> Todos esses benefícios creditados aos parques urbanos vinculam-se às perspectivas analíticas da concepção de cidade sustentável (LOURES *et. al*., 2007). Portanto, elaborar estudos sobre parques urbanos implica, primeiramente, considerar a acepção do que seja parque, considerando as diferenças de dimensões, formas de tratamento, funções e equipamentos (CARDOSO, 2015, p.76).

Já em relação à quantificação, os problemas identificados se relacionam, principalmente, à classificação dos mesmos, pois ainda não se chegou a um consenso claro em relação às nomenclaturas a serem utilizadas. Verifica-se que as áreas verdes podem ser classificadas segundo as suas funções e também em relação ao porte da vegetação. Entende-se que estes aspectos contribuem para o estabelecimento de ambientes saudáveis e que promovem interações entre o homem e a natureza (BARGOS, MATIAS, 2011). O SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação - Lei 9.985/00) estabelece, em determinadas situações, a definição de parque relacionada às Unidades de Conservação (UC`s), por promover a proteção integral tanto do perímetro urbano quanto o rural que o circunda, estando este sob responsabilidade da gestão federal, estadual ou municipal. Deste modo, a criação de parques como alternativa para a ampliação das áreas verdes urbanas

pode promover a preservação ambiental e melhorias na qualidade de vida das populações que habitam no entorno (CARDOSO, 2015). Cabe ressaltear também que segundo Amorim, Amorim (2010):

> As áreas verdes são de grande importância, para os sistemas ambientais urbanos na medida em que contribuem para o conforto térmico, retirada de poluentes da atmosfera, aumento da evapotranspiração e consequentemente da umidade do ar; diminuição de ruídos, atenuação do impacto pluvial; auxílio na captação de águas pluviais; redução da poeira; redução e condução dos ventos; além das atribuições recreativas e de lazer da população em geral (AMORIM, AMORIM. 2010).

Porém, o que se observa na grande maioria das cidades é a dificuldade de gerenciamento das áreas destinadas para tais finalidades, especialmente, pois o que ocorre na maioria das vezes, principalmente em meio a bairros periféricos, é a presença de espaços vazios ao invés de áreas verdes, fato que poderia ser enfaticamente, amenizado pelo monitoramento adequado de tais áreas (AMORIM, AMORIM, 2010).

Em função dos problemas de gerenciamento no monitoramento de áreas verdes, a qualidade da cobertura vegetal também pode se apresentar comprometida por problemas com pragas, doenças ou, mesmo danos físicos, e assim, necessitam, recorrer constantemente a podas e demais tratos culturais específicos; caso contrário, esses problemas podem comprometer as espécies levando a danos severos e possibilidade de morte aparente (LONDE, MENDES, 2014).

Além disso, é importante mencionar, em conformidade com Lima e Amorim (2012) que: “a falta de arborização, por exemplo, pode trazer desconforto térmico e possíveis alterações no microclima, e como essas áreas também assumem papel de lazer e recreação da população, a falta desses espaços interfere na qualidade de vida desta” (LIMA, AMORIM, 2006).

Neste contexto, pode-se afirmar que com a ausência de áreas verdes agravam-se problemas ambientais, porém, a falta de gerenciamento destas áreas é diretamente correlacionada com a inexistência de uma atuação governamental enfática sobre esta perspectiva (FERNANDES, 2004):

> Dentre muitos outros problemas socioambientais existentes nas cidades, também devem ser mencionados os serviços públicos insuficientes; a distribuição desigual de equipamentos urbanos e

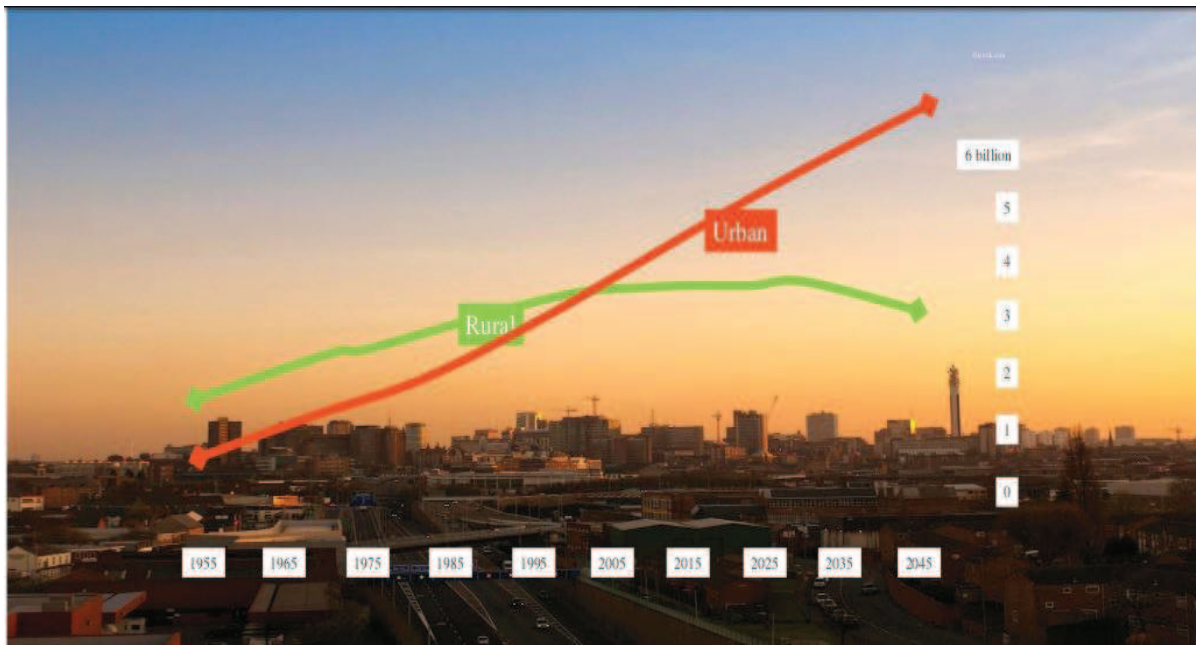
comunitários; falta de áreas verdes; os padrões inadequados de uso do solo; e a baixa qualidade técnica das construções (FERNANDES, 2004).

3.2. MONITORAMENTOS EM ÁREAS URBANAS

Como dito anteriormente, existem diversas definições para as áreas verdes existentes em núcleos urbanos, sendo aqui adotado o conceito de *cobertura vegetal*. Esse pode ser considerado mais amplo, pois engloba a projeção das áreas verdes em cartas planimétricas, podendo abranger, os espaços livres e/ou construídos e as áreas de integração, além das Unidades de Conservação (UC´s) e a zona rural, ou seja, engloba várias categorias de áreas verdes.

De maneira geral, pode-se dizer que adensamento das áreas urbanas, ilustrado pela figura 1, ocorre de três distintas maneiras em relação crescimento populacionais: a primeira promovendo a ampliação dos limites físicos, pelo estabelecimento de cidades satélites ou aumentando a densidade populacional em determinados núcleos. Sendo que esta se direciona na maioria das vezes para as zonas rurais ou, em alguns casos, como a cidade de São Paulo, sobre áreas de preservação ambiental. A segunda aponta para o estabelecimento de núcleos urbanos que, embora apontem para certa independência administrativa, econômica e social, estão ligados a uma cidade central de maneira a se beneficiar de uma economia de escala. A terceira se refere ao aumento da densidade populacional, porém com maior nível de sustentabilidade (LEITE & AWAD, 2012).

Figura 1: Crescimento urbano mundial



Fonte: FLETCHER, 2015.

Dessa forma, observa-se a importância do controle e do monitoramento das áreas verdes, principalmente como apoio à implementação de políticas de expansão urbana de modo ambientalmente sustentável, incluindo o planejamento e a manutenção de áreas verdes (VIEIRA; BIONDI, 2008).

Nessa discussão, algumas observações tornam-se relevantes em relação ao crescimento populacional nas cidades, como por exemplo, o motivo que pode levar algumas metrópoles contemporâneas mais compactas de modo a apresentarem maiores indicativos de desenvolvimento sustentável, concentrando tecnologia e gerando inovação e conhecimento em seu território. Outros questionamentos também podem ser destacados, como o reestabelecimento dos territórios centrais de cidades sob paradigmas contemporâneos já estabelecidos ou promover o crescimento de modo difuso, gerando a ocupação de áreas distantes e pouco urbanizadas. Sendo necessário de forma geral, que o desenvolvimento urbano, quando estabelecido de forma sustentável determine o desafio de refazer as cidades existentes, criando-as novamente de forma mais inteligente e inclusiva (DETROZ *et. al*., 2014).

Atualmente em muitos locais, distintos usos e ocupações dos solos presentes nos ambientes urbanos são estabelecidos por meio de políticas que privilegiam a proximidade de escritórios, áreas comerciais e residenciais num determinado local. Leite & Awad (2012) observaram que desta forma, que a distância entre o trabalho e a residencia pode ser menor, reduzindo, desta forma, a necessidade de grandes deslocamentos, a dependência do uso do automóvel, o que, diminui a demanda pela infraestrutura de transporte e estacionamentos. Para o estabelecimento de modificações na sustentabilidade do sistema de transporte, o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, (2011) sugere três estratégias: a primeira seria evitar ou reduzir deslocamentos de modo a se estabelecer cidades mais compactas e com uso múltiplo dos solos; a segunda, a adoção de meios de transporte mais sustentáveis, como o transporte público e o uso de bicicletas; e a terceira o aumento da eficiência dos meios de transporte já existentes, de modo a promoven o aprimoramento de veículos e/ou combustíveis mais limpos, reduzindo o consumo de recursos naturais e diminuindo a poluição promovida pela emissão de gases que causam o efeito estufa.

Leite & Awad (2012) também destacam o abastecimento e a distribuição de água como serviços primordiais, sendo a qualidade da água determinante para uso a ser feito dela, não devendo neste sentido, a água potável ter a mesma destinação da não potável, como por exemplo, sendo necessária a distinção da água para lavagem de veículos daquela utilizada para o consumo humano ou para a preparação de alimentos. Assim o monitoramento da destinação das águas permite o aproveitamento de águas usadas, como por exemplo, a água residual de banhos para o sistema de descarga, podendo assim, uma cidade ter um sistema inteligente de captação e de distribuição e reuso de água.

Os avanços industriais e de geração de energia, os veículos automotores e as queimadas são exemplos de atividades antrópicas responsáveis pelas principais introduções de substâncias poluentes à atmosfera, muitas delas tóxicas à saúde humana e responsável por impactos ambientais. Dessa maneira, a qualidade do ar é resultante da interação de fatores dentre os quais se destacam a amplitude das emissões, o relevo e as condições meteorológicas da região, pode ser estes favoráveis ou não à disseminação dos poluentes (MMA, 2017).

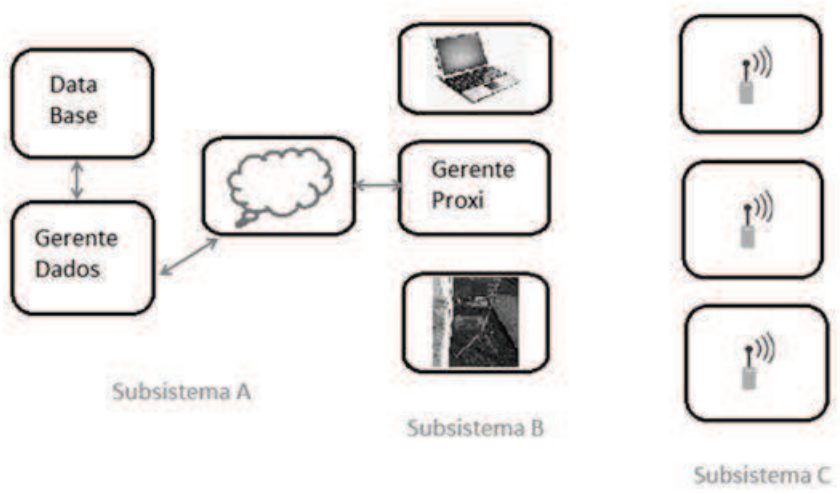
3.3. MONITORAMENTO DE PROCESSOS E AMBIENTES

A Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) pode ser estruturada por um conjunto de transceptores capazes de monitorar os processos e ambientes, assim como controlar os atuadores. Dentre os parâmetros tradicionalmente monitorados estão: a temperatura, a umidade, a pressão, o fluxo, o nível de líquidos, a luminosidade, as vibrações, as voltagens e a concentrações de poluentes. Para seu adequado funcionamento, as redes são compostas por distintas estações de monitoração denominadas nós sensores, que possuem como principal característica, ser pequeno, leve e portátil, sendo indispensável, a presença de um nó sorvedouro e um na central, pois esses promoveram o processamento e tratamento das informações. Cabe destacar, que cada nó sensor deve ser equipado com um transdutor (responsável pela geração do sinal elétrico em efeitos físicos), um microprocessador (capaz de processar e salvar as informações), um transceptor (responsável pelo

recebimento e envio para a central de monitoramento), uma fonte de energia e opcionalmente um atuador (CHAVES, 2016).

Analisando o funcionamento de uma RSSF, segundo Chaves (2016), têm-se o diagrama composto por 3 subsistemas A, B e C, conforme ilustra a Figura 2. Para o subsistema A cabe considerar que o cliente é caracterizado por *databases* e gerentes de rede e dados, possuindo a capacidade de conectar-se com redes do subsistema B, pois requisitam suas informações.

Figura 2: Diagrama de uma RSSF Típica com gerenciamento remoto.

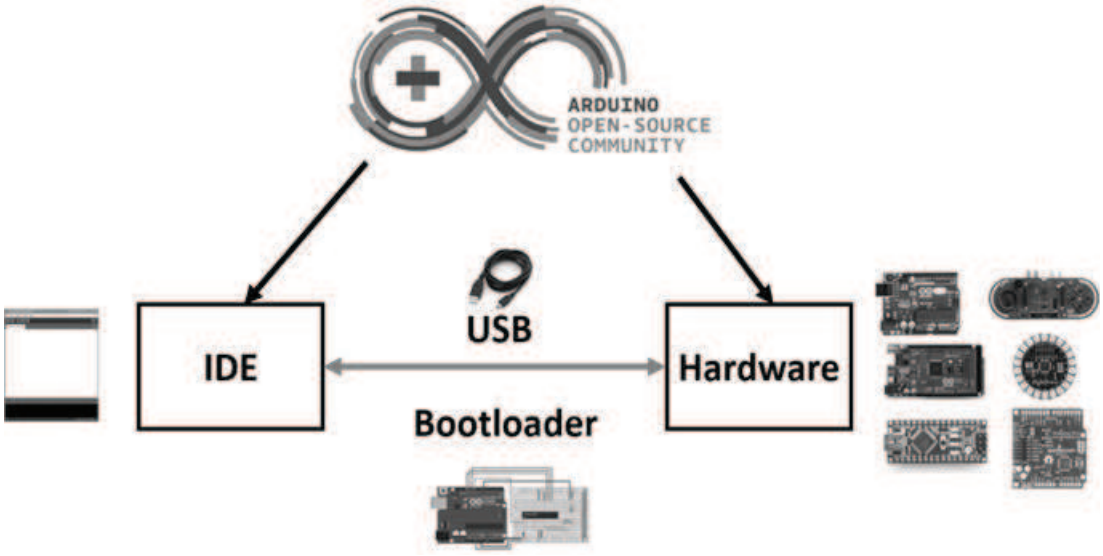


Fonte: CHAVES, 2016.

Nesse contexto, o subsistema B, é composto por um gerente e um *proxy*, que permitem a inserção de uma database nesse nível, assim o gerente realiza a requisição dos dados que estão sendo monitorados e faz a conversão para o protocolo da nuvem (TCP/IP). Associado a um conjunto denominado por computador/transceptor/antena, localizado no sorvedouro e os conjuntos sensores/transceptores/antenas, localizados nos nós sensores. Dependendo da configuração construída, esses conjuntos roteiam os pacotes para os nós sensores do subsistema C. Por fim, o subsistema C é integrado por agentes gerenciados, conjuntos de nós sensores para a comunicação sem fio com os conjuntos do sistema B. O Radiuino (Figura 3), trata-se de uma plataforma *open source* para

criação de redes de sensores sem fio com uma base e um nó sensor, na qual a base estará conectada ao computador por intermédio de um cabo de conexão USB, atuando individualmente nos nós da rede de sensores sem fio (RSSF), por meio de uma rede de topologia estrela (*poolings*). Sendo os nós sensores considerados "entidades" capazes de monitorar grandezas ambientais, tais como: a temperatura, a luminosidade, a umidade, a qualidade do ar e do solo, a pressão, a qualidade do som dentre outros, formando o conceito de gerencia de rede e informações (RADIUINO, 2017).

Figura 3: Representação do Sistema Arduino.



Fonte: Modificado pelo autor, 2017.

Dessa forma, segundo Radiuino (2017), as configurações necessárias são: um pacote de 52 bytes deve conter: 0 a 3 - Bytes de cabeçalho da camada Física; 4 a 7 –> Bytes de cabeçalho da camada MAC; 8 a 11 –> Bytes de cabeçalho da camada de Rede; 12 a 15 –> Bytes de cabeçalho da camada de transporte; 16 a 33 –> Bytes destinados à transmissão de dados dos Conversores Analógico-Digitais e 34 a 51 –> Bytes destinados à transmissão de dados dos I/O's.

Associado ao Radiuino, para a eficácia de um sistema de monitoramento remoto, a associação com sistemas de hardware é necessária, estando dentre as opções disponíveis o computador Raspberry PI, já que esse é um computador desenvolvido pela Raspberry Pi Foudation visando estimular o estudo da ciência da computação e por isso possui componentes que otimizam os custos envolvidos

(aproximadamente 170 reais), apresentam alta eficiência na execução de tarefas e atuam com uma operacional simplificada, devido principalmente ao seu baixo peso (apenas 45 gramas) (PAIVA & MOREIRA, 2014).

Tratando da sua funcionalidade, segundo Paiva & Moreira (2014), o Raspberry Pi não possui disco rígido e sistema operacional, sendo necessário que esses componentes estejam armazenados em um cartão do tipo SD, nem sistema de alimentação interno, o que torna indispensável adquirir um sistema de carregamento alternativo com saída micro-USB . Para isso, o computador possui uma saída de vídeo de alta definição com suporte para monitor de até 2,2 megapixels (HDMI, 1920 × 1200 pixels) e uma saída de vídeo RCA, assim como, duas entradas do tipo USB, uma saída de áudio e uma saída para conectores RJ45 (*Ethernet*) para acesso à internet. Existem também, oito pinos programáveis de GPIO (*general purpose input/output*) responsáveis pela comunicação com sensores, motores ou relés (interruptores controlados por eletricidade) para controle de outros equipamentos. A programação do componente ocorre com suporte ao sistema operacional utilizam o núcleo Linux, permitindo diversas possibilidades de personalização da máquina e de suas funções por intermédio da linguagem de programação *Python* (PAIVA & MOREIRA, 2014).

Python é o nome dado ao software livre, com uma linguagem de programação interpretada, interativa, orientada a objetos e dinâmica, desenvolvida para cálculos científicos e numéricos, capaz de realizar analises de dados, construção e visualização de gráficos, seja ele em 2 ou 3 dimensões (SANTOS, 2010). Analisando historicamente, tem-se que a linguagem de programação *Python* foi criada em 1989 pelo holandês Guido Van Rossum, devido a necessidade de uma linguagem de alto nível para suas atividades no projeto de sistema operacional Amoeba, obtendo assim, em 1991 a versão 1.0 da linguagem *Python* na internet de forma livre, ou seja, gratuita (SANTANA & MARCELINO, 2015).

Dentre as vantagens relacionadas à linguagem *Python*, estão à existência de uma sintaxe simples de fácil e rápida aprendizagem, ter seu acesso livre e assim ser uma ferramenta de código aberto, ser uma linguagem de alto nível e interpretada, gerando maior interatividade entre os usuários, ser potável e orientada a objetos, possuir bibliotecas extensas e assim ser um software extensível e por fim, não

menos importante ter uma estrutura de suporte de excelência, assim como documentações temáticas (PYTHON, 2017).

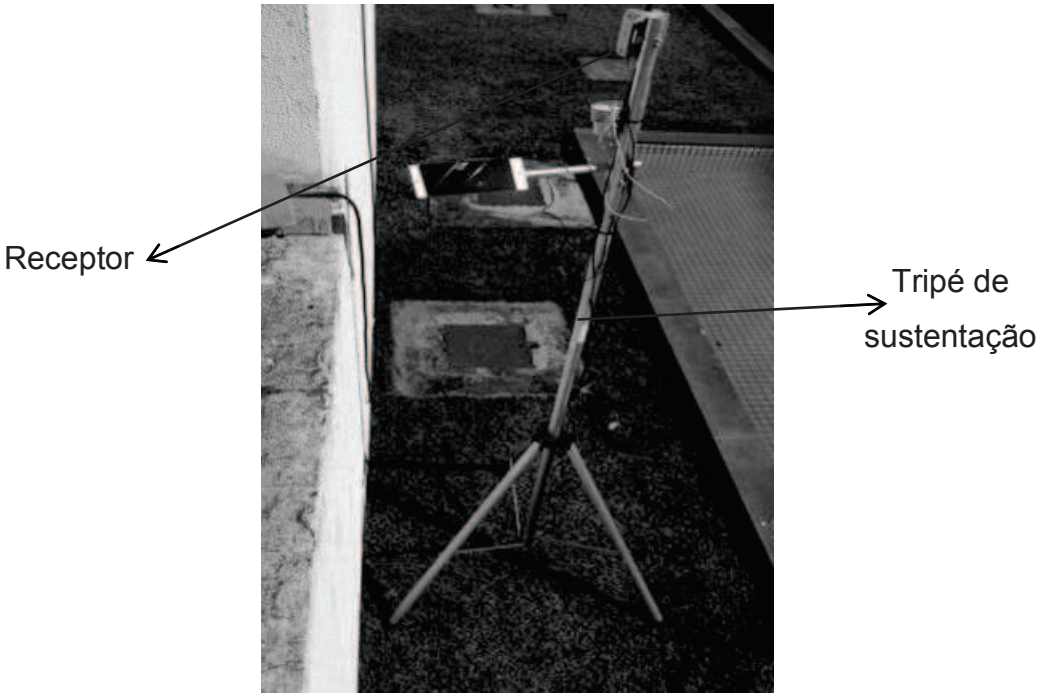
Associado ao Python, a metodologia a ser utilizada contará com o software Zabbix que é uma solução *OpenSource* para monitoramento de *performance* definitiva, capaz de executar o monitoramento avançado (*agentless* - sem agentes, *auto-discovery* - descoberta automática de itens e *low level discovery* - descoberta de métricas), emitir alertas (SMS, e-mail, abertura de chamados em sistemas de helpdesk e ações automáticas – *restart* de serviços) e características visuais diferenciadas. A arquitetura Zabbix e a flexibilidade dos módulos existentes permitem que a ferramenta seja utilizada para o monitoramento convencional (vivo/morto - *on/off*), o acompanhamento de desempenho de aplicações, a análise de experiência de usuário, a análise de causa raiz em ambientes complexos e o armazenamento dos dados, com auxilio de softwares específicos, como por exemplo, MySql (PYTHON, 2017).

Descrevendo o MySQL, tem-se que esse é o banco de dados de código aberto mais utilizado no mundo, graças ao alto desempenho, confiabilidade e facilidade de uso, tanto para aplicativos baseados na Web (Facebook, Twitter, YouTube, etc) quanto para aplicações mais simples por ser distribuído por milhares de ISVs e OEMs (MySQL, 2017).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para o monitoramento remoto em tempo real dos parâmetros ambientais: temperatura e umidade realizado nesse trabalho foi construído pelo grupo de pesquisa de Sistemas de Telecomunicações e Informática - Gestão de Redes e Serviços da PUC-Campinas, uma estação de sensoriamento remoto, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4: Torre de sensoriamento remoto em escala piloto.

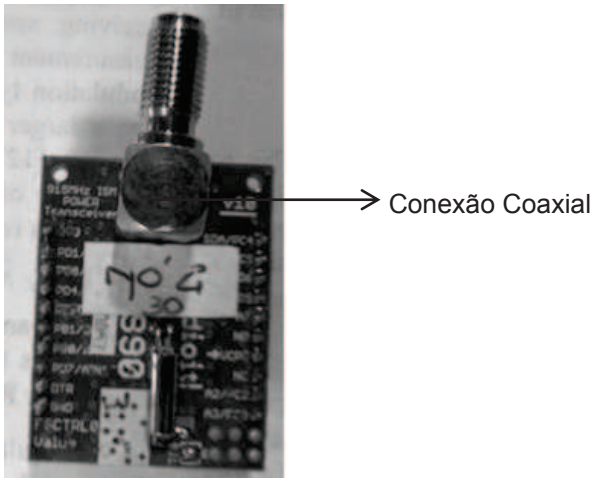


Fonte: Autor, 2017.

A torre de sensoriamento remoto foi construída a partir da integração de uma plataforma de baixo custo Radiuino (software e hardware aberto) que utiliza pacotes com 52 bytes, integrado a um firmware para os módulos usando o ambiente de desenvolvimento integrado de *software (Integrated Development Environment*, IDE) do próprio Radiuino, associada a aplicações para monitoração dos parâmetros criadas em Python versão 2.6.

O transceptor utilizado foi o módulo rádio BE990, que segundo CHAVES (2016), apresenta as seguintes dimensões 32.0 mm x 24.4 mm x 1.5 mm, como ilustrado na Figura 5.

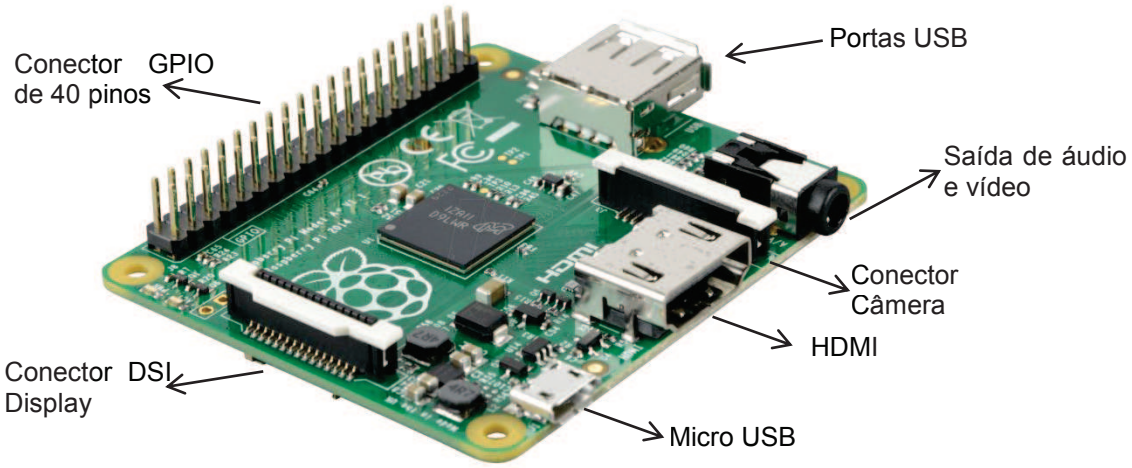
Figura 5: Módulo BE990.



Fonte: Chaves, 2016.

Sua operação ocorre na banda ISM de 915 MHz e utiliza a modulação FSK, cuja taxa de transmissão foi configurada como 38.38 kbps. Cabe destacar, que foi selecionado o BE990, pois esse está registrado na Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), segundo os pré-requisitos da regulamentação de eletrônicos, além de trazer em seu conjunto um micro controlador Atmega 328, um amplificador RF Texas CC1190 e um transceptor CC1101 [datasheet], que permitiu que a comunicação interna fosse realizada por um computador de placa única - Raspeberry (Figura 6) responsável pela leitura dos dados a partir do uso de linguagem de programação do *software* Python, associado ao software Zabbix que atua na recepção, armazenamento e exposição dos dados coletados, possibilitando a criação de alertas de 'e-mail, assim como reações para problemas em servidores.

Figura 6: Raspberry PI.



Fonte: Autor, 2017.

Nos nós sensores, o módulo foi instalado na placa de desenvolvimento DK 104, pois essa possui um regulador de tensão que atua com fontes de energia entre 5V e 14V. Para os testes realizados, os nós sensores foram alimentados pela rede elétrica da área em estudo (PUC Campinas).

Entretanto, a placa DK 104 não possui saída serial USB, como mencionado por Chaves (2016) e por isso não pode ser instalado no nó sorvedouro, tendo sido instalado nesse o módulo UartSBee que acompanha uma saída mini USB.

Visando a leitura dos parâmetros temperatura e umidade atmosférica foi adicionada a torre de sensoriamento remoto, um sensor de medição do modelo DHT11 (*Digital Humidity and Temperature Sensor*), capaz de realizar leituras automáticas a cada 12 segundos e o envio dos dados coletados instantaneamente ao *notebook* central de controle, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7: Ilustração do funcionamento do sensor digital DHT11.



FONTE: PONTE, 2013.

Ademais, é importante destacar que o DHT11 é um sensor de temperatura e umidade, que permite a mensuração de temperaturas de 0 a 50 graus Celsius e umidade compreendida em meio à faixa de 20 a 90% (ARDUINO E CIA, 2013). Isso devido à existência de um componente medidor de umidade e um componente NTC (*negative temperature coeficient*) para a mensuração da temperatura, onde ambos encontram-se diretamente conectados a um controlador energético de 8-bits (FLOP, 2013).

Visando identificar a consistência dos dados obtidos com a torre de sensoriamento construído, foi realizada a leitura dos parâmetros temperatura e

umidade atmosférica no período de 17 a 24 de outubro de 2017 nas dependências internas da Pontifícia Universidade Católica de Campinas/SP. Este foi instalado na região verde próximas aos laboratórios e a um espelho d´água artificial (Figura 8), no qual ocorre a circulação constante de pessoas, porém de forma que o equipamento mantivesse seguro e estável.

Figura 8: Área verde no interior do Campus I da PUC Campinas.



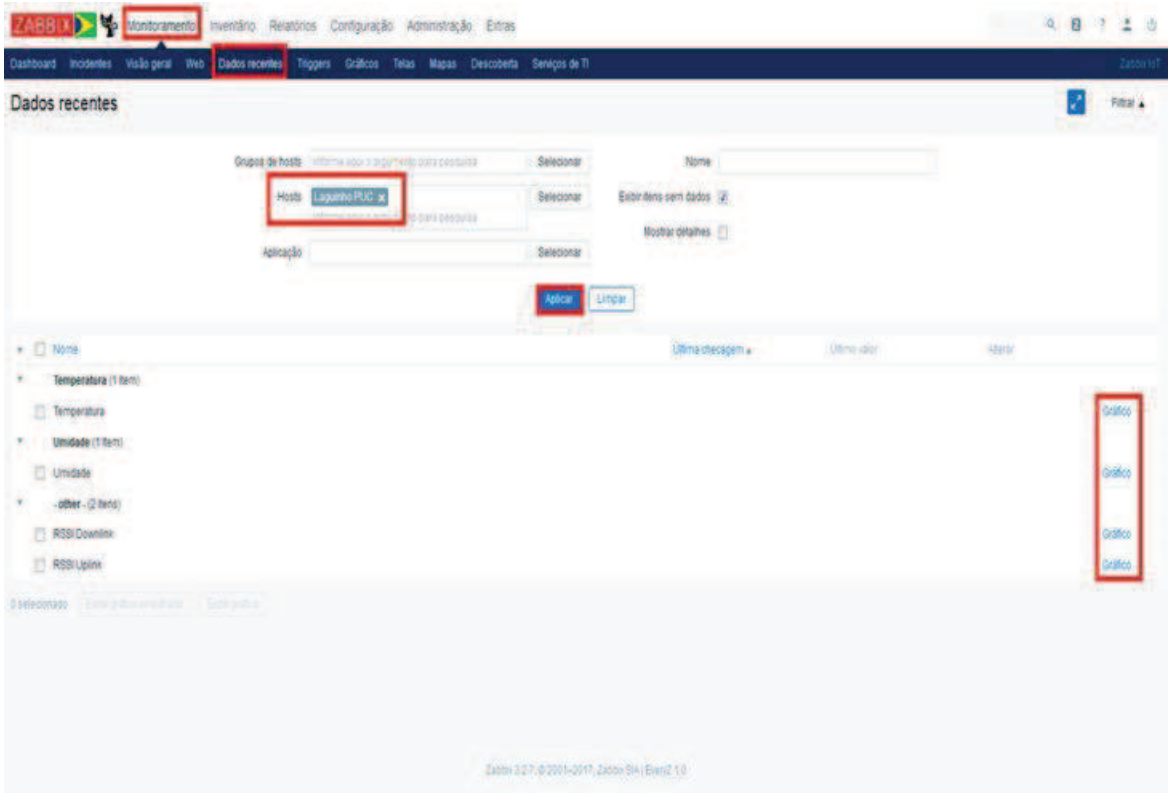
Fonte: Autor, 2017.

4.1. COLETA E ARMAZENAMENTO DOS DADOS

Após as leituras realizadas, os dados foram acessados na plataforma Zabbix (figura 9), a partir do *login* e senha gerada para maior segurança das informações. Nessa interfase, as informações referentes ao monitoramento dos dados recentes foram acessadas (destaque em vermelho – Figura 8). Nesse campo, foram inseridos os *hosts* “Espelho d´agua da CT (centro de Tecnologia) no CEATEC na PUC Campinas” para realizar o filtro das leituras relativas a essa pesquisa. Após a

aplicação do filtro, foram disponibilizados os dados brutos obtidos para os parâmetros em estudo (temperatura e umidade) e os gráficos comportamentais.

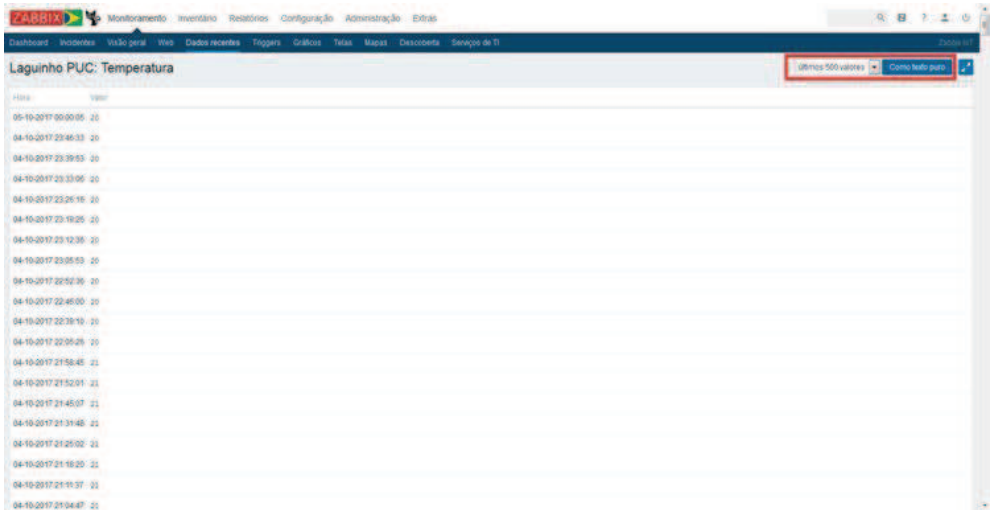
Figura 9: Interfase Zabbix de acesso aos dados coletados.



Fonte: Autor, 2017.

Ao selecionar o parâmetro temperatura foi aberta a tela (Figura 10), com o horário, dia e valor encontrado para cada leitura, demostrando que essa ocorreu a cada 12 minutos do período de teste. A interfase possui a opção de seleção apenas dos últimos 500 valores obtidos em formato de texto puro (destaque em vermelho), o que facilita a relação com outros softwares de análises de dados, como por exemplo, Microsoft Excel.

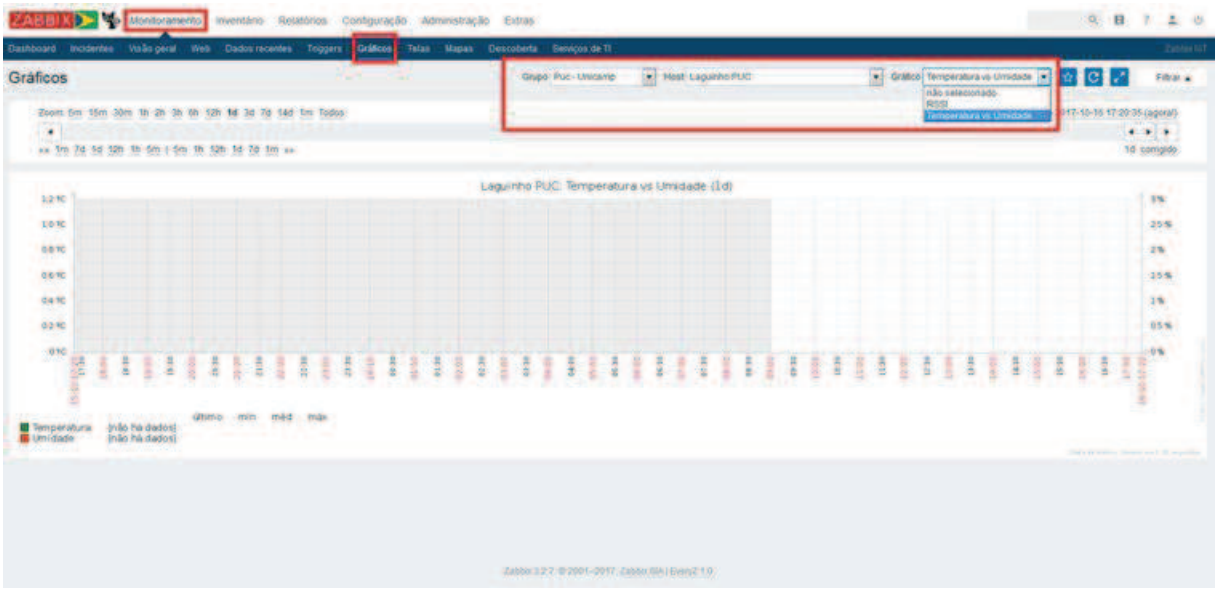
Figura 10: Dados de temperatura coletados para o período de teste.



Fonte: Autor, 2017.

Ao acessar o campo “Gráficos”, foi acessado o filtro Grupo: PUC – Unicamp, hosts: Laguinho PUC, Gráfico: Temperatura vs Umidade (Figura 11).

Figura 11: Ambiente gráfico da plataforma Zabbix.



Fonte: Autor, 2017.

4.2. ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise dos dados obtidos foi realizada a estatística descritiva, identificando o número de dados diários, a soma dos dados, a média horária, o desvio padrão do período, os valores máximos e mínimos, a amplitude (máx.-min), o

ponto médio, a mediana, moda e o coeficiente de variância. Essa análise foi realizada utilizando-se o software excel.

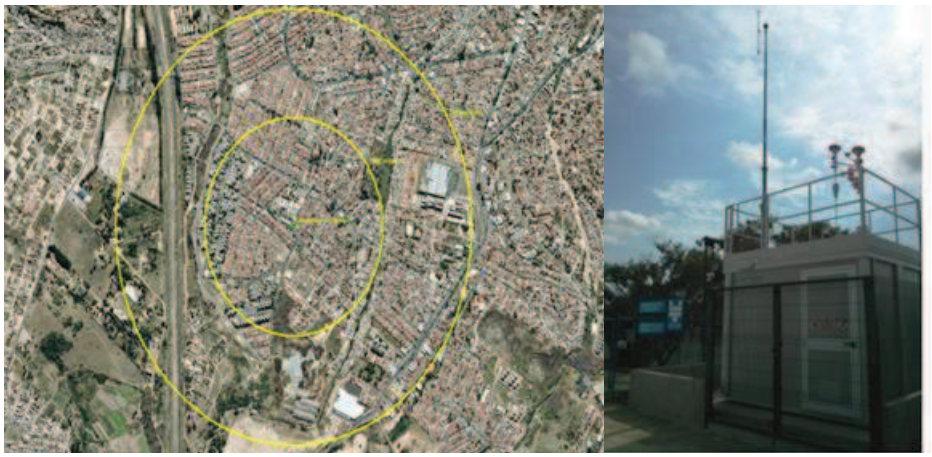
Posteriormente, visando identificar a consistência dos dados obtidos, esses foram comparados aos valores gerados pela rede de monitoramento da CETESB, para os parâmetros temperatura e umidade do ar, entre os dias 17 e 24 de outubro de 2017, disponíveis na plataforma QUALAR, responsável pelo sistema de informações da qualidade do ar, das localidades taquaral, sob a Avenida Doutor Heitor Penteado, S/N, Portão 5, Jd N S Auxiliadora, Campinas, fuso 23 K (Lat: 7468884, Long 288767) (Figura 12) e Vila União, precisamente, na Rua Graciliano Ramos, Alt97, Prq Res Vl União, Campinas (Figura 13), no município de Campinas foco do estudo.

Figura 12: Estação de monitoramento da CETESB – Campinas/ Taquaral.



Fonte: CETESB, 2017.

Figura 13: Estação de monitoramento da CETESB – Campinas/ Vila União.



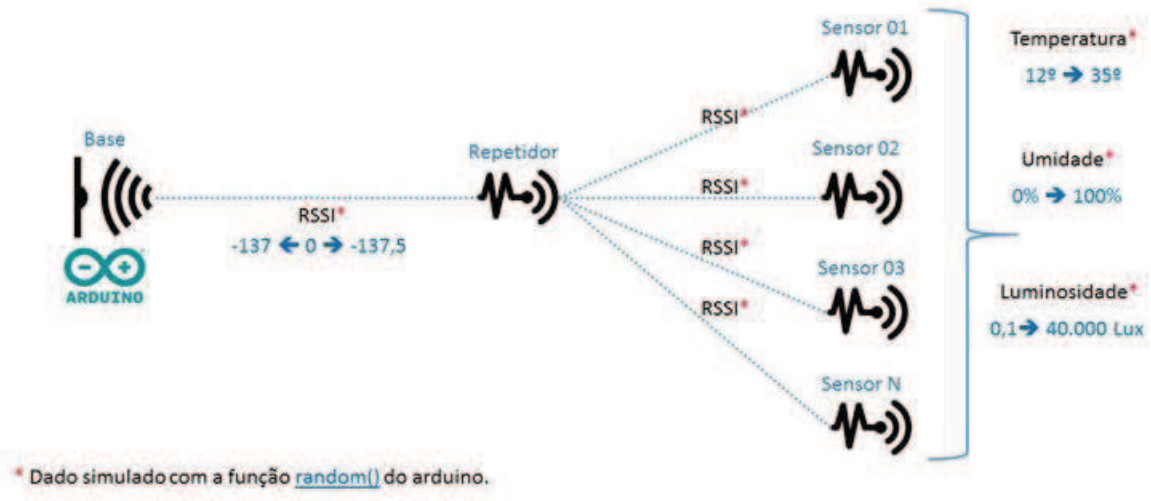
Fonte: CETESB, 2017.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ESTRUTURAÇÃO DO MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA COLETA DE DADOS EM TEMPO REAL

A partir da metodologia descrita, o sistema de monitoramento ambiental para a tomada de dados em tempo real, foi implantado seguindo a esquematização demonstrada na Figura 14, onde o sistema radiuino emitiu um sinal para um repetidor que repassou as RSSIs para os sensores dispostos nos locais de coleta, esses podem captar distintos parâmetros.

Figura 14: Esquema da emulação do Radiuino



Fonte: RADIUINO, 2017.

Os dados coletados podem ser consultados em tempo real, com auxílio da plataforma Zabbix (Figura 15 e 16), analisando a flutuação dos dados em estudo e a identificação de falhas ou extremos.

Figura 15: Interfase gráfica do Zabbix.



Fonte: Autor, 2017.

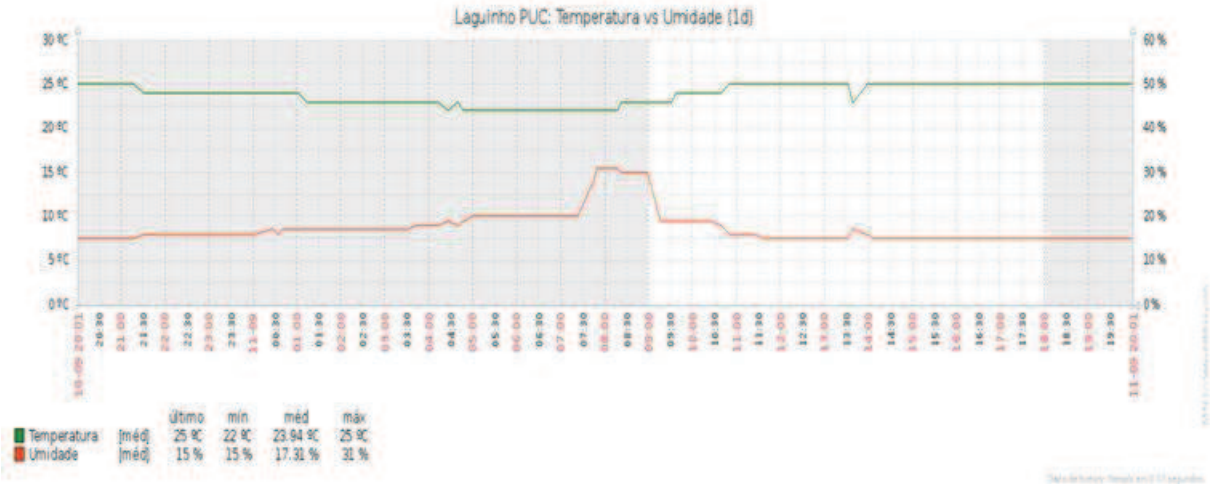
Figura 16: Interfase gráfica do Zabbix para monitoramento remoto.



Fonte: Autor, 2017.

Os parâmetros testados foram temperatura e umidade (Figura 17), porém o sistema comporta sensor de luminosidade, partículas inaláveis (MP10), partículas inaláveis finas (MP2,5), fumaça (FMC), ozônio (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2) e dióxido de enxofre (SO_2).

Figura 17: Comportamento gráfico dos dados coletados para temperatura.



Fonte: Autor, 2017.

Nesse contexto, um possível sensor a ser instalado na rede de monitoramento é o sensor da série GMT220 para a medição do parâmetro CO_2, pois esse permite a captação de dados em ambientes severos e húmidos, fornece várias alternativas em intervalos de medição desde ppm até percentagem e possui a disponibilidade de conter uma sonda integrada ou remota. Assim como, o sensor MQ-2, capaz de realizar a medição de inflamáveis e fumaça, tais como, concentrações de gases combustíveis (GLP, Metano, Propano, Butano, Hidrogênio, Álcool, Gás Natural) e fumaça no ar. Ou ainda, o sensor MQ-7 para a detecção do gás Monóxido de Carbono CO. Cabe destacar, que todos os sensores mencionados como possíveis aplicações permitem a integração com componentes para conexão remota como o Arduino e o Raspberry PI.

5.2. Análise dos dados obtidos

Após as leituras, os dados obtidos foram extraídos para arquivos *.txt* para cada horário de cada dia em estudo. Esses dados foram analisados na plataforma Microsoft Excel, sendo a estatística descritiva dos dados de temperatura do ar diários apresentada nas Tabelas 1 a 8 e dados de umidade do ar diários nas Tabelas 9 a 16.

Analisando os dados obtidos no dia 17/10/2017 (Tabela 1) foi possível perceber uma possui elevação progressiva na temperatura do ar até as 15:00 horas e posteriormente queda. No entanto, cabe destacar que o período entre 15:00 e 16:00 horas foi o que apresentou maior amplitude dos dados, demonstrando uma possível instabilidade na temperatura do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para as 10:00. 13:00, 15:00 e 16:00 horas, novamente, observou-se baixa homogeneidade para os dados coletados no período correspondente as 15:00 e 16:00 horas, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 1: Estatística descritiva dos dados obtidos para temperatura do ar (^{o}C) no dia 17/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
09:00	152	23.99	25.60	22.70	2.90	0.76	0.58
10:00	150	28.67	34.50	25.60	8.90	3.19	10.19
11:00	146	34.68	37.30	30.90	6.40	1.50	2.25
12:00	150	34.30	38.80	29.90	8.90	2.83	8.00
13:00	150	37.24	41.60	31.90	9.70	3.44	11.81
14:00	149	42.65	44.30	38.90	5.40	1.19	1.42
15:00	146	41.91	45.90	32.10	13.80	3.92	15.40
16:00	147	37.83	44.60	31.10	13.50	4.66	21.70
17:00	151	32.37	33.50	30.80	2.70	0.69	0.48
18:00	146	29.73	31.40	27.60	3.80	1.19	1.41
19:00	150	26.73	27.60	26.40	1.20	0.27	0.07
20:00	151	25.79	26.30	25.50	0.80	0.26	0.07
21:00	151	25.13	25.50	24.80	0.70	0.26	0.07
22:00	150	24.51	25.00	23.90	1.10	0.38	0.14
23:00	150	23.31	23.80	22.90	0.90	0.27	0.07

Fonte: Autor, 2017.

Analisando os dados coletados no dia 18/10/2017 (Tabela 2) foi possível perceber que a temperatura com um único valor máximo, possuindo elevação até as 15:00 horas e posteriormente queda, conforme observado de forma similar em Andrade (2017). No entanto, cabe destacar que o período correspondente a 13:00, 15:00 e 19:00 horas foram os que apresentaram maior amplitude dos dados no decorrer do tempo, devido, provavelmente a uma instabilidade na coleta onde

obteve-se leituras com temperaturas iguais a 0^{o}C para no período, demonstrando um possível erro na leitura realizada, apresentando para esse período um maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para as 10:00. 13:00, 15:00, 17:00 e 19:00 horas, ou seja, indica baixa homogeneidade para os dados coletados no período, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 2: Estatística descritiva dos dados obtidos para temperatura do ar (^{o}C) no dia 18/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	150.00	22.53	22.80	22.30	0.50	0.14	0.02
01:00	148.00	21.85	22.30	21.60	0.70	0.18	0.03
02:00	152.00	21.31	21.50	21.10	0.40	0.13	0.02
03:00	149.00	20.83	21.10	20.60	0.50	0.14	0.02
04:00	150.00	20.48	20.70	20.30	0.40	0.09	0.01
05:00	150.00	20.25	20.30	20.20	0.10	0.05	0.00
06:00	151.00	19.98	20.20	19.90	0.30	0.11	0.01
07:00	150.00	20.88	22.10	19.90	2.20	0.67	0.44
08:00	151.00	23.46	25.00	22.10	2.90	0.84	0.70
09:00	149.00	26.08	27.10	24.30	2.80	0.85	0.72
10:00	150.00	30.52	36.30	27.00	9.30	3.55	12.61
11:00	150.00	36.83	38.10	34.00	4.10	0.98	0.97
12:00	151.00	38.35	39.10	37.30	1.80	0.49	0.24
13:00	151.00	39.22	42.20	**0.00**	42.20	3.37	11.34
14:00	5.00	42.38	44.20	41.10	3.10	1.62	2.62
15:00	150.00	42.98	47.80	**0.00**	47.80	5.14	26.38
16:00	149.00	45.62	47.00	38.40	8.60	1.41	1.99
17:00	149.00	35.95	46.60	32.60	14.00	4.23	17.88
18:00	148.00	30.86	32.60	29.30	3.30	0.94	0.88
19:00	148.00	29.30	31.00	0.00	31.00	2.57	6.62
21:00	148.00	27.24	30.20	0.00	30.20	2.67	7.11
22:00	151.00	25.75	26.20	25.50	0.70	0.21	0.04
23:00	148.00	25.20	25.50	24.70	0.80	0.24	0.06

Fonte: Autor, 2017.

De forma similar aos dados obtidos em dias anteriores, no dia 19/10/2017, de forma similar, foi possível perceber que a temperatura com um único valor máximo, possuindo elevação até as 15:00 horas e posteriormente queda (Tabela 3),

conforme observado tendência observada em Andrade (2017). No entanto, cabe destacar que o período correspondente a 10:00, 15:00 e 17:00 horas foram os que apresentaram maior amplitude dos dados no decorrer da hora, demonstrando uma possível instabilidade na temperatura do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para o período entre 13:00 e 17:00, ou seja, indica baixa homogeneidade para os dados coletados no período, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 3: Estatística descritiva dos dados obtidos para temperatura do ar (^{o}C) no dia 19/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	149.00	24.58	24.70	24.40	0.30	0.08	0.01
01:00	146.00	24.19	24.50	23.70	0.80	0.27	0.07
02:00	149.00	23.54	23.70	23.40	0.30	0.09	0.01
03:00	148.00	23.21	23.40	23.00	0.40	0.13	0.02
04:00	149.00	22.99	23.30	22.80	0.50	0.18	0.03
05:00	147.00	22.08	22.80	21.50	1.30	0.35	0.12
06:00	145.00	21.24	21.50	21.00	0.50	0.18	0.03
07:00	147.00	22.17	23.70	21.20	2.50	0.72	0.52
08:00	145.00	24.66	25.80	23.60	2.20	0.74	0.55
09:00	136.00	27.09	28.80	25.70	3.10	0.82	0.67
10:00	92.00	30.68	36.50	28.00	8.50	2.60	6.78
11:00	83.00	37.73	39.60	36.00	3.60	0.81	0.66
12:00	78.00	38.50	40.20	36.10	4.10	0.83	0.69
13:00	77.00	41.48	43.40	39.40	4.00	1.10	1.21
14:00	53.00	42.31	45.10	38.20	6.90	1.54	2.36
15:00	59.00	43.45	46.80	38.30	8.50	2.05	4.19
16:00	16.00	43.21	45.40	39.90	5.50	1.59	2.54
17:00	145.00	35.02	42.40	33.10	9.30	2.30	5.28
18:00	152.00	32.46	34.10	30.20	3.90	1.20	1.44
19:00	144.00	28.90	30.30	28.10	2.20	0.59	0.35
20:00	153.00	28.26	28.80	27.90	0.90	0.33	0.11
21:00	149.00	28.57	29.00	27.50	1.50	0.30	0.09
22:00	151.00	25.70	27.40	24.90	2.50	0.69	0.48
23:00	152.00	24.30	24.90	23.70	1.20	0.32	0.10

Fonte: Autor, 2017.

Analisando os dados obtidos no dia 20/10/2017 (Tabela 4) foi possível perceber que esse apresentou erro na leitura, com uma interrupção as 4:00 am, devido a queda de fornecimento de energia elétrica no ponto de coleta (PUC Campinas), o que culminou no impedimento do armazenamento dos demais dados coletados. No entanto, cabe destacar que o período não apresenta amplitude, desvio padrão ou variância significativa.

Tabela 4: Estatística descritiva dos dados obtidos para temperatura (^{o}C) do ar no dia 20/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio Padrão	Variância
00:00	149.00	23.23	23.70	23.00	0.70	0.22	0.05
01:00	148.00	22.95	23.10	22.90	0.20	0.05	0.00
02:00	148.00	22.55	22.90	22.40	0.50	0.13	0.02
03:00	147.00	22.42	22.60	22.30	0.30	0.10	0.01
04:00	13.00	22.60	22.60	22.60	0.00	0.00	0.00

Fonte: Autor, 2017.

Analisando os dados obtidos no dia 21/10/2017 (Tabela 5) foi possível perceber também que a temperatura apresentou-se um único valor máximo, possuindo elevação até as 15:00 horas e posteriormente queda, possuindo elevação até as 15:00 horas e posteriormente queda. No entanto, cabe destacar que o período entre as 11:00 e 13:00 horas foram os que apresentaram maior amplitude dos dados no decorrer da hora, demonstrando uma possível instabilidade na temperatura do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para o período entre 11:00 e 13:00 horas, ou seja, indica baixa homogeneidade para os dados coletados no período, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 5: Estatística descritiva dos dados obtidos para temperatura do ar (°C) no dia 21/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	98.00	21.17	21.40	21.00	0.40	0.10	0.01
01:00	124.00	20.92	21.10	20.80	0.30	0.09	0.01
02:00	147.00	21.00	21.10	20.90	0.20	0.08	0.01
03:00	148.00	20.77	20.90	20.70	0.20	0.06	0.00
04:00	148.00	20.75	20.90	20.70	0.20	0.06	0.00
05:00	148.00	21.08	21.20	20.90	0.30	0.10	0.01
06:00	151.00	21.25	21.40	21.20	0.20	0.05	0.00
07:00	150.00	22.11	22.70	21.50	1.20	0.30	0.09
08:00	148.00	23.16	24.00	22.60	1.40	0.38	0.14
09:00	144.00	25.43	26.80	24.00	2.80	0.79	0.62
10:00	148.00	26.58	27.40	25.30	2.10	0.55	0.30
11:00	150.00	29.27	32.60	26.30	6.30	1.91	3.66
12:00	149.00	28.70	32.50	26.90	5.60	1.48	2.18
13:00	151.00	31.17	34.20	28.10	6.10	1.52	2.32
14:00	148.00	27.28	29.80	26.60	3.20	0.81	0.65
15:00	148.00	26.92	28.00	26.30	1.70	0.53	0.29
16:00	148.00	26.92	28.00	26.30	1.70	0.53	0.29
17:00	148.00	27.42	27.70	27.20	0.50	0.15	0.02
18:00	152.00	26.34	27.30	25.10	2.20	0.59	0.35
19:00	150.00	24.64	25.20	24.40	0.80	0.18	0.03
20:00	150.00	24.12	24.50	23.80	0.70	0.19	0.04
21:00	148.00	23.74	24.10	23.50	0.60	0.13	0.02
22:00	150.00	23.58	23.70	23.40	0.30	0.10	0.01
23:00	148.00	23.80	24.00	23.50	0.50	0.12	0.01

Fonte: Autor, 2017.

Analisando os dados obtidos no dia 22/10/2017 (Tabela 6) foi possível perceber também que a temperatura apresentou-se um único valor máximo, possuindo elevação até as 15:00 horas e posteriormente queda, conforme observado de forma similar em Andrade (2017). Comportamento similar ao identificado em outras medições. No entanto, cabe destacar que o período correspondente a 13:00 e 14:00 horas foram os que apresentaram maior amplitude dos dados no decorrer da hora, demonstrando uma possível instabilidade na temperatura do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade nos

horários diários medidos, ou seja, indica homogeneidade para os dados coletados no período.

Tabela 6: Estatística descritiva dos dados obtidos para temperatura do ar (^{o}C) no dia 22/10/2017

Hora	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	148.00	23.08	23.80	22.50	1.30	0.50	0.25
01:00	149.00	22.30	22.80	21.80	1.00	0.39	0.15
02:00	150.00	22.23	22.40	21.80	0.60	0.18	0.03
03:00	149.00	22.26	22.40	22.20	0.20	0.06	0.00
04:00	150.00	21.20	22.20	20.70	1.50	0.47	0.22
05:00	148.00	20.58	20.90	20.20	0.70	0.22	0.05
06:00	151.00	20.10	20.20	20.00	0.20	0.07	0.00
07:00	151.00	20.23	20.70	20.00	0.70	0.22	0.05
08:00	152.00	21.16	21.40	20.70	0.70	0.17	0.03
09:00	152.00	21.71	22.10	21.00	1.10	0.33	0.11
10:00	149.00	21.69	22.30	21.20	1.10	0.32	0.10
11:00	149.00	22.02	23.10	21.20	1.90	0.65	0.42
12:00	149.00	22.09	23.10	21.60	1.50	0.35	0.12
13:00	147.00	24.47	27.90	22.90	5.00	1.49	2.21
14:00	151.00	22.93	24.00	22.00	2.00	0.71	0.51
15:00	149.00	21.77	22.30	21.30	1.00	0.28	0.08
16:00	147.00	21.46	21.80	21.00	0.80	0.21	0.04
17:00	149.00	20.78	21.10	20.60	0.50	0.09	0.01
18:00	146.00	20.43	20.70	20.30	0.40	0.07	0.01
19:00	146.00	20.35	20.40	20.20	0.20	0.06	0.00
20:00	148.00	20.24	20.40	20.00	0.40	0.08	0.01
21:00	150.00	19.75	20.00	19.50	0.50	0.14	0.02
22:00	147.00	19.40	19.60	19.10	0.50	0.13	0.02
23:00	149.00	19.11	19.20	19.00	0.20	0.08	0.01

Fonte: Autor, 2017.

Analisando os dados obtidos no dia 23/10/2017 (Tabela 7) foi possível perceber uma elevação até as 15:00 horas e posteriormente queda. No entanto, cabe destacar que o período entre as 13:00 e 15:00 horas foram os que apresentaram maior amplitude dos dados, demonstrando uma possível instabilidade na temperatura do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para o período entre 13:00 e 15:00 h, ou

seja, indica baixa homogeneidade para os dados coletados no período, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 7: Estatística descritiva dos dados obtidos para temperatura do ar (^{o}C) no dia 23/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	151.00	19.01	19.10	18.90	0.20	0.05	0.00
01:00	148.00	18.93	19.00	18.80	0.20	0.05	0.00
02:00	149.00	18.73	18.90	18.50	0.40	0.12	0.01
03:00	152.00	18.61	18.70	18.50	0.20	0.06	0.00
04:00	150.00	18.49	18.60	18.30	0.30	0.10	0.01
05:00	148.00	18.35	18.40	18.30	0.10	0.05	0.00
06:00	150.00	18.48	19.00	18.30	0.70	0.20	0.04
07:00	150.00	19.33	19.80	18.90	0.90	0.23	0.05
08:00	149.00	20.23	20.80	19.80	1.00	0.26	0.07
09:00	150.00	21.49	22.10	20.80	1.30	0.38	0.15
10:00	151.00	22.87	23.80	21.80	2.00	0.59	0.35
11:00	148.00	25.06	25.60	23.70	1.90	0.49	0.24
12:00	150.00	24.07	25.00	23.00	2.00	0.64	0.41
13:00	147.00	25.58	30.90	23.00	7.90	2.28	5.19
14:00	151.00	27.54	30.60	24.60	6.00	1.49	2.22
15:00	150.00	27.91	31.40	24.10	7.30	2.03	4.11
16:00	151.00	22.55	23.90	21.50	2.40	0.50	0.25
17:00	150.00	21.75	22.60	20.80	1.80	0.34	0.12
18:00	148.00	19.63	20.70	19.00	1.70	0.40	0.16
19:00	153.00	18.51	19.00	18.30	0.70	0.20	0.04
20:00	149.00	18.05	18.30	17.80	0.50	0.15	0.02
21:00	150.00	17.53	17.80	17.20	0.60	0.17	0.03
22:00	147.00	16.83	17.30	16.60	0.70	0.18	0.03
23:00	151.00	16.72	16.90	16.40	0.50	0.10	0.01

Fonte: Autor, 2017.

Analisando a estatística descritiva do dia 24/10/2017 (Tabela 8) foi possível perceber que esse apresentou erro na leitura, com uma interrupção as 10:00 am que impediu o armazenamento dos demais dados coletados. No entanto, cabe destacar que o período apresenta amplitude, desvio padrão e variância significativa elevadas para o horário das 10:00, podendo estar relacionada ao fator de bloqueio da coleta de dados.

Tabela 8: Estatística descritiva dos dados obtidos para temperatura do ar (^{o}C) no dia 24/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	150.00	16.13	16.40	16.00	0.40	0.12	0.02
01:00	150.00	15.85	16.00	15.70	0.30	0.08	0.01
02:00	148.00	15.82	15.90	15.70	0.20	0.04	0.00
03:00	149.00	15.50	15.80	15.30	0.50	0.16	0.03
04:00	147.00	15.37	15.50	15.20	0.30	0.05	0.00
05:00	146.00	15.17	15.30	15.10	0.20	0.05	0.00
06:00	149.00	15.22	15.50	15.10	0.40	0.13	0.02
07:00	149.00	16.37	17.50	15.50	2.00	0.58	0.34
08:00	152.00	18.78	20.40	17.50	2.90	0.83	0.69
09:00	152.00	21.29	22.50	20.30	2.20	0.72	0.52
10:00	118.00	24.86	29.80	22.50	7.30	2.51	6.29

Fonte: Autor, 2017.

Nas Tabelas de 9 a 16 foram apresentados os resultados obtidos na estatística descritiva para umidade do ar no período de 17 a 24/10/2017. Analisando os dados obtidos dia 17/10/2017 (Tabela 9) foi possível perceber uma diminuição até as 15:00 horas e posteriormente um retorno a elevação. No entanto, cabe destacar que o período correspondente as 10:00, 15:00, 13:00 e 12:00 horas, respectivamente, foram os que apresentaram maior amplitude dos dados, demonstrando uma possível instabilidade na umidade do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para o período entre 10:00, 12:00, 13:00, 15:00, 16:00 e 18:00 horas, ou seja, indica baixa homogeneidade para os dados coletados no período, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 9: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar (%) no dia 17/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
09:00	152	66.54	69.9	61.2	8.7	2.05	4.20
10:00	150	53.64	61.5	40	21.5	7.66	58.63
11:00	146	39.55	46	34.9	11.1	2.48	6.16
12:00	150	40.74	49	33.1	15.9	4.76	22.65
13:00	150	35.96	45.2	28.9	16.3	5.14	26.41
14:00	149	27.36	32.8	23.9	8.9	2.21	4.86
15:00	146	25.91	39.4	19.9	19.5	4.90	24.01
16:00	147	30.47	40.7	22.7	18	5.79	33.47
17:00	151	38.48	42.1	35.8	6.3	1.61	2.60
18:00	146	43.81	49.8	39.4	10.4	3.17	10.03
19:00	150	53.35	57	48.7	8.3	1.68	2.82
20:00	151	56.68	58.2	54	4.2	0.78	0.61
21:00	151	58.40	60.2	56.6	3.6	0.93	0.86
22:00	150	62.81	67.5	58.8	8.7	2.85	8.13
23:00	150	69.55	71.5	67.2	4.3	1.09	1.18

Fonte: Autor, 2017.

Analisando os dados obtidos no dia 18/10/2017 (Tabela 10) é possível observar uma diminuição até as 16:00 horas e posteriormente elevação. No entanto, cabe destacar que o período correspondente as 10:00, 13:00, 15:00, 19:00 e 21:00 horas, foram os que apresentaram maior amplitude dos dados no decorrer da hora, demonstrando uma possível instabilidade na umidade do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para o período entre 10:00, 15:00, 17:00, 19:00 e 21:00 horas, ou seja, indica baixa homogeneidade para os dados coletados no período, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 10: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar (%) obtidos em leitura no dia 18/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	150.00	72.65	73.70	71.30	2.40	0.56	0.31
01:00	148.00	75.05	75.90	73.60	2.30	0.51	0.26
02:00	152.00	76.02	76.40	75.60	0.80	0.21	0.04
03:00	149.00	76.50	76.90	76.10	0.80	0.19	0.03
04:00	150.00	76.79	77.10	76.50	0.60	0.13	0.02
05:00	150.00	76.13	77.00	75.10	1.90	0.52	0.27
06:00	151.00	76.25	77.60	75.20	2.40	0.58	0.34
07:00	150.00	72.33	75.50	68.40	7.10	2.20	4.82
08:00	151.00	64.14	68.80	60.20	8.60	2.29	5.22
09:00	149.00	57.18	62.10	53.30	8.80	2.55	6.49
10:00	150.00	46.68	54.80	34.80	20.00	7.21	52.04
11:00	150.00	34.51	38.90	31.90	7.00	1.50	2.24
12:00	151.00	31.77	35.00	29.40	5.60	1.01	1.01
13:00	151.00	29.88	33.10	0.00	33.10	2.86	8.19
14:00	5.00	26.00	27.50	24.00	3.50	1.79	3.20
15:00	150.00	24.04	32.60	0.00	32.60	5.32	28.34
16:00	149.00	20.32	27.10	18.10	9.00	1.53	2.35
17:00	149.00	30.04	36.00	18.90	17.10	4.81	23.11
18:00	148.00	38.15	42.10	34.20	7.90	1.97	3.89
19:00	148.00	40.73	44.50	0.00	44.50	3.92	15.33
21:00	148.00	46.38	50.60	0.00	50.60	5.39	29.07
22:00	151.00	51.11	52.20	49.90	2.30	0.49	0.24
23:00	148.00	51.49	52.80	50.50	2.30	0.47	0.22

Fonte: Autor, 2017.

Analisando os dados obtidos dia 19/10/2017 (Tabela 11) foi possível perceber uma diminuição até as 16:00 horas e posteriormente retorna a elevar. No entanto, cabe destacar que o período correspondente as 10:00, 17:00, 21:00 e 22:00 horas, foram os que apresentaram maior amplitude dos dados no decorrer da hora, demonstrando uma possível instabilidade na umidade do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para o período entre 10:00, 21:00 e 22:00 horas, ou seja, indica baixa homogeneidade para os dados coletados no período, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 1: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar (%) no dia 19/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	149.00	50.69	52.60	48.20	4.40	1.10	1.20
01:00	146.00	48.38	50.00	47.20	2.80	0.57	0.33
02:00	149.00	49.26	50.40	48.20	2.20	0.46	0.21
03:00	148.00	49.59	50.60	48.50	2.10	0.39	0.15
04:00	149.00	49.34	51.00	48.10	2.90	0.63	0.39
05:00	147.00	52.20	55.90	49.90	6.00	1.32	1.73
06:00	145.00	55.95	58.00	53.50	4.50	1.36	1.86
07:00	147.00	54.54	57.50	50.80	6.70	1.67	2.80
08:00	145.00	49.39	51.90	46.70	5.20	1.35	1.83
09:00	136.00	43.72	47.70	39.80	7.90	2.02	4.07
10:00	92.00	37.08	42.40	27.70	14.70	4.14	17.11
11:00	83.00	26.84	29.40	24.10	5.30	1.16	1.34
12:00	78.00	26.63	29.90	24.30	5.60	1.28	1.63
13:00	77.00	23.65	27.20	19.90	7.30	1.91	3.65
14:00	53.00	20.63	24.50	17.90	6.60	1.50	2.26
15:00	59.00	19.74	24.70	17.10	7.60	1.59	2.52
16:00	16.00	19.49	23.10	17.60	5.50	1.52	2.30
17:00	145.00	26.48	29.30	19.10	10.20	2.24	5.02
18:00	152.00	29.64	34.20	27.10	7.10	1.94	3.76
19:00	144.00	36.51	41.50	33.30	8.20	1.72	2.97
20:00	153.00	38.24	40.90	34.90	6.00	1.76	3.11
21:00	149.00	39.20	51.50	36.00	15.50	3.49	12.21
22:00	151.00	61.08	64.80	52.00	12.80	3.34	11.15
23:00	152.00‘	67.26	69.10	64.60	4.50	1.41	2.00

Fonte: Autor, 2017.

Analisando a estatística descritiva do dia 20/10/2017 (Tabela 12) foi possível perceber que esse apresentou erro na leitura, com uma interrupção as 4:00 h que impediu o armazenamento dos demais dados coletados. No entanto, cabe destacar que o período não apresenta amplitude, desvio padrão ou variância significativa.

Tabela 12: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar (%) no dia 20/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	149.00	69.52	71.00	66.80	4.20	1.15	1.33
01:00	148.00	66.54	67.00	66.10	0.90	0.24	0.06
02:00	148.00	66.71	67.10	66.00	1.10	0.21	0.05

03:00	147.00	66.12	67.10	64.60	2.50	0.74	0.54
04:00	13.00	64.72	65.00	64.50	0.50	0.16	0.03

Fonte: Autor, 2017.

Analisando os dados obtidos no dia 21/10/2017 (Tabela 13) foi possível perceber diminuição até as 13:00 horas e posteriormente retorna a elevar. No entanto, cabe destacar que o período entre as 11:00 e 13:00 horas, foram os que apresentaram maior amplitude dos dados no decorrer da hora, demonstrando uma possível instabilidade na umidade do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para o período correspondente as 11:00 e 13:00 horas, ou seja, indica baixa homogeneidade para os dados coletados no período, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 13: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar **(%)** no dia 21/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	98.00	78.31	79.00	77.10	1.90	0.57	0.32
01:00	124.00	78.97	79.60	78.20	1.40	0.44	0.19
02:00	147.00	77.35	79.10	76.00	3.10	0.86	0.74
03:00	148.00	78.64	79.60	77.80	1.80	0.49	0.24
04:00	148.00	78.78	79.80	76.90	2.90	0.81	0.65
05:00	148.00	74.84	77.10	72.90	4.20	1.18	1.40
06:00	151.00	71.66	73.30	69.10	4.20	0.99	0.99
07:00	150.00	66.49	69.60	65.10	4.50	1.05	1.10
08:00	148.00	66.79	68.30	65.10	3.20	0.86	0.75
09:00	144.00	62.82	66.50	59.00	7.50	2.05	4.20
10:00	148.00	59.63	63.20	57.10	6.10	1.63	2.65
11:00	150.00	53.22	60.80	45.20	15.60	4.84	23.47
12:00	149.00	52.65	57.10	45.10	12.00	3.02	9.11
13:00	151.00	44.94	52.40	40.10	12.30	3.28	10.75
14:00	148.00	53.54	56.60	46.70	9.90	2.70	7.30
15:00	148.00	55.61	58.70	52.50	6.20	1.70	2.88
16:00	148.00	55.61	58.70	52.50	6.20	1.70	2.88
17:00	148.00	52.44	53.50	51.10	2.40	0.47	0.22
18:00	152.00	56.09	60.20	53.10	7.10	1.81	3.28
19:00	150.00	62.30	65.40	58.90	6.50	1.83	3.33
20:00	150.00	67.68	69.90	64.70	5.20	1.71	2.91
21:00	148.00	70.84	71.90	69.10	2.80	0.56	0.31

22:00	150.00	68.75	71.60	67.20	4.40	1.54	2.37
23:00	148.00	66.45	68.40	64.90	3.50	0.82	0.68

Fonte: Autor, 2017.

Analisando a estatística descritiva do dia 22/10/2017 (Tabela 14) foi possível perceber que a umidade apresenta pico as 07:00 e as 16:00 horas, seguido por crescimento. No entanto, cabe destacar que o período correspondente as 04:00 e as 13:00 horas, foram os que apresentaram maior amplitude dos dados no decorrer da hora, demonstrando uma possível instabilidade na umidade do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para o período das 04:00 e as 13:00 horas, ou seja, indica baixa homogeneidade para os dados coletados no período, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 14: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar (%)no dia 22/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	148.00	72.55	76.40	66.50	9.90	3.79	14.33
01:00	149.00	76.46	79.00	74.20	4.80	1.46	2.12
02:00	150.00	73.40	77.70	70.40	7.30	2.27	5.16
03:00	149.00	73.02	74.00	71.20	2.80	0.71	0.50
04:00	150.00	80.24	84.40	73.70	10.70	3.22	10.39
05:00	148.00	86.29	89.00	83.80	5.20	1.55	2.40
06:00	151.00	89.81	90.90	88.90	2.00	0.57	0.33
07:00	151.00	91.26	91.90	89.80	2.10	0.56	0.32
08:00	152.00	88.22	89.90	87.10	2.80	0.69	0.48
09:00	152.00	86.89	88.80	85.70	3.10	0.81	0.65
10:00	149.00	89.00	91.30	85.90	5.40	1.79	3.22
11:00	149.00	89.45	91.50	85.90	5.60	1.72	2.94
12:00	149.00	88.64	90.40	86.50	3.90	1.03	1.06
13:00	147.00	80.45	86.60	70.20	16.40	4.86	23.58
14:00	151.00	84.62	86.90	81.10	5.80	1.70	2.91
15:00	149.00	89.87	91.30	86.00	5.30	1.50	2.26
16:00	147.00	91.60	93.40	90.30	3.10	0.99	0.97
17:00	149.00	94.90	95.60	93.50	2.10	0.65	0.42
18:00	146.00	95.55	95.80	95.20	0.60	0.16	0.03
19:00	146.00	95.87	96.20	95.70	0.50	0.15	0.02
20:00	148.00	96.01	96.30	95.70	0.60	0.14	0.02

21:00	150.00	95.83	96.30	95.50	0.80	0.20	0.04
22:00	147.00	96.43	96.70	96.10	0.60	0.19	0.04
23:00	149.00	95.84	96.40	94.90	1.50	0.33	0.11

Fonte: Autor, 2017.

Analisando a estatística descritiva do dia 23/10/2017 (Tabela 15) foi possível perceber uma diminuição até as 15:00 horas e posteriormente retorno a elevação. No entanto, cabe destacar que o período correspondente as 10:00, 15:00, 13:00 e 12:00 horas, respectivamente, foram os que apresentaram maior amplitude dos dados no decorrer da hora, demonstrando uma possível instabilidade na umidade do ar ou da leitura realizada, sendo assim também esse o período de maior desvio padrão. Nota-se que a variância dos dados, apresenta estabilidade na maioria dos horários medidos, exceto para o período entre 10:00, 12:00, 13:00, 15:00, 16:00 e 18:00 horas, ou seja, indica baixa homogeneidade para os dados coletados no período, necessitando assim estudo quanto a possibilidade de influências locais na leitura dos dados.

Tabela 15: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar (%) no dia 23/10/2017

Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	151.00	95.00	95.40	94.40	1.00	0.23	0.06
01:00	148.00	95.23	95.80	94.40	1.40	0.43	0.18
02:00	149.00	95.84	96.30	95.00	1.30	0.35	0.13
03:00	152.00	95.56	96.20	95.00	1.20	0.34	0.12
04:00	150.00	95.70	96.00	95.10	0.90	0.25	0.06
05:00	148.00	94.83	95.10	94.50	0.60	0.18	0.03
06:00	150.00	94.06	94.70	92.70	2.00	0.66	0.44
07:00	150.00	91.14	92.70	89.10	3.60	0.93	0.86
08:00	149.00	85.44	89.60	78.90	10.70	3.18	10.09
09:00	150.00	75.46	79.90	72.50	7.40	1.80	3.25
10:00	151.00	69.35	74.00	64.00	10.00	3.09	9.56
11:00	148.00	60.69	64.40	58.70	5.70	1.36	1.85
12:00	150.00	63.49	67.00	60.80	6.20	1.83	3.34
13:00	147.00	58.72	66.40	45.50	20.90	6.27	39.29
14:00	151.00	51.78	59.20	45.00	14.20	3.46	11.96
15:00	150.00	50.55	60.30	43.30	17.00	4.61	21.26
16:00	151.00	64.44	67.50	60.30	7.20	1.38	1.92
17:00	150.00	66.43	68.80	63.50	5.30	1.16	1.34
18:00	148.00	73.01	74.90	69.10	5.80	1.24	1.54
19:00	153.00	76.54	77.40	74.60	2.80	0.71	0.51
20:00	149.00	77.17	77.80	76.70	1.10	0.23	0.05

21:00	150.00	78.09	79.20	77.40	1.80	0.43	0.18
22:00	147.00	80.47	81.40	78.80	2.60	0.73	0.53
23:00	151.00	81.05	81.90	80.40	1.50	0.36	0.13

Fonte: Autor, 2017.

Analisando a estatística descritiva do dia 20/10/2017 (Tabela 16) foi possível perceber que esse apresentou erro na leitura, com uma interrupção as 10:00 h que impediu o armazenamento dos demais dados coletados. No entanto, cabe destacar que o período apresenta amplitude, desvio padrão e variância significativa elevadas para o horário das 10:00 h, podendo estar relacionada ao fator de bloqueio da coleta de dados, de modo similar as observações anteriores.

Tabela 16: Estatística descritiva dos dados de umidade do ar (%) no dia 24/10/2017

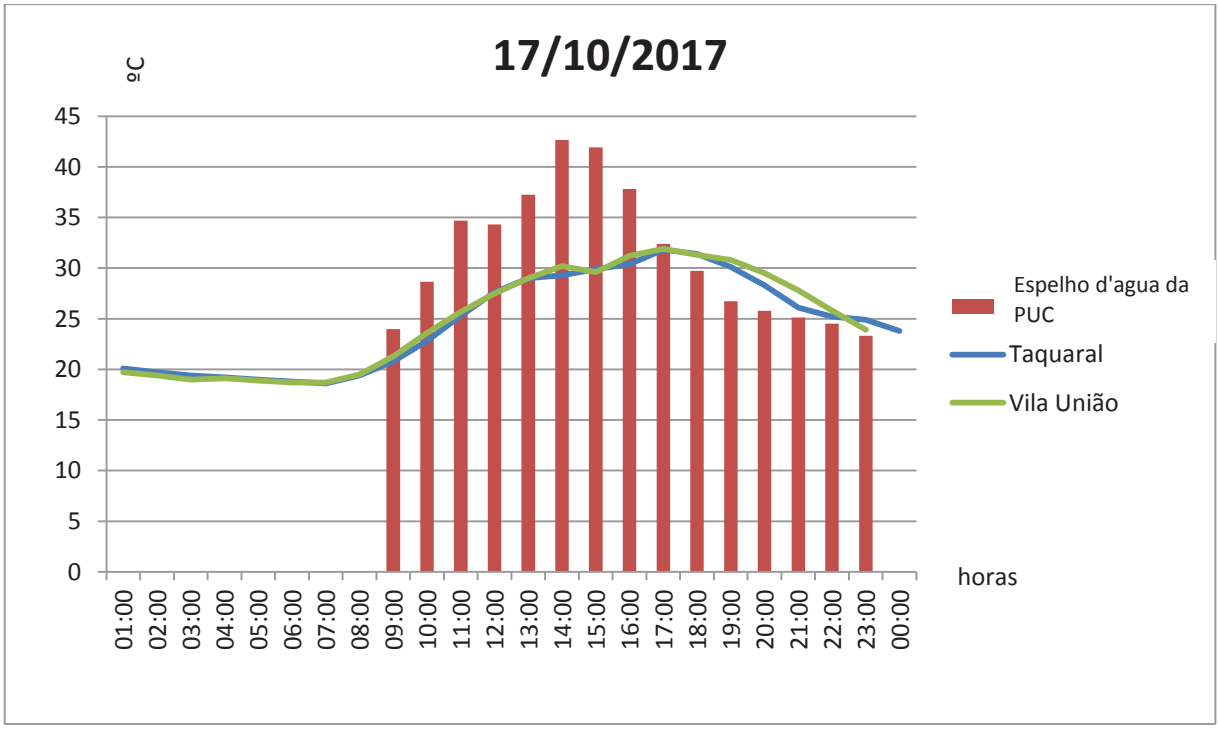
Hora (h)	Número de dados	Média aritmética	Máximo	Mínimo	Amplitude	Desvio padrão	Variância
00:00	150.00	83.10	83.70	82.00	1.70	0.38	0.15
01:00	150.00	83.76	84.60	83.00	1.60	0.38	0.15
02:00	148.00	84.00	84.70	83.60	1.10	0.19	0.04
03:00	149.00	85.32	86.20	83.90	2.30	0.74	0.55
04:00	147.00	86.26	87.10	85.90	1.20	0.27	0.07
05:00	146.00	87.70	88.20	87.10	1.10	0.30	0.09
06:00	149.00	88.08	88.50	87.20	1.30	0.35	0.12
07:00	149.00	84.52	87.30	80.70	6.60	1.82	3.31
08:00	152.00	76.76	80.70	71.60	9.10	2.54	6.45
09:00	152.00	69.55	71.90	66.40	5.50	1.74	3.04
10:00	118.00	60.72	67.20	47.60	19.60	6.56	43.06

Fonte: Autor, 2017.

5.2.1. ESTUDO COMPARATIVO DA TEMPERATURA DO AR EM AMBIENTES URBANOS.

Após o estudo comparativo com os dados horários da CETESB foram gerados gráficos na plataforma Microsoft Excel para cada dia em estudo (Figura 18 a 25), buscando ilustrar o comportamento dos dados de temperatura e auxiliar a identificação das características da área de estudo, promovendo assim a validação dos dados obtidos.

Figura 18: Temperatura do ar (°C) obtida para os ambientes urbanos em 17/10/2017.

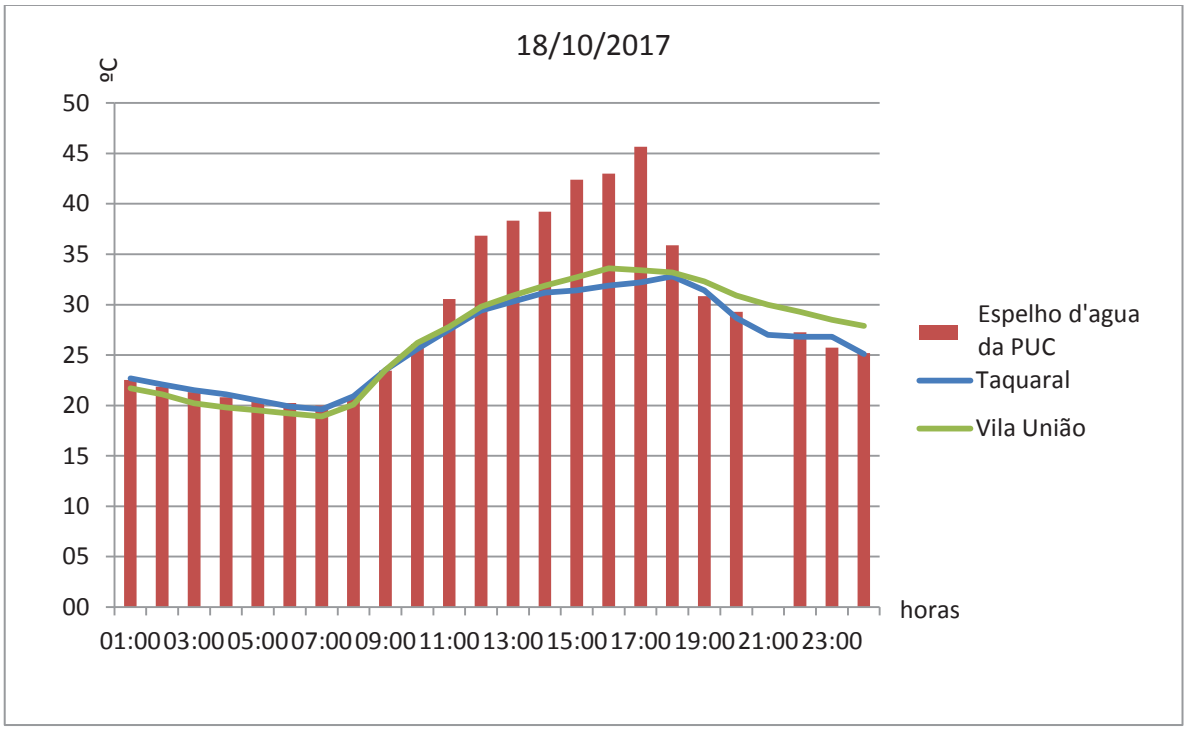


Fonte: Autor, 2017.

Pela análise comparativa entre os dados obtidos para umidade e temperatura do ar nos ambientes urbanos analisados (área verde da PUC-sendor/sensor, Taquaral e Vila União/ CETESB) para o no o 17/10/2017 (Figura 17) foi possível perceber que a temperatura dos dados coletados (Espelho d'agua da PUC) forma uma concavidade voltada para baixo, com único valor máximo, conforme resultado apresentado em Pacheco (2017), como mencionado

anteriormente, conforme observado na Figura 10. No entanto, cabe destacar que o período entre as 09:00 e 16:00 horas, os valores obtidos foram superiores aos encontrados tanto para ambientes com uma cobertura vegetal mais intensa nas proximidades, como é o caso da estação do Taquaral quanto para ambientes urbanos, como é o caso da Vila União, demonstrando uma possível instabilidade na temperatura do ar ou da leitura realizada. Nota-se, entretanto que os valores do período entre as 18:00 e 23:00 horas foram inferiores aos obtidos nos dois ambientes.

Figura 19: Temperatura do ar (°C) obtida para os ambientes urbanos em 18/10/2017.

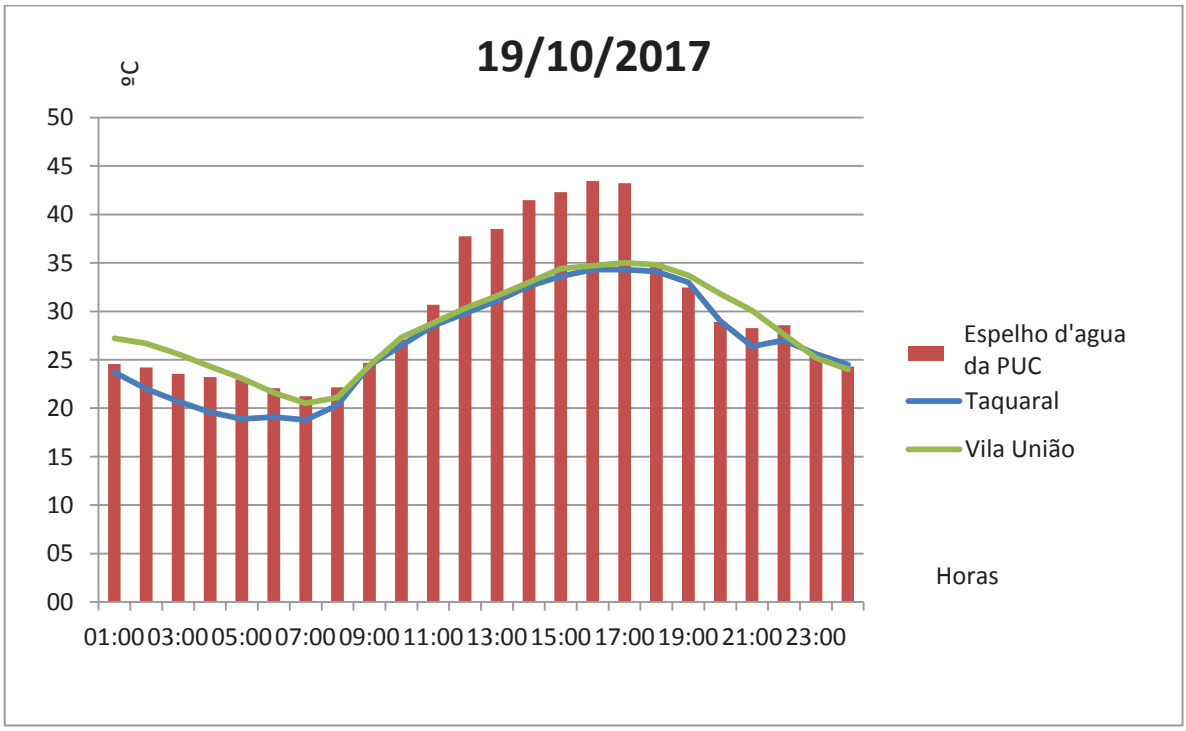


Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 18/10/2017 (Figura 19) foi possível perceber que a temperatura dos dados coletados (área verde na PUC – Campinas/sensor) forma uma concavidade voltada para baixo, com único valor máximo, de acordo com resultados obtidos em Andrade (2017), como mencionado anteriormente. No entanto, cabe destacar que o período entre as 11:00 e 18:00 horas, os valores obtidos foram superiores aos encontrados tanto para ambientes de caráter verde (Taquaral) quanto para ambientes urbanos (Vila União),

demonstrando uma possível instabilidade na temperatura do ar ou da leitura realizada. Nota-se, entretanto que os valores do período entre as 01:00 e 10:00 horas, assim como para o período entre as 19:00 e 24:00 horas foram inferiores aos obtidos nos dois ambientes. Por fim, devido a um erro de leitura não é possível analisar os dados referentes às 21:00 h.

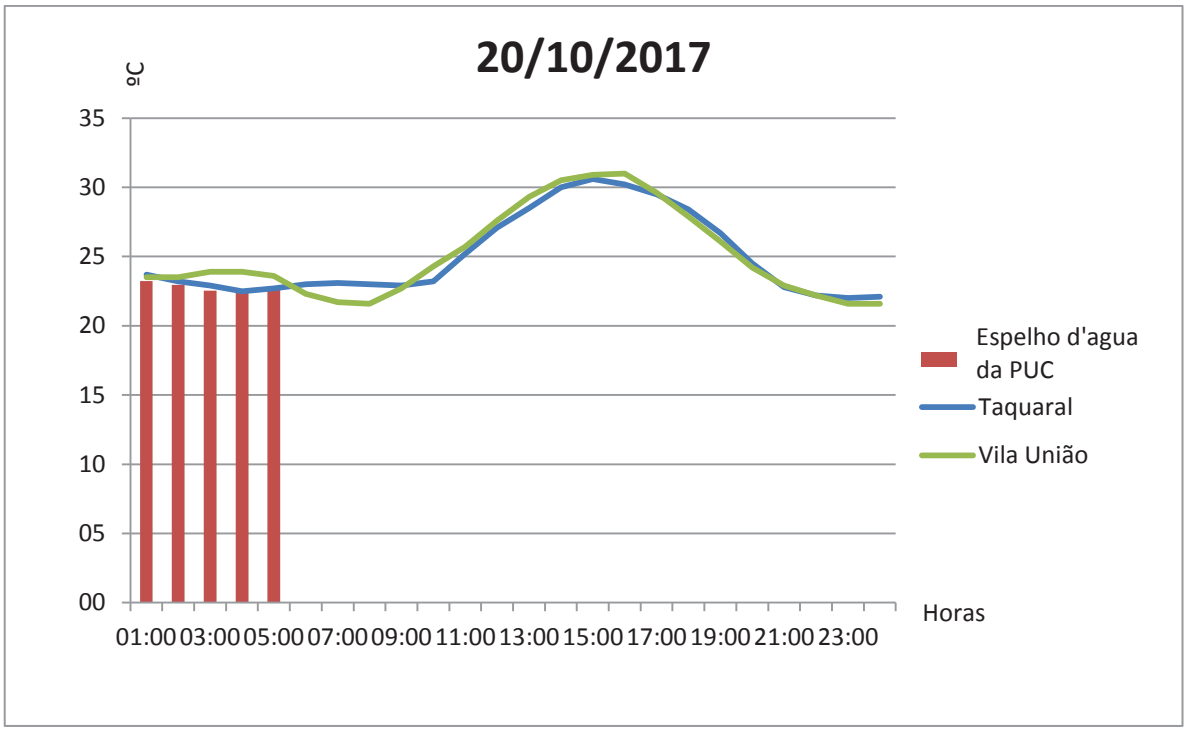
Figura 20: Temperatura do ar (°C) obtida para os ambientes urbanos em 19/10/2017.



Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 19/10/2017 (Figura 20) foi possível perceber que a temperatura dos dados coletados (Espelho d'agua da PUC) forma uma concavidade voltada para baixo, com único valor máximo Emmanuel e Johansson (2006), como mencionado anteriormente. No entanto, cabe destacar que o período entre as 11:00 e 17:00 horas, os valores obtidos foram superiores aos encontrados tanto para ambientes de caráter verde (Taquaral) quanto para ambientes urbanos (Vila União), demonstrando uma possível instabilidade na temperatura do ar ou da leitura realizada. Nota-se, entretanto que os valores do período entre as 01:00 e 10:00 horas, assim como para o período entre as 19:00 e 24:00 horas foram inferiores aos obtidos nos dois ambientes.

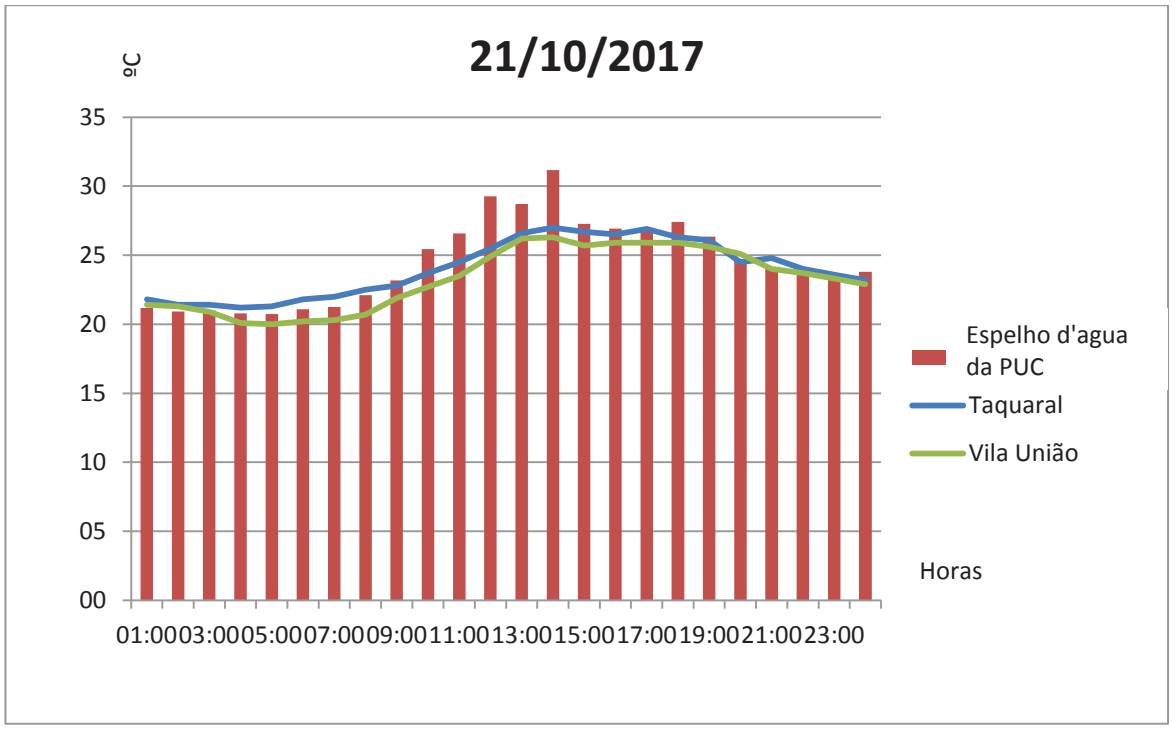
Figura 21: Temperatura do ar (°C) obtida para os ambientes urbanos em 20/10/2017.



Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 20/10/2017 é possível perceber que a temperatura dos dados coletados (Espelho d'agua da PUC) apresentou valores inferiores para os dois ambientes em estudo para o período entre as 01:00 e 04:00 disponível.

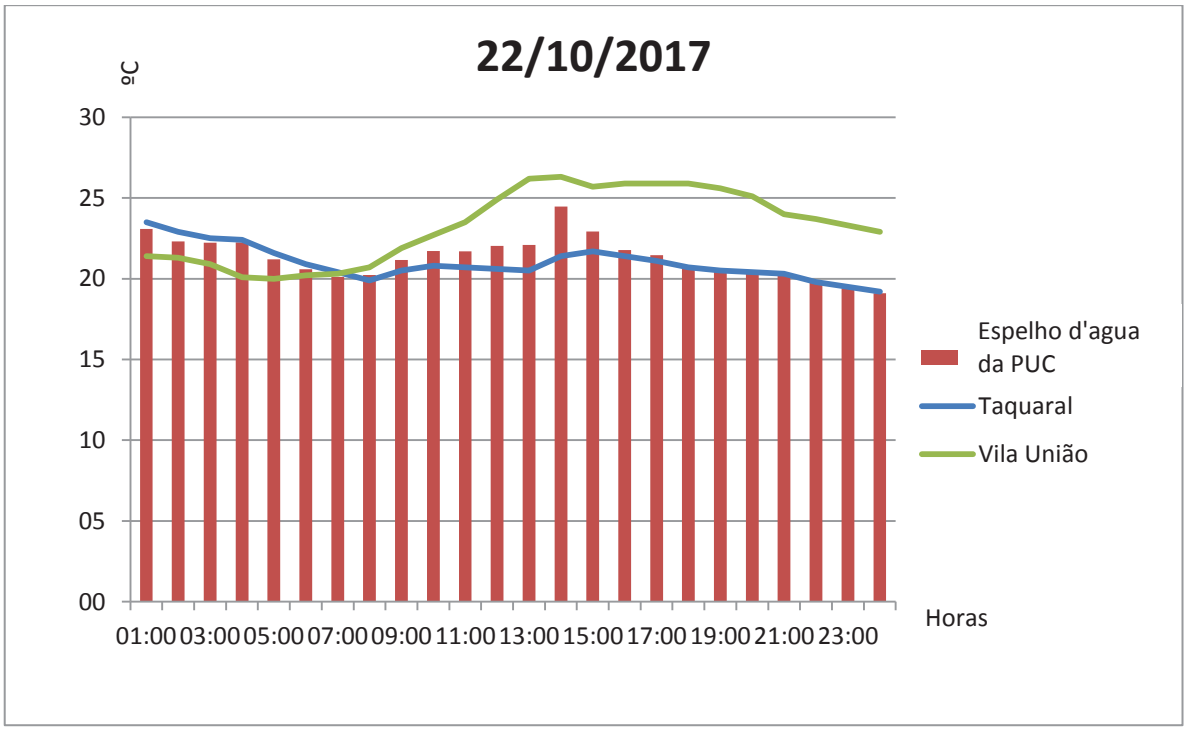
Figura 22: Temperatura do ar (°C) obtida para os ambientes urbanos em 21/10/2017.



Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 21/10/2017 (Figura 21) foi possível perceber que a temperatura dos dados coletados (área verde da PUC-Campinas/sensor) forma uma concavidade voltada para baixo, com único valor máximo de acordo com resultados observados por Vara-Vela (2017), como mencionado anteriormente. No entanto, cabe destacar que o período entre as 10:00 e 14:00 horas, assim como posteriormente as 18:00 horas, os valores obtidos foram superiores aos encontrados tanto para ambientes de caráter verde (Taquaral) quanto para ambientes urbanos (Vila União), demonstrando uma possível instabilidade na temperatura do ar ou da leitura realizada. Nota-se, entretanto que os valores do período entre as 01:00 e 09:00 horas, assim como para o período entre as 15:00 e 17:00 horas, assim como entre 19:00 as 24:00 horas foram inferiores aos obtidos nos dois ambientes.

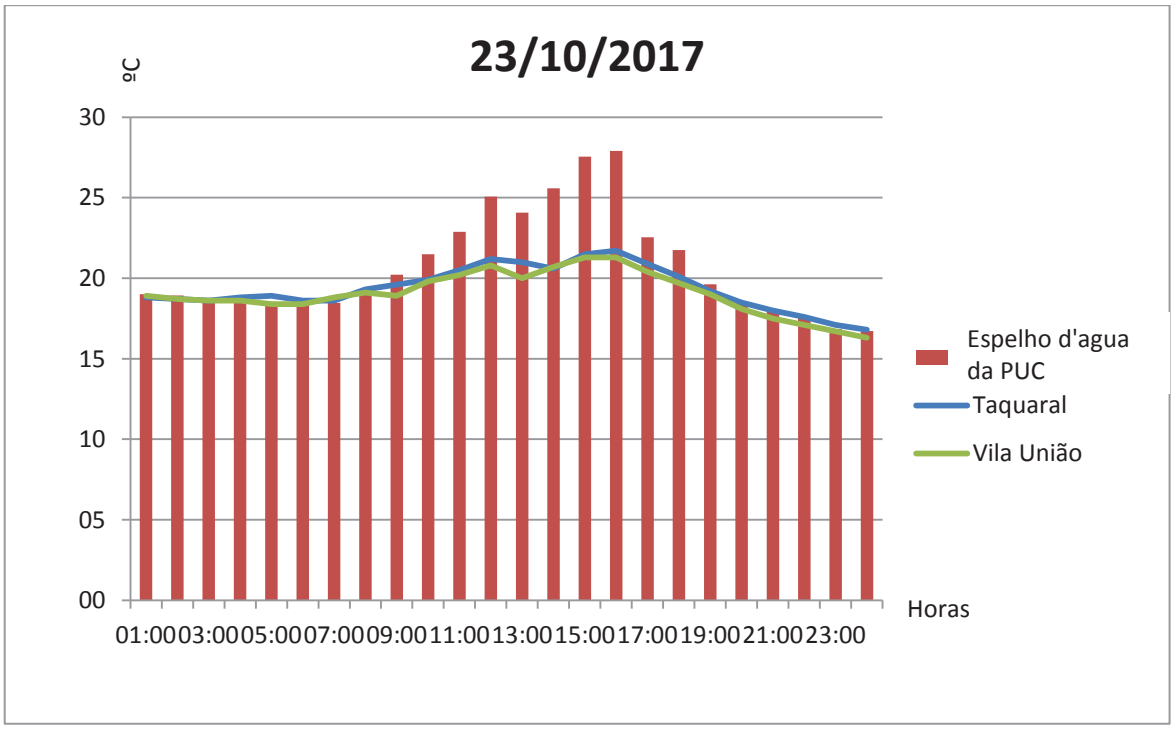
Figura 23: Temperatura do ar (°C) obtida para os ambientes urbanos em 22/10/2017.



Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 22/10/2017 (Figura 23) foi possível perceber que a temperatura dos dados coletados (área verde da PUC/sensor) forma uma concavidade voltada para baixo, com único valor máximo (PACHECO, 2017), como mencionado anteriormente. No entanto, cabe destacar que o período entre as 01:00 e 05:00 horas, os valores obtidos foram superiores quando comparado aos valores obtidos para o ponto de monitoramento no Taquaral, entretanto, para todos os demais períodos os valores obtidos foram inferiores as áreas verdes e semelhantes as áreas urbanas (Vila União).

Figura 24: Temperatura do ar (°C) obtida para os ambientes urbanos em 23/10/2017.

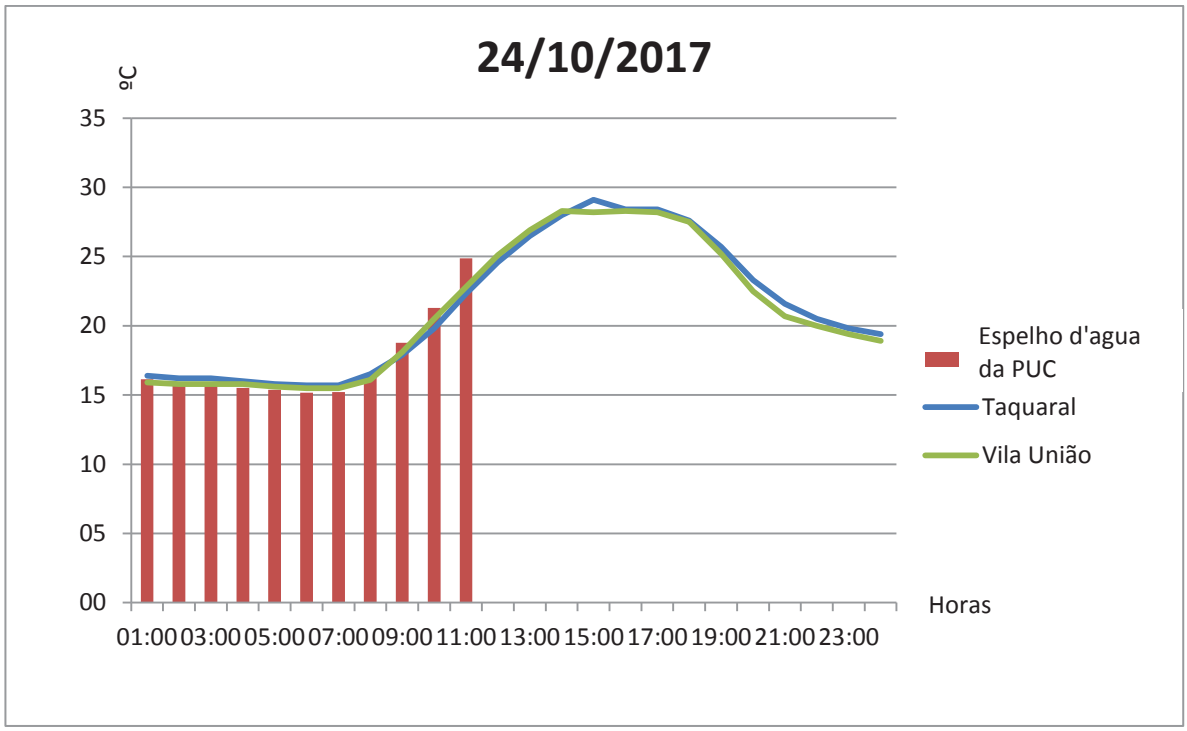


Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 23/10/2017 (Figura 24) foi possível perceber que a temperatura dos dados coletados (área verde da PUC-Campinas/sensor) forma uma concavidade voltada para baixo, com único valor máximo, conforme valores observados em Andrade (2017) como mencionado anteriormente. No entanto, cabe destacar que o período entre as 10:00 e 18:00 horas, os valores obtidos foram superiores aos encontrados tanto para ambientes de caráter verde (Taquaral) quanto para ambientes urbanos (Vila União), demonstrando uma possível instabilidade na temperatura do ar ou da leitura realizada. Nota-se, entretanto que os valores do período entre as 01:00 e 08:00 horas, assim como para o período entre as 19:00 e 24:00 horas foram inferiores aos obtidos nos dois ambientes. Yoshida et al. (2012) observaram uma diferença média de 2ºC entre áreas urbanas planejadas para captar e distribuir a umidade do ar comparada a situações próximas que não possuem o mesmo rigor de planejamento. Wong, Tan e Jusuf (2012) investigaram a influência de um corpo d'água na temperatura do ar em Cingapura, obtendo resultados similares, observando, porém que a diferença de temperatura entre os pontos analisados na malha urbana ficarem entre 0,6ºC e 2ºC

para os pontos mais distantes e os mais próximos, respectivamente do corpo d'água.

Figura 25: Temperatura do ar (°C) obtida para os ambientes urbanos em 24/10/2017.



Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 24/10/2017 (Figura 25) foi possível perceber que a temperatura dos dados coletados (Espelho d'agua da PUC) apresentaram valores inferiores para os dois ambientes em estudo para o período entre as 01:00 e 10:00 horas disponível.

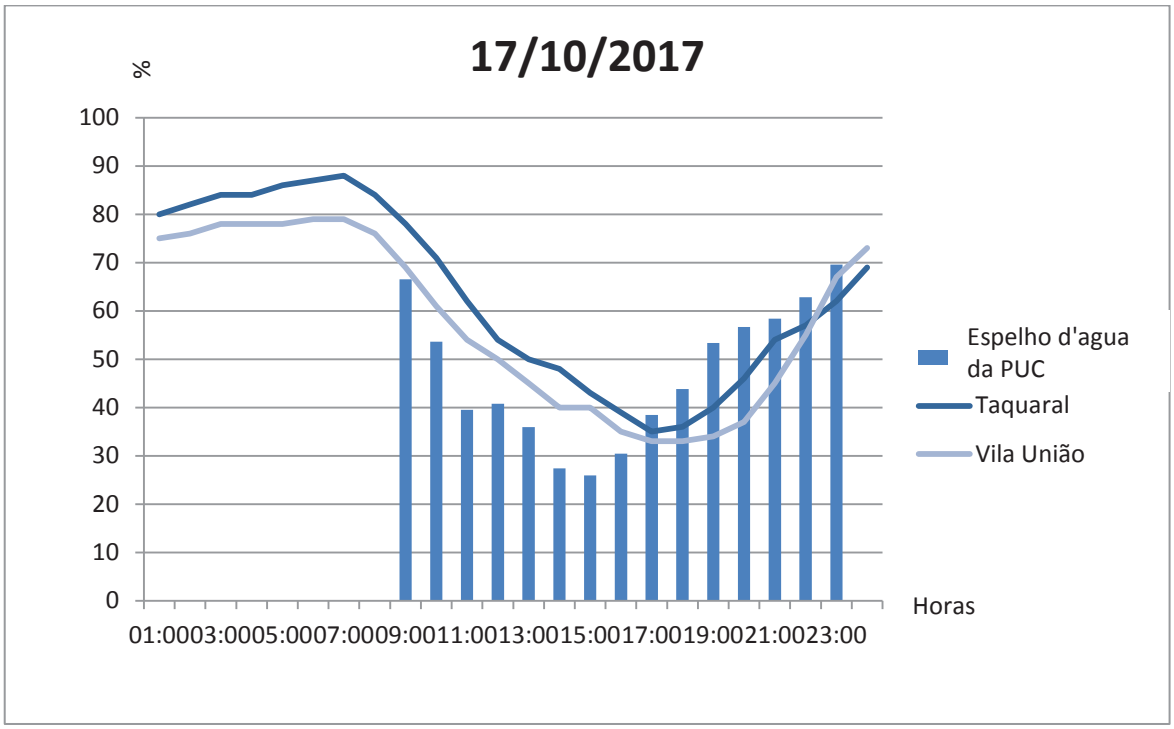
De modo geral, Krüger e Pearlmutter (2008) relataram que em ocasiões onde a atmosfera apresenta-se mais quente e seca, observaram-se o efeito do denominado de resfriamento evaporativo nos cânions urbanos, que pode afetar de forma efetiva, os valores observados de temperatura e umidade do ar nestas áreas. A amplitude térmica diária, em função dos baixos índices de umidade, observada em regiões de climas secos costuma ser elevada, sendo possível observar, ao longo do dia, que quanto maior a quantidade de água na atmosfera, menor será a variação térmica.

5.2. ESTUDO COMPARATIVO DA UMIDADE DO AR EM AMBIENTES URBANOS.

Após o estudo comparativo com os dados horários da CETESB, foram gerados gráficos na plataforma Microsoft Excel para cada dia em estudo (Figura 26 a 34), buscando ilustrar o comportamento dos dados de umidade e auxiliar a identificação das características da área de estudo, promovendo assim a validação dos dados obtidos.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 17/10/2017 (Figura 26) foi possível perceber que o valor de umidade dos dados coletados na área verde da PUC- Campinas forma uma concavidade voltada para cima, com único valor mínimo, conforme comportamento similar observado por Souza (2013) como mencionado anteriormente. No entanto, cabe destacar que o período entre as 17:00 e 23:00 horas, os valores obtidos foram superiores aos encontrados tanto para ambientes com predominância de áreas verdes (Taquaral) quanto para ambientes urbanos (Vila União), demonstrando uma possível instabilidade na umidade do ar ou da leitura realizada.

Figura 26: Umidade do ar (%) obtida para os ambientes urbanos em 17/10/2017.

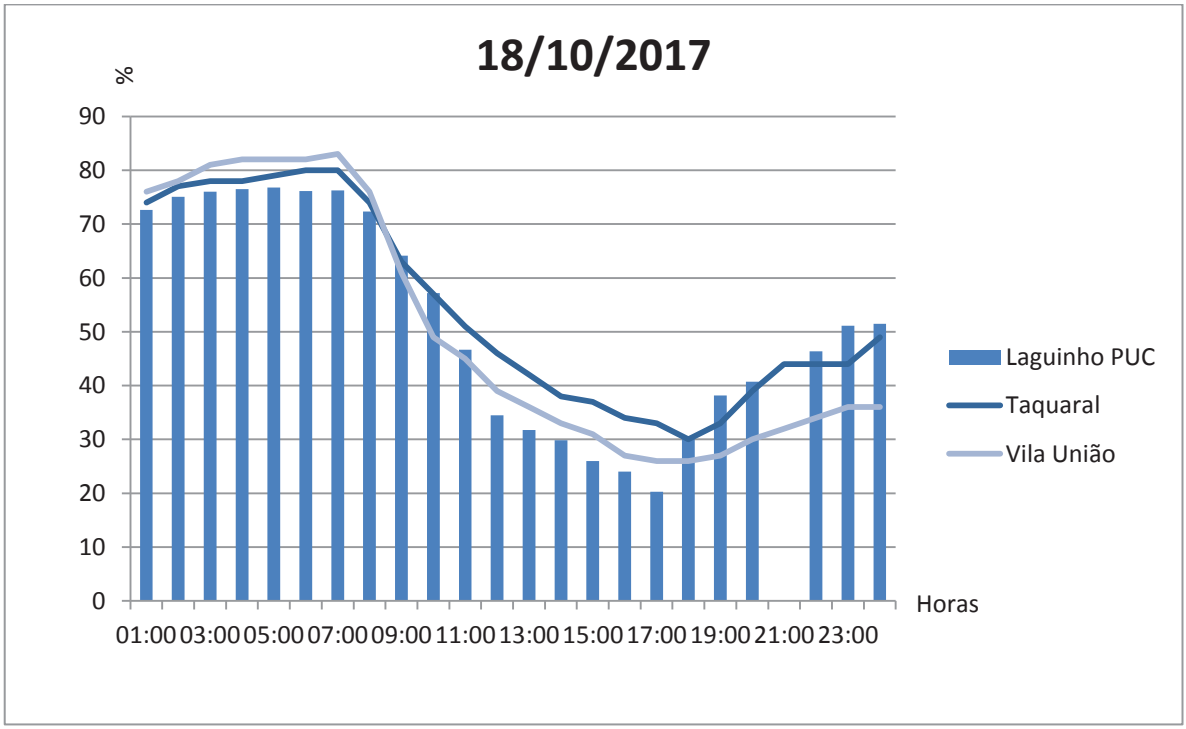


Fonte: Autor, 2017.

Segundo Masiero & Souza (2013) taxas elevadas de impermeabilização do solo contribuem para uma rápida evaporação e retenção da umidade no ambiente urbano que se encontra reduzida, principalmente nos horários mais secos do dia, em torno das 10h da manhã. No presente trabalho pode-se notar entretanto que os valores obtidos no período entre as 09:00 e 16:00 horas foram inferiores nos dois ambientes. Por fim, é importante ressaltar que não foi possível realizar a interpretação dos dados para o período entre as 01:00 e as 08:00 horas , devido a erro na coleta dos dados.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 18/10/2017 (Figura 27) foi possível perceber que os teores de umidade dos dados coletados próximos a área verde da PUC-Campinas forma uma concavidade voltada para cima, com único valor mínimo, conforme similaridade observada por Pacheco, (2017). No entanto, cabe destacar que o período entre as 22:00 e 24:00 horas, os valores obtidos foram superiores aos encontrados tanto para ambientes de caráter verde (Taquaral) quanto para ambientes urbanos (Vila União), demonstrando uma possível instabilidade na umidade do ar ou da leitura realizada.

Figura 27: Umidade do ar (%) obtida para os ambientes urbanos em 18/10/2017.

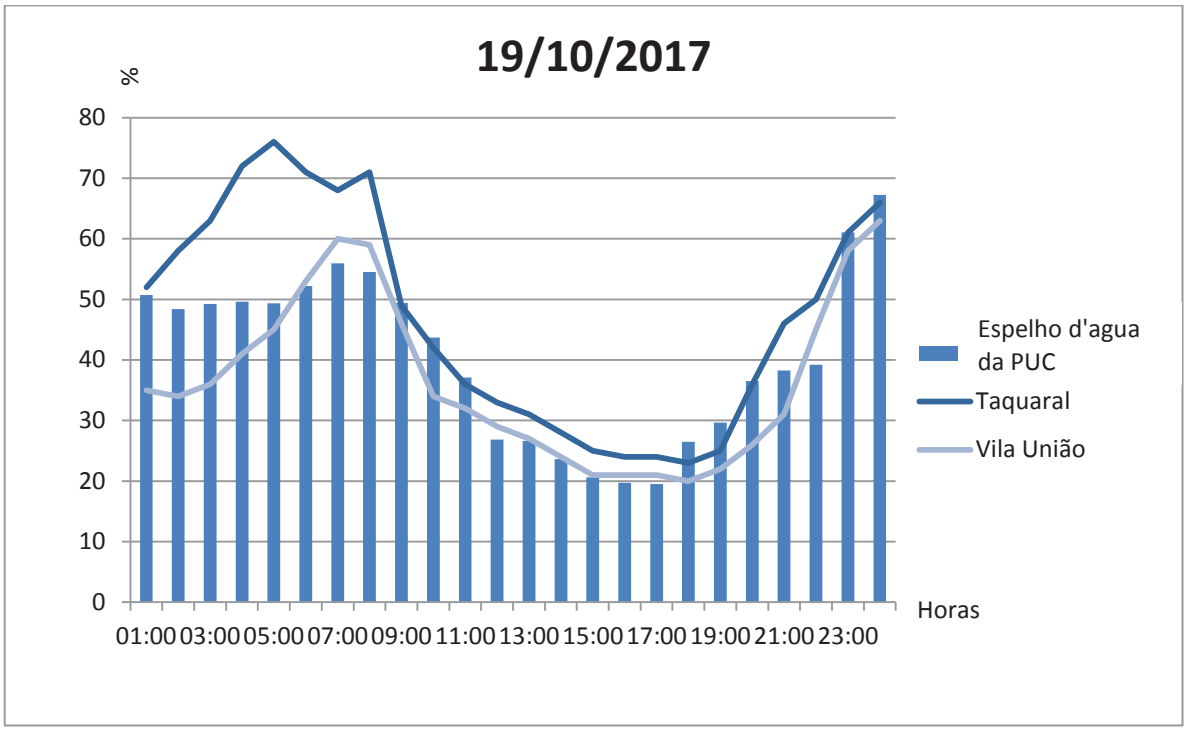


Fonte: Autor, 2017.

Nota-se, entretanto que os valores do período entre as 01:00 e 20:00 horas, foram inferiores aos obtidos nos dois ambientes. Por fim, é importante ressaltar que não foi possível realizar a interpretação dos dados correspondente as 21:00 horas devido a erro no processo de coleta de dados.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 19/10/2017 (Figura 28) foi possível perceber que os valores obtidos para os teores de umidade nos dados coletados (área verde da PUC) forma uma concavidade voltada para cima, com único valor mínimo, conforme observado em Vara-Vela (2017). No entanto, cabe destacar que o período entre as 01:00 e 05:00 horas, os valores obtidos foram superiores aos encontrados para ambientes urbanos (Vila União), demonstrando uma possível instabilidade na umidade do ar ou da leitura realizada. Enquanto, referente aos dados coletados para os ambientes verdes (Taquaral) apresentaram comportamento inferior ao longo de todo o período em estudo.

Figura 28: Umidade do ar (%) obtida para os ambientes urbanos em 19/10/2017.

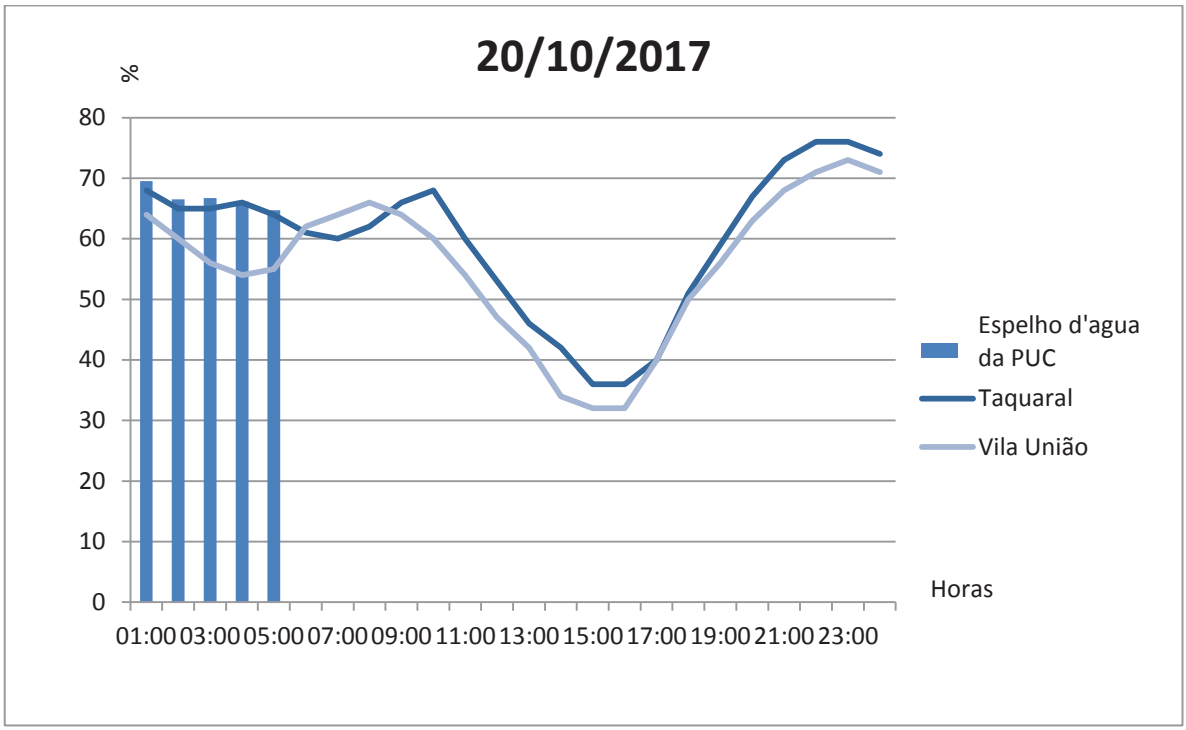


Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 20/10/2017 é possível perceber que a umidade dos dados coletados (Espelho d'agua da PUC) apresentaram valores inferiores para o ambiente verde (Taquaral), enquanto apresentaram elevação para o ambiente urbano (Vila União), ao longo de todo o período entre as 01:00 e 04:00 disponível. Emmanuel e Johansson (2006) constataram que o clima quente e úmido, de áreas tropicais e a alta densidade populacional contribuem para o acúmulo de umidade nos cânions urbanos.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 20/10/2017 (Figura 29) foi possível perceber que a umidade dos dados coletados (área verde da PUC) apresentaram valores inferiores para o ambiente verde (Taquaral), enquanto apresentaram elevação para o ambiente urbano (Vila União), ao longo de todo o período entre as 01:00 e 04:00 horas disponível.

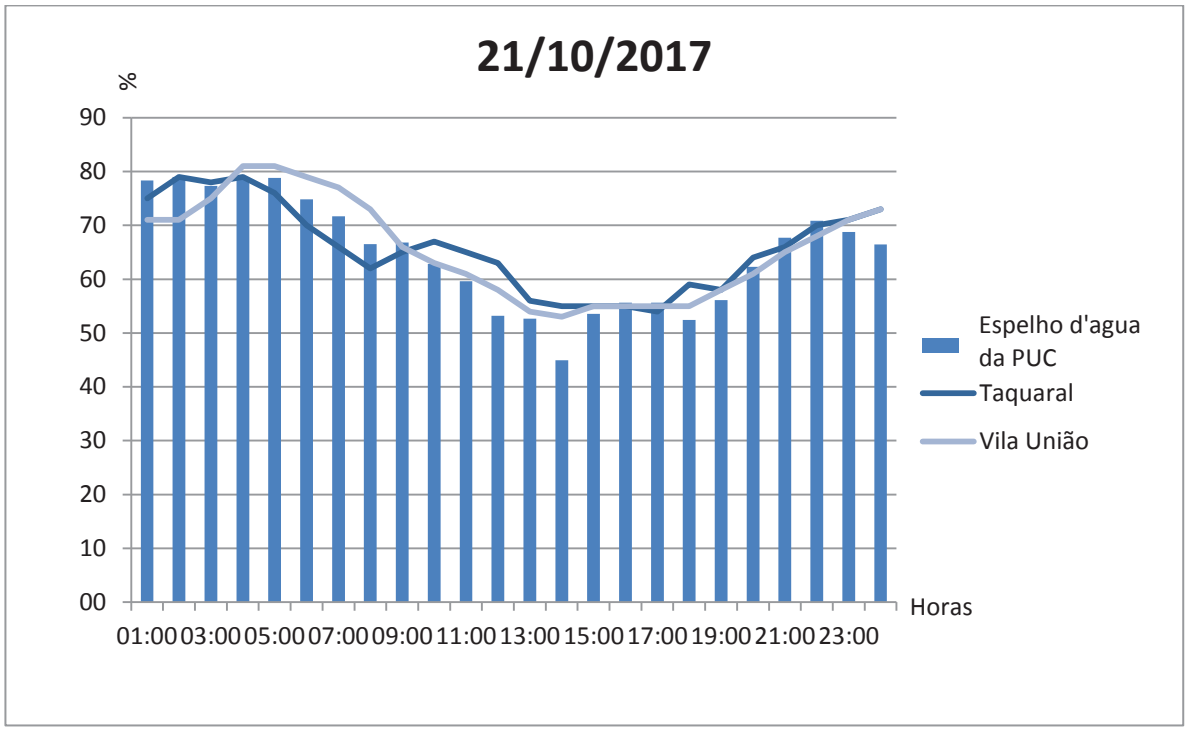
Figura 29: Umidade do ar (%) obtida para os ambientes urbanos em 20/10/2017.



Fonte: Autor, 2017.

Comparando ambientes analisados no dia 21/10/2017 (Figura 30) foi possível perceber que os teores de umidade nos dados coletados (áreas verde da PUC) formaram uma concavidade voltada para cima, com único valor mínimo, conforme observado de modo similar em Pacheco (2017).

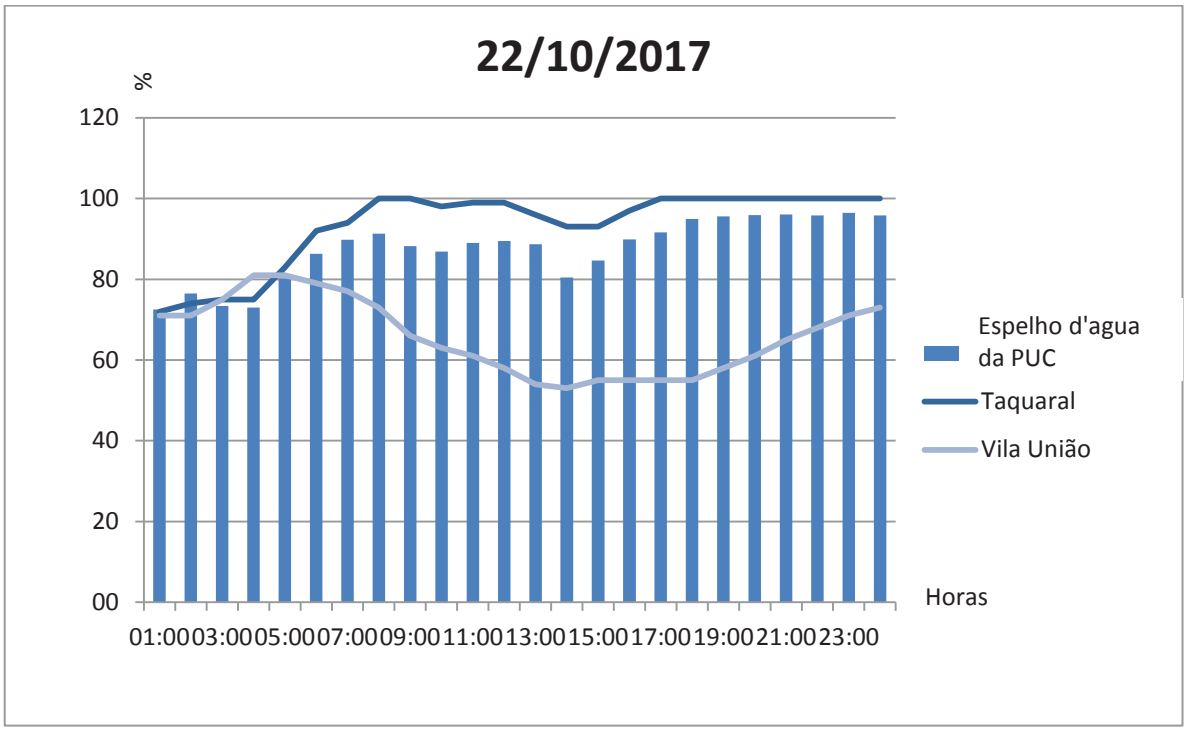
Figura 30: Umidade do ar (%) obtida para os ambientes urbanos em 21/10/2017



Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 22/10/2017 (Figura 31) foi possível perceber que os teores de umidade dos dados coletados (áreas verde da PUC) entre as 06:00 e 24:00 horas, foram superiores aos encontrados para ambientes de caráter urbano (Vila União) e inferiores para ambientes verdes (Taquaral), demonstrando uma possível instabilidade na umidade do ar ou da leitura realizada. Nota-se, entretanto que os valores do período entre as 01:00 e 05:00 horas, foram semelhantes aos obtidos nos dois ambientes. Destaca-se que no período noturno as áreas mais úmidas das cidades tendem a perder menos calor que aquelas mais secas. Portanto, a umidade tanto pode promover o estabelecimento de ambientes com temperaturas mais amenas durante o dia como também podem criar ambientes quentes durante a noite, caso haja pouca interferencia de ventos (MASIERO & SOUZA, 2013).

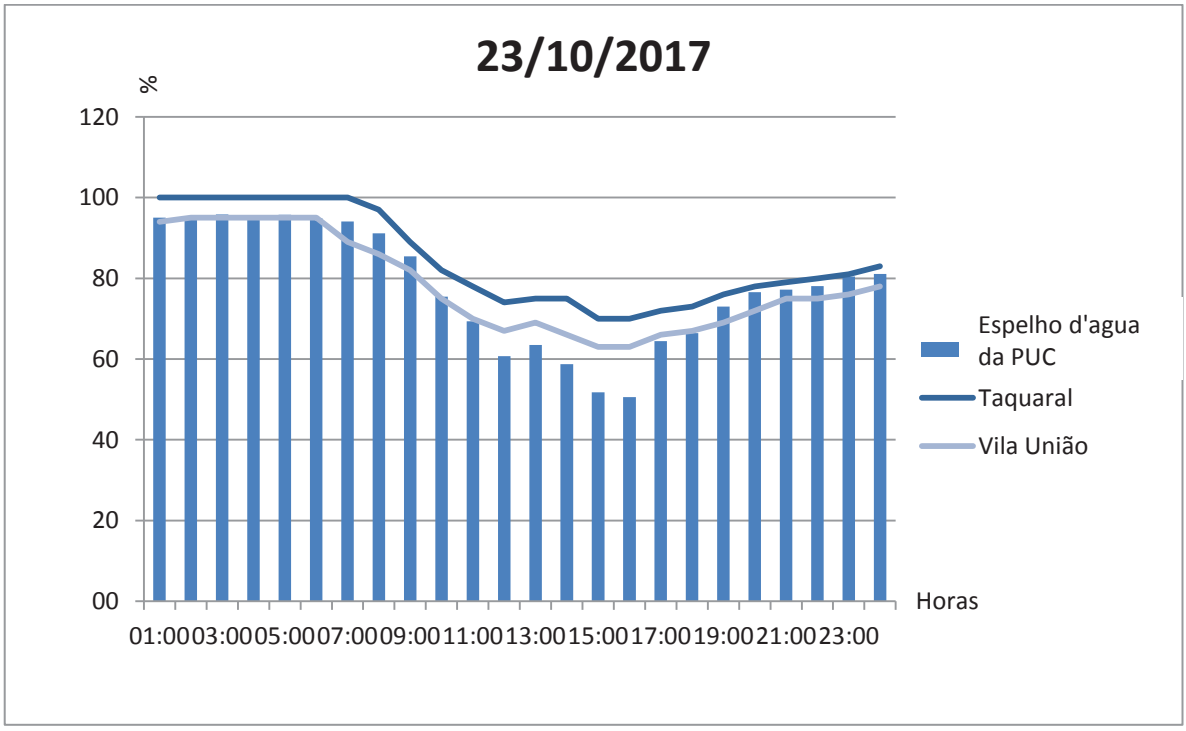
Figura 31: Umidade do ar (%) obtida para os ambientes urbanos em 22/10/2017.



Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 23/10/2017 (Figura 32) foi possível perceber que a umidade dos dados coletados (áreas verde da PUC) forma, de forma aproximada, uma concavidade voltada para cima, com único valor mínimo conforme valor obtido de forma similar em Emmanuel e Johansson (2006). De modo geral, pode-se dizer que altas taxas de impermeabilização do solo auxiliam em evaporação rápida da água e também contribuem para que a retenção da umidade no ambiente urbano seja reduzida, principalmente em horários mais secos do dia, ou seja, às 10h da manhã (MASIERO & SOUZA, 2013).

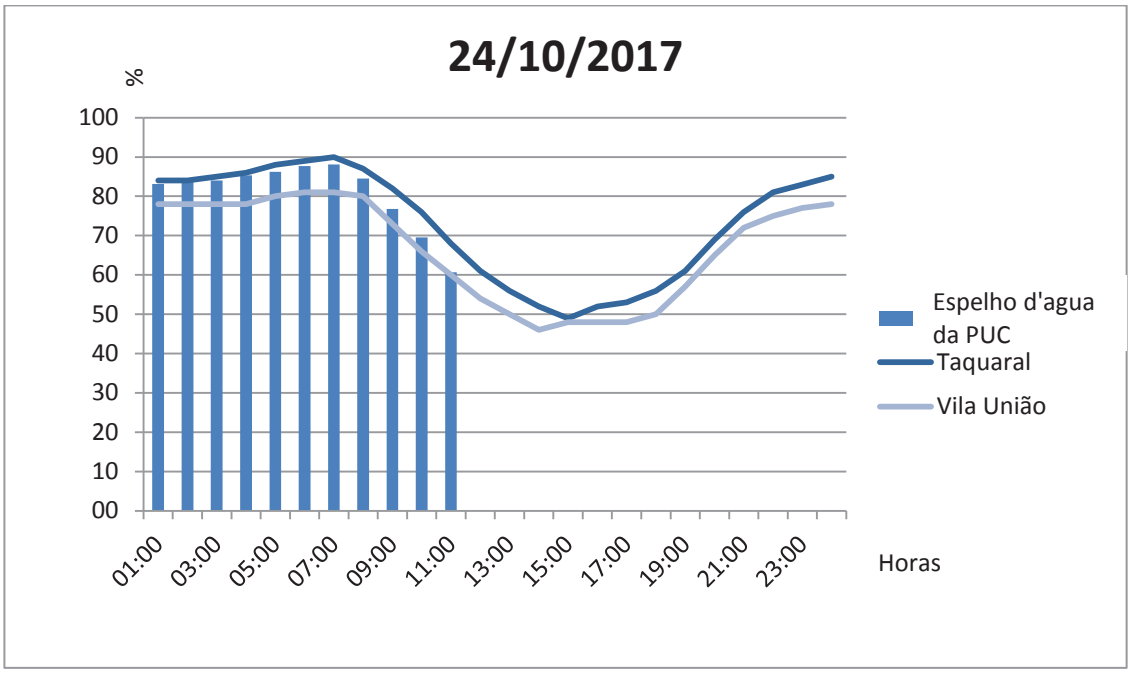
Figura 32: Umidade do ar (%) obtida para os ambientes urbanos em 23/10/2017.



Fonte: Autor, 2017.

Analisando o comparativo entre ambientes urbanos no dia 24/10/2017 (Figura 32) nota-se, que não foi possível realizar a interpretação dos dados correspondente ao período entre as 12:00 e as 24:00 horas devido a erro no processo de coleta de dados.

Figura 33: Umidade do ar (%) obtida para os ambientes urbanos em 24/10/2017.



Fonte: Autor, 2017.

6. PROPOSTAS DE APLICAÇÕES FUTURAS

Após os resultados das medições obtidas nesse estudo sugere-se como aplicação futura a instalação da torre de sensoriamento remoto em outros pontos do município de Campinas, como por exemplo, áreas de vegetação nativa para analisar sua influência no controle do microclima local, área de circulação de veículos como o centro de cidade o que permitirá analisar o impacto do fluxo de veículos nas contaminações atmosféricas, assim como a influência dos centros urbanos nas processos de ilha de calor.

Na interpretação dos dados, sugere-se a aplicação de comparativos dos dados coletados com tragédias ambientais, tais como, inundações, desmoronamento de solos, transbordo de reservatórios e/ou caixas de drenagem urbana. Demonstrando que o monitoramento remoto permite a previsão e atuação preventiva na gestão de risco presente nos planos diretores municipais.

Da mesma maneira, sugere-se a realização do mesmo estudo em outros centros urbanos como o município de São Paulo (mega metrópole), Curitiba (maior investidor em projetos sustentáveis), Goiás (representante do centro oeste agrícola), Ceará (maior concentração de parque eólico – influência de ventos), dentre outras cidades de interesse. Demonstrando que o sistema construído e de baixo custo é viável para aplicações em distintas regiões e variáveis ambientais.

Sugere-se também a aplicação da torre de sensoriamento remoto em regiões agrícolas para o fornecimento de alertas precisos do comportamento do microclima local permitindo que pequenos agricultores, como por exemplo, agricultores familiares atuem de forma sustentável nas plantações.

Devido às falhas apresentadas por perda no fornecimento de energia elétrica pela rede de energia do ponto em estudo, sugere-se a implantação de micros painéis solares fotovoltaicos, associados a uma bateria de plomo chumbo responsável pelo armazenamento da energia para períodos onde a nebulosidade impossibilita a transformação de energia radiante em energia elétrica, considerando as questões relacionadas ao dimensionamento (espaço/tempo).

Por fim, sugere-se a implantação de pontos de gerenciamento com a tecnologia adotada para alimentação da base de dados oferecida pela CETESB, visando contribuir para distintas pesquisas relacionadas a temáticas externas as

mencionadas como as relacionadas a saúde pública (relações de internações e mudanças climáticas), contaminações industriais (emissões atmosféricas ilegais) e planejamento urbano para a caracterização do zoneamento urbano, instalação de novas indústrias e construções, ou seja, na estruturação do sistema de infraestrutura urbana de forma sustentável.

7. CONCLUSÕES

Os dados obtidos possibilitaram concluir que a torre de sensoriamento construída permite a interpretação do comportamento dos parâmetros em estudo. Identificando sua variação e sua relação com redes consolidadas de monitoramento ambiental, atingindo o objetivo proposto na utilização de torre de sensoriamento na análise da qualidade ambiental.

Este trabalho não pretende esgotar os estudos sobre o emprego das RSSF em áreas verdes urbanas. Futuras investigações devem considerar os resultados obtidos e a influência de fatores externos que não foram levados em conta, mas que interferem nos dados coletados, como por exemplo, a presença de poeiras, virações, segurança da informação, comprimento dos cabos e EMC.

8. REFERÊNCIAS

ACCENTURE. Building and Managing an Intelligent City: How new strategies, technologies, open platforms and effective governance can help create cities that are sustainable and attractive to ongoing development, 2011.

AMATO-LOURENCO, L. F. *et. al*. Metrópoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. Estud. av., São Paulo, v. 30, n. 86, p. 113-130, 2016.

AMORIM, A.; AMORIM, M. C. de C. T.. Caracterização e monitoramento de áreas verdes a partir de um sistema cadastral. 2010. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/65.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2017.

ANDRADE, M. F. et.al. Air quality in the megacity of São Paulo. Evolution over the last 30 years and future perspective. Atmospheric Environment, v. 159, p. 66-82, jun, 2017.

ANTUNES, L.; VITAL, N. Nascem as cidades inteligentes, 2011. Disponível em: < https://exame.abril.com.br/revista-exame/aonde-o-futuro-ja-chegou/>. Acesso em: 20 jun. 2017

ARDUINO E CIA. Sensor de umidade e temperatura DHT11. Publicado em: 20 mai. 2013. Disponível em: <http://www.arduinoecia.com.br/2013/05/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11.html>. Acesso em: 07 mai. 2017.

BARGOS, D.C. Mapeamento e análise das áreas verdes urbanas como indicador da qualidade ambiental urbana: estudo de caso de Paulínia-SP. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências/UNICAMP, Campinas-SP, 2010.

BARGOS, D.C; MATIAS, L.F. Áreas Verdes Urbanas: Um Estudo de Revisão e Proposta Conceitual. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba – SP, v.6, n.3, p.172-188, 2011

BECK, U. Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna. São Paulo, Editora da UNESP, 1997.

BECKER, S.A., MOTTAY, F.E. A Global Perspective on Web Site Usability, IEEE Software, Vol. 18, No. 1, January-February 2001.

BORDIN, E. Q.. Análise das empresas transportadoras de carga com ênfase na tecnologia de rastreamento**.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação de Engenharia. Curso de Ciências em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

BRASIL, Decreto Estadual nº 8468 de 08 de setembro de 1976. Prevenção e controle da poluição do meio ambiente, Brasília, DF, set 1976.

BRASIL, Decreto Estadual nº 59113, de 23 de abril de 2013. Novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas, Brasília, DF, abr 2013.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 03, de 22 de agosto de 1990. Padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR, Brasília, DF, ago 1990.

CARDOSO, S. L. C.; SOBRINHO, M.V.; VASCONCELHOS, A. M. A. Gestão ambiental de parques urbanos: o caso do Parque Ecológico do Município de Belém Gunnar Vingren. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), 2015.

CASTELLS, M. A sociedade em rede. 6ª edição. São Paulo: Paz e Terra, 2012. Disponível em: http://www.ies.ufpb.br/ojs/index.php/ies/article/viewFile/337/259. Acesso em: 20/06/2017.

CHAVES, P. R. Redes centralizadas de redes sem fio para pequenas e médias indústrias: um estudo preparatório para indústria 4.0 (Dissertação), 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Padrões de Qualidade do ar. Disponível em: http://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/. Acesso em: 13 /10/2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Sistema Qualar: qualidade do ar. Disponível em: <http://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/home.do>.. Acesso em: 27 set. 2017.

CONDEPACC - RESOLUÇÃO Nº. 109 DE 16 DE SETEMBRO DE 2010. Publicação DOM 30/09/2010: 10. Campinas, SP. 2012. Disponível em <http://2009.campinas.sp.gov.br/bibjuri/r109-16092010.htm>

CHIESURA, A. (2004). *The role of urban parks for the sustainable city*. Landscape and Urban Planning, 68(1), 129-138.

CHRISTOPHER, M. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002

DANTAS, Vanessa Farias. WideWorkWeb: uma metodologia para o desenvolvimento de aplicações web num cenário global. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Ciências e Tecnologia. Curso de Pós-Graduação em Informática. Campina Grande: UFCG, 2003.

DETROZ, D.; PAVEZ, C. M. P.; VIANA, A. P. Cidades sustentáveis, inteligentes e inclusivas: reinvenção das cidades. Revista de extensão e iniciação científica. SOCIESC – REIS, 2014. Disponível em: https://pt.scribd.com/doc/241501283/Cidades-Inteligentes. Acesso em: 20/112017.

DOGDSON, M.; GANN, D. Technological Innovation and Complex Systems in Cities. Journal of Urban Technology, v. 18, n. 3, p. 101-113, 2011.

DUTTA, S. et al. The global information technology report 2009–2010: world economic forum. Genebra: SRO-Kundig, 2010.

EMMANUEL, R.; JOHANSSON, E. Influence of Urban Morphology and Sea Breeze on Hot Humid Microclimate: the case of Colombo, Sri Lanka. Climate Research, v. 30, n. 3, p. 189-200, 2006.

ETZKOWITZ, H., "The Triple Helix of university-industry-government: implications for policy and evaluation". Working Paper 2002- 11. Disponível em < http://www.sister.nu/>.

EVANS, D. A Internet das Coisas: Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). CISCO: abr. 2011.

FERNANDES, E. Impacto socioambiental em áreas urbanas sob a perspectiva jurídica. In: MENDONÇA, Francisco (Org.). Impactos Socioambientais Urbanos. Curitiba: Ed. UFPR, 2004, p. 99- 128.

FLOP, F. Monitorando temperatura e umidade com o sensor DHT11. Publicado em: 05 ago. 2013. Disponível em: <http://blog.filipeflop.com/sensores/monitorando-temperatura-e-umidade-com-o-sensor-dht11.html>. Acesso em: 07 mai. 2017.

FORBES. Internet of Things By The Numbers: Market Estimates And Forecasts, 2014.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GAIARIM, N. B.; ZANGIROLAMI, G. F.; LONGO, R. M. Análise da degradação ambiental em áreas de borda na Mata do Quilombo – Campinas/SP por meio de levantamento florístico de espécies nativas e exóticas. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 9., 2012, Rio de Janeiro-RJ. Anais... Rio de Janeiro-RJ: CENPES / PETROBRÁS, 2012.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GINIGE, A.; MURUGESAN, S. Web Engineering – An Introduction. IEEE Multimedia, vol. 18, nº 1, jan./mar. 2001.

GLASS, R. L. Who's Right in the Web Development Debate?, Cutter IT Journal, Vol. 14, No. 7, July 2001.

GOLDENBERG, M. A arte de pesquisar. Rio de Janeiro: Record, 1997.

HARRISON, C.; DONNELLY, I. A. A theory of smart cities. White Paper, IBM Corporation, 2011.

HERBSLEB, J. D.; et al. "An Empirical Study of Global Software Development: Distance and Speed". In: Proceedings International Software Engineering 2001, IEEE CS Press, Los Alamitos, California, 2001.

JÚNIOR, J. L. R. S. Efeito da sazonalidade climática na ocorrência de sintomas respiratórios em indivíduos de uma cidade de clima tropical. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás, Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, 2011.

KOMNINOS, N. Developing a Policy Roadmap for Smar Cities and the Future Internet. 45th Hawaii International Conference on Systems Sciences, 2011.

LE MONDE DIPLOMATIQUE BRASIL. Recusa da austeridade: a Catalunha rumo à independência. Por Jean-Sébastien Mora. Publicado em: 02 out. 2013. Disponível em: <http://diplomatique.org.br/a-catalunha-rumo-a-independencia/>. Acesso em: 07 mai. 2017.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. Revista Formação, n.13, p. 139 -165. 2006.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. de C. T.. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. 2012. Disponível em: <http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/viewFile/835/849>. Acesso em: 07 mai. 2017.

LEITE, C. & AWAD, J. C. M. Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável em um planeta urbano. Porto Alegre: BOOKMAN, 2012.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A INFLUÊNCIA DAS ÁREAS VERDES NA QUALIDADE DE VIDA URBANA. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. Hygeia 10 (18): 264 - 272, Jun/2014.

LOURES, L. CARVALHO, D. A.; MACHADO, E. L. M. SÁ, J. J. G.; MARQUES, M. Florística, estrutura e características do solo de um fragmento de floresta paludosa no sudeste do Brasil. Acta bot. bras. 21(4): 885-896. 2007

MANCINI, Mônica. Internet das Coisas: História, Conceitos, Aplicações e Desafios. 2012. Disponível em: <https://pmisp.org.br/documents/acervo-arquivos/241-internet-das-coisas-historia-conceitos-aplicacoes-e-desafios/file>. Acesso em: 07 mai. 2017.

MARCHESAN, Marcelo. Sistema de monitoramento residencial utilizando a plataforma arduino trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Maria. Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores. Santa Maria: UFSM, 2012.

MASIERO, E. SOUZA, L. C. L. Variação de umidade absoluta e temperatura do ar intraurbano nos arredores de um corpo d'água. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 25-39, jul./set. 2013.

MCCORMACK, G. R., ROCK, M., TOOHEY, A. M., & HIGNELL, D. Characteristics of urban parks associated with park use and physical activity: a review of qualitative research. Health & Place, 16(4), 712-726, 2010.

M.C. WEISS, R.C BERNARDES, F.L. CONSONI Cidades inteligentes: a aplicação das tecnologias de informação e comunicação para a gestão de centros urbanos - Revista Tecnologia & Sociedade, Special Edition - V Simpósio Tecnologia&Sociedade, 183-200 - Editora UTFPR - Paraná / Brasil, 2014

MMA. Qualidade do ar. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>. Acesso em: 12/11/2017.

MINISTÉRIO DE SAÚDE. Poluição atmosférica, 2014. Disponível em: http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/leia-mais-o-ministerio/935-secretaria-svs/vigilancia-de-a-a-z/poluicao-atmosferica/12942-riscos-ambientais-e-efeitos-a-saude-humana-menu. Acesso em: 12/09/2017.

MURTA, L. G. P. Gerência de Configuração no Desenvolvimento Baseado em Componentes [Tese], UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2006.

MURUGESAN, S. Leverage Global Software Development and Distribution Using the Internet and Web, Cutter IT Journal, Vol. 12, No. 3, March 1999.

MURUGESAN, S., DESHPANDE, Y. Web Engineering, Vol. LNCS 2016, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, April 2001.

NAM, T.; PARDO, T.A. Smart city as urban innovation: focusing on management, policy and context. Center for Technology in Government. University of Albany, 5th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (ICEGOV2011), 2011b.

NARCISO, M. G. . Aplicação da tecnologia de identificação por rádiofrequência (RFID) para controle de bens patrimoniais pela web. Global Science and Technology, vol. 01, n. 07, p.50 - 59, dez./mar. 2008.

OFFUTT, J. Quality Attributes of Web Software Applications, IEEE Software, Vol. 19, No. 2, March-April 2002.

PACHECO, M. T. et.al. A review of emissions and concentrations particulate matter in the three major metropolitan areas of Brazil. Journal of Transport & Hearth, v.4, p 53-72, mar. 2017.

PAIVA E MOREIRA, 2014 http://www.scielo.br/pdf/rb/v47n2/pt_0100-3984-rb-47-02-99.pdf

PAIVA, R. F. P.; CAVALARO, F. Desenvolvimento de uma aplicação web para aquisição de dados e geração de índices ambientais. XXII Encontro de iniciação científica, Bragança Paulista, 2016.

Plano Local de Gestão Urbana de Barão Geraldo. Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. 1996. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/governo/seplama/planos-locais-de-gestao/>. Acesso em: 3 mar. 2010.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, 2011a. Disponível em: <www.unep.org/greeneconomy>. Acesso em: 20/10/2017.

PONTE, Adriano. Sensor de temperatura e umidade DHT11 com Arduino. Publicado em: 13 out. 2013. Disponível em: <http://blog.adrianoponte.com/sensor-de-temperatura-e-umidade-dht11-com-arduino/>. Acesso em: 07 mai. 2017.

PRADO, K. C. D.; SANTOS, P. E. Smart Cities: Conceito, Iniciativas e o Cenário Carioca/ Kárys Cristina Diederichs Prado e Patrícia Estevão dos Santos. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.

REIS, M. S. Avaliação de Potencial de Degradação do Solo do Remanescente Florestal Urbano Mata do Quilombo, Barão Geraldo – Campinas/SP. 2011. 143f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas. 2011.SASSEN, S. As cidades na economia mundial. São Paulo: Studio Nobel, 1998.

RENATO, Flávio. O que é IPv6? Publicado em: 08 jun. 2012. Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/06/o-que-e-ipv6.html>. Acesso em: 07 mai. 2017.

SANESIA, G; CHIARELLO, F. *Residents and urban green spaces:* The case of Bari. Urban Forestry & Urban Greening 4, P. 125-134, 2006.

SANTOS, F. dos; BERTOLETTI, R.. Sistema RFID para controle de patrimônio. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Elétrica. Curso de Tecnologia em Automação Industrial. Pato Branco: UTFPR, 2014.

SANTOS, B. P.; SILVA, L. A. M.; CELES, C. S. F. S.; BORGES NETO, J. B.; PERES, B. S.; VIEIRA, M. A. M.; VIEIRA, L. F. M.; GOUSSEVSKAIA, O. N.; LOUREIRO, A. A. F. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Departamento de Ciência da Computação. Instituto de Ciências Exatas Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte: UFMG, 2010.

SANTOS, B. Introdução ao Python (x,y). 2010. Disponível em: http://www.aefcup.pt/ apontamentos/Programacao_Python/Python_BrunaSantos.pdf. Acesso em: 29 de Maio de 2014.

SANTANA, G.; MARCELINO, T.; "ANÁLISE COMPARATIVA DAS DIETAS OTIMIZANDO PREÇO E ENERGIA RESTRITO A QUESTÃO DO GÊNERO E DO VEGERARIANISMO: UM ESTUDO EM PYTHON", p. 101-116 . In: Seminário de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação da Regional Catalão (2. : 2014 : Goiás) Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Volume 4 : Ciências Exatas e Tecnológicas. Anais [livro eletrônico] / organizado por Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. São Paulo: Blucher, 2015. ISBN: 978-85-8039-115-2,

SCALISE, W. Parques Urbanos - evolução, projeto, funções e uso. Revista Assentamentos Humanos, Marília, v4, n. 1, p17-24, 2002.

SILVA, Welington Manoel da Go!SIP: um framework de privacidade para cidades inteligentes baseado em pessoas como sensores / Welington Manoel da Silva – Recife: O Autor, 2014. 159 f.: il., fig., tab.

SILVA, F.; ROCHA, R. Internet das coisas: A Internet e sua evolução rumo à ubiquidade. Minas Gerais, 2013.

SIEMENS. Siemens infrastructure and cities. Disponível em http://www.siemens.com/entry/infrastructure-cities/cc/en/index.htm. Acesso em 08/06/2012.

SOARES, Karla. O que é um Arduino e o que pode ser feito com ele? Publicado em: 04 out. 2013. Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10>. Acesso em: 07 mai. 2017.

SOUZA, F. A. L. Funções quadráticas: estudo do gráfico das funções quadráticas. Editora UFG, Goiânia – GO, 2013.

STEVENTON, A.and WRIGHT, S, “Intelligent spaces: The application of pervasive ICT”. London, Springer, 2006.

TEIXEIRA, I. F.; SANTOS, N. R. Caracterização das áreas verdes do perímetro urbano de Santa Catarina-RS. In: Encontro nacional de estudos sobre o meio ambiente, 3, Londrina, 2011. Anais. p517-529.

THOMPSON, C,W. Urban open space in the 21st century. Landscape and Urban Planing, n. 60 p. 59- 72, 2002.

TRATALOS, J., FULLER, R. A., WARREN, P. H., DAVIES, R. G., & GASTON, K. J. Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. Landscape and Urban Planning, 2007, 83(4), 308-317.

UN-HABITAT. State of the World’s Cities Report 2012/2013: Prosperity of Cities. World Urban Forum Edition. United Nations Human Settlements Programme, 2012. Disponível em: https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwji8ZOZws7XAhXCf5AKHbYsCF4QFgguMAE&url=https%3A%2F%2Funhabitat.org%2Fbooks%2Fprosperity-of-cities-state-of-the-worlds-cities-20122013%2F&usg=AOvVaw0DW9caFVOaqH8UHmFcXjVG. Acesso em: 20/10/2017.

VALENTE, Manuel Laia. RFID and Retail Automation. Dissertação (Mestrado). Curso em Engenharia e Gestão Industrial. Instituto Superior de Tecnologia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa: IST, UTL, 2008.

VARA-VELA, A. et.al., Impacto f vehicular emissions on the formation of fine particles in the São Paulo Metropolian area: A numerical study with the WRF-Chem model. Atmospheric Chemistry and Physics, v.16 (2), p.777-97, jan.2017.

VIEIRA, C. H. S. D.; BIONDI, D. Análise da dinâmica da cobertura vegetal de Curitiba. PR (DE 1986 A 2004), UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT TM. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.32, n.3, p.479-487, 2008

WONG, N. H.; TAN, E.; JUSUF, S. K. Influence of Water Body on Air Temperature in Singapore Climate. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATES, 8., Dublin, 2012, Dublin. Proceedings… Dublin, 2012.

YOSHIDA, A. et al. Mobile Observation of Air Temperature and Humidity Distributions in Osaka - Nakanoshima Area During Summer Sea Breeze. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATES, 8., Dublin, 2012. Proceedingss… Dublin, 2012.

ZAMBARDA, P. 'Internet das Coisas': entenda o conceito e o que muda com a tecnologia. Publicado em: 16 ago. 2014. Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/internet-das-coisas-entenda-o-conceito-e-o-que-muda-com-tecnologia.html>. Acesso em: 07 mai. 2017.