



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

**ESTAÇÃO METEOROLOGICA DE BAIXO CUSTO: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA  
O MONITORAMENTO METEOROLÓGICO DAS CIDADES.**

RENER MARTINS DE MOURA

Orientador: Prof. Dr. PAULO CEZAR MENDES

UBERLÂNDIA

2018

**RENER MARTINS DE MOURA**

**ESTAÇÃO METEOROLOGICA DE BAIXO CUSTO: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA  
O MONITORAMENTO METEOROLÓGICO DAS CIDADES.**

Monografia apresentada ao curso de Geografia da  
Universidade Federal de Uberlândia, como  
exigência para a conclusão do curso de bacharelado  
em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Mendes

**UBERLÂNDIA**

**2018**

**RENER MARTINS DE MOURA**

**ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA  
O MONITORAMENTO METEOLÓGICO DAS CIDADES.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado pelo acadêmico Rener Martins de Moura como exigência do curso de graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

PROF. DR. PAULO CEZAR MENDES  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

---

PROF. DR. VANDERLEI DE OLIVEIRA FERREIRA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

---

PROF. DR. PAULO IRINEU BARRETOS FERNANDES  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CONCEITO FINAL: \_\_\_\_\_

Esse trabalho é dedicado aos meus filhos e minha esposa, que me deram muita força e me incentivaram a continuar os estudos, mesmo nos piores momentos, tive o apoio e o acolhimento de todos para continuar, retrocedendo às vezes, mas desistindo jamais.

## **AGRADECIMENTOS**

Eu agradeço

A Universidade Federal de Uberlândia, por abrir as portas para o meu processo de aprendizado e aperfeiçoamento na área de Geografia e Física.

Ao Instituto de Geografia, pela infraestrutura e apoio técnico.

Aos professores que proporcionaram as ferramentas para observação do mundo, das coisas da natureza e da natureza das coisas.

Ao meu orientador Professor Paulo Cezar Mendes, pelo apoio e conselhos.

Aos colegas de curso, que persistiram até o final, vencemos.

Ao meu genro e amigo pela torcida, pelas orações, pela paciência e interesse em ouvir os assuntos de 'geógrafo'.

Aos meus pais, que mesmo sem saber as letras, me ensinaram e me fizeram saber das belezas da terra e do que ela é capaz de nos dar.

À Deus, Grande Arquiteto do Universo.

Ainda que não seja filósofo, sou geógrafo, parto da ideia de que a Geografia é uma filosofia das técnicas, considerando a técnica como a possibilidade de realização da História, de mudança da História, de visibilidade dessas rupturas.

(SANTOS, 1989).

## RESUMO

Eventos meteorológicos extremos ocorrem em todo o planeta. Pela sua amplitude, grau de ocorrência e frequência tornam-se fontes de preocupação, principalmente nas áreas urbanizadas, que em sua maioria, além dos problemas de infraestrutura, não contam com um sistema de monitoramento e alerta destinado ao enfrentamento desses eventos. Neste contexto, este estudo objetivou a criação e o desenvolvimento de um sistema de monitoramento meteorológico de baixo custo, voltado às necessidades de gerenciamento e prevenção de riscos gerados por eventos climáticos no espaço urbano. Para tanto, foi elaborada uma pesquisa bibliográfica sobre a temática, baseada principalmente em conhecimentos da área da Geografia, Engenharia Eletrônica, Automação e Controle, Tecnologia da Informação e Física. Esse conhecimento foi a base para elaboração do projeto e construção dos equipamentos. Foi utilizada também tecnologia web como ferramenta de transmissão de dados e armazenamento em uma plataforma baseada no conceito Internet of Things. Os componentes de baixo custo forma adquiridos em lojas on-line e comércio local, tendo como parâmetro o menor valor e maior desempenho. Após montagem e teste do equipamento, foi feita um comparativo entre os dados da estação de baixo custo com a estação meteorológica do INMET, instalada no Campus Santa Mônica da UFU, sendo aferido um grau de confiabilidade nos dados coletados entre 92% e 98%. Concluiu-se que a EMBC é viável tanto financeiramente quanto cientificamente, devido ao baixo custo dos componentes e também nos aspectos práticos de sua montagem, implementação dos sistemas. Destaca-se ainda que existe margens para ampliação da acurácia dos dados, por meio de aferição lógica no sensores, considerando os locais de instalação de cada estação.

**Palavras chaves:** Clima Urbano, Estação Meteorológica, Arduino

## ABSTRACT

Extreme weather events occur all over the planet. Due to their size, occurrence frequency and frequency become sources of concern, especially in urban areas, which, in addition to the infrastructure problems, do not have a monitoring and alert system to deal with these events. In this context, this study aimed at the creation and development of a low cost meteorological monitoring system, geared to the needs of management and prevention of risks generated by climatic events in urban space. For that, a bibliographical research was elaborated on the subject, based mainly on knowledge of the area of Geography, Electronic Engineering, Automation and Control, Information Technology and Physics. This knowledge was the basis for the design and construction of equipment. Web technology was also used as a tool for data transmission and storage on a platform based on the Internet of Things concept. The low-cost components are purchased in online stores and local commerce, with the lowest value and highest performance as a parameter. After the equipment was assembled and tested, a comparison was made between the low cost station data with the INMET meteorological station, installed in the UFU Campus Santa Mônica, and a reliability degree was measured in the data collected between 92% and 100%. It was concluded that the EMBC is feasible both financially and scientifically, due to the low cost of the components and also in the practical aspects of its assembly, systems implementation. It should also be noted that there are margins to increase the accuracy of the data, by means of logical measurement in the sensors, considering the locations of each station.

**Keywords:** Urban Climate, Weather Station, Arduino



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	EMBC – Testes operacionais	21
Figura 02	Placa Arduino Mega 2560 - Frente	22
Figura 03	Placa Arduino Mega 2560 - Verso	22
Figura 04	Sensor de Pressão Barométrica	23
Figura 05	Sensor de Temperatura e Umidade	24
Figura 06	Corte Sensor DHT22	24
Figura 07	Anemômetro e biruta eletrônica	25
Figura 08	Demonstração da velocidade angular	25
Figura 09	Esquema elétrico anemômetro	26
Figura 10	Esquema divisores de tensão	27
Figura 11	Datalogger Shield	28
Figura 12	Ethernet Shield	28
Figura 13	Caixa hermética	29
Figura 14	Pluviômetro analógico	29
Figura 15	Esquema elétrico pluviômetro	30
Figura 16	Abrigo sensor	31
Figura 17	Carregador Step-up Fotolito placa de apoio	31
Figura 18	Bateria selada 6V x 24Ah	31
Figura 19	Painel fotovoltaico 20W x 12vcc	32
Figura 20	Projeto conceitual	33
Figura 21	Caixa hermética para acomodação das placas	33
Figura 22	Fotolito placa de apoio	33
Figura 23	EMBC montada em placa de prototipagem Protoboard	34
Figura 24	Equação derivativa	35
Gráfico 01	Gráfico demonstrativo do PID	35
Gráfico 02	Análise do Ponto de orvalho máximo EMBC x ECA	39
Gráfico 03	Ponto de orvalho mínimo EMBC x ECA	40
Gráfico 04	Precipitação em mm	41
Gráfico 05	Rajadas de vento	42
Gráfico 06	Comparativo direção do vento entre a ECA e EMBC	43
Gráfico 07	Comparativo da velocidade do vento	44

Gráfico 08	Comparativo da pressão barométrica máxima EMBC x ECA	45
Gráfico 09	Comparativo da pressão barométrica mínima EMBC x ECA	46
Gráfico 10	Comparativo da umidade relativa do ar entre a ECA e EMBC	47
Gráfico 11	Comparativo da temperatura máxima entre a ECA e EMBC	48
Gráfico 12	Comparativo da temperatura mínima entre a ECA e EMBC	49
Figura 25	Diagrama do controle PID	35
Figura 26	Apresentação dos dados enviados pela EMBC – Dashboard	50
Figura 27	Sistema de login na plataforma Thingspeak	51
Figura 28	Inserção de senha para acesso ao sistema Thingspeak	52
Figura 29	Configuração os dados que serão recebidos pelo Thingspeak	52
Figura 30	Gráfico gerado automaticamente pelo sistema Thingspeak	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Equivalência dos resistores e direções	27
Tabela 02	Custos para construção de uma EMBC	37
Tabela 03	Ponto de orvalho máximo	39
Tabela 04	Ponto de orvalho mínimo	40
Tabela 05	Precipitação em mm	41
Tabela 06	Rajadas de vento	42
Tabela 07	Direção do Vento	43
Tabela 08	Velocidade do vento	44
Tabela 09	Pressão barométrica máxima	45
Tabela 10	Pressão barométrica mínima	46
Tabela 11	Umidade Relativa do ar - máxima	47
Tabela 12	Temperatura máxima	48
Tabela 13	Temperatura mínima	49

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	11
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	14
2.1	História das observações sensíveis e instrumentais	14
2.2	Clima urbano	18
3	<b>METODOLOGIA</b>	21
3.1	Descrição técnica dos sensores e materiais utilizados	22
3.2	Processo construtivo EMBC	32
3.3	Calibração	36
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	37
4.1	Análise de dados e comparações entre a EMBC e a ECA do INMET	38
4.2	Dados tratados pela plataforma Iot <a href="https://www.thingspeak.com">thingspeak.com</a>	50
5	<b>CONCLUSÃO</b>	54
	<b>REFERÊNCIAS</b>	56

## 1 INTRODUÇÃO

A urbanização e a expansão demográfica brasileira trouxeram, ao longo da história, significativos problemas socioambientais. Neste aspecto, surgem problemáticas que afetam as cidades, principalmente no que se refere à natureza. Segundo o Programa para Assentamentos Humanos das Nações Unidas (ONU-Habitat, 2018), até 2020, noventa por cento da população mundial viverá em grandes centros urbanos. Como consequência deste fenômeno, temos a extinção da vegetação nativa, destruição dos habitats naturais da fauna, alta impermeabilização dos solos, retificação e canalização de rios e riachos, geralmente, com obras executadas sem um critério técnico mais apurado, como por exemplo, estudos profundos sobre estas intervenções em cursos d'água, construção de galerias, dutos, bueiros, verificação sobre o correto uso e ocupação dos solos urbanos.

Segundo Douglas (1983) e Lawrence (2003) as cidades são sistemas complexos, abertos a fluxos de energia e massa e caracterizado por um contínuo processo de mudanças, portanto, o ambiente urbano engloba componentes naturais, artificiais, econômicos, sociais, culturais, podendo ser abordados por muitos pontos de vista. Oke (1984b, p. 19), define a climatologia urbana como o “ [...] estudo de seus estados atmosféricos mais frequentes.”

O clima urbano resulta das modificações que as superfícies, materiais e as atividades das áreas urbanas provocam nos balanços de energia, massa e movimento (LANDSBERG, 1981; OKE, 1987; KUTTLER, 1988; ARNFIELD, 2003), neste contexto, a resultante é a interação entre o clima urbano e o clima regional.

Não obstante, a Climatologia Urbana é um ramo de intensa multidisciplinaridade, envolvendo áreas como a Geografia, Arquitetura, Engenharia e a Meteorologia (LAWRENCE, 2003). É um domínio científico em que, tradicionalmente existe uma forte intervenção dos geógrafos, onde um dos principais exemplos é OKE da Universidade de Vancouver.

É neste contexto que surgem os principais problemas climáticos, nos centros urbanos, onde se buscam soluções para a mitigação dos impactos ambientais causados pela combinação de vários fatores, tais como, poluição do ar, ilhas de calor, modificações no padrão pluviométrico, diferenças térmicas regionais, ou mesmo interferência nos padrões climáticos regionais. Diante deste fato, temos instalada uma infraestrutura urbana, que, de certa forma, não vai ser modificada no curto e nem no médio prazo, neste caso, os problemas

relacionados ao clima continuarão a existir no ambiente urbano e até sofrerão impactos cada vez maiores.

Além dos problemas infraestruturais, existem, em particular nas cidades, problemas, considerados comuns, que pela própria existência das mesmas, se torna a cada dia mais impactante, com destaque para os alagamentos, as inundações e as enchentes. Na natureza, o curso das águas pluviais, segue a tendência já de à muito conhecida, que é a de que no ambiente sem urbanização, parte das águas pluviais são absorvidas pelo solo, onde as florestas, bosques, se comportam como um freio natural ao absorverem parte da energia cinética das chuvas e o excedente destas precipitações, após a saturação dos solos, escoam pelos seus caminhos naturais em córregos até chegarem aos rios principais de uma bacia hidrográfica. A bacia hidrográfica, por sua vez, contém uma estrutura que absorve toda esta água precipitada, e quando esta bacia satura, a tendência é que as águas excedentes transbordem e ocupem uma planície de inundações, com dimensões diversas. Segundo as Nações Unidas, o Brasil, figura entre os países com maior incidência de ocorrências e sinistros devido às inundações, alagamentos e enchentes. Além dos impactos econômicos, o Brasil registra, por ano, centenas de mortes por afogamentos, enxurrada e inundações em vales de inundação (MEDIONDO *et al.*, 2013).

A determinação de situações de risco da precipitação urbana advindos das alterações climáticas é feita através da capacidade da bacia do rio de adaptação e organização, incluindo a capacidade de se recuperar de desastres. Assim, há uma necessidade de construir-se a resiliência a riscos na sociedade, através de uma avaliação participativa dos riscos, vulnerabilidades e capacidades relacionadas com o planejamento de ações por parte das comunidades.

Segundo Vis *et al.* (2010) a gestão dos riscos de inundação com base na capacidade de resiliência é uma boa alternativa, pois as estratégias de resiliência são mais flexíveis e oferecem mais oportunidades para a natureza e desenvolvimento da paisagem. No entanto, a implementação requer enormes investimentos em curto prazo, enquanto que os resultados só ficarão claros ao longo de períodos de tempo relativamente longos. Resiliência é a capacidade do sistema urbano ou comunidade a resistir, mudar ou adaptar-se a fim de obter um nível de funcionamento e estrutura aceitável ou novo. Isto é determinado pelo grau em que o sistema social é capaz de organizar-se, e a sua capacidade para aumentar a seu potencial de aprendizagem e de adaptação, incluindo a capacidade para recuperar de uma catástrofe. (MENDIONDO, 2010). Neste caso, existem diversas opções de monitoramento e

gerenciamento de riscos meteorológicos, tais como Estações Meteorológicas Automáticas, Satélites e Radares Meteorológicos, entre outros.

As tecnologias existentes, apesar de terem alcançado o estado da arte, são muito caras, advindo daí o alto custo de aquisição das mesmas. Deste modo, a maioria das cidades brasileiras não têm condições financeiras para bancar a instalação de sistemas de monitoramento climático. O acesso e gerenciamento tecnológico, também se apresenta, como grande empecilho, devido a custos fixos, advindos destas aquisições, pois, para além da compra de equipamentos e sistemas, os municípios devem arcar com a mão de obra na operação e manutenção destes sistemas.

Perante esse contexto, este estudo objetivou a criação e o desenvolvimento de um sistema de monitoramento meteorológico de baixo custo, voltado às necessidades de gerenciamento e prevenção de riscos gerados por eventos climáticos no espaço urbano. Este estudo busca ainda adensar uma reflexão teórica sobre a temática, montar, instalar, testar e coletar dados meteorológicos com equipamentos de baixo custo, desenvolver um sistema de comunicação de dados online por meio de uma plataforma de uso livre, comparar os dados coletados com estação climatológica comercial.

Na busca do alcance dessas metas, este estudo foi organizado em uma Introdução que apresenta a problemática abordada, o objeto e objetivos do trabalho. Referencial teórico que buscou o entendimento da dinâmica climática no ambiente urbano, observação sensível e instrumental do tempo atmosférico. Metodologia que apresenta a descrição técnica dos sensores e dos materiais utilizados e processo construtivo da EMBC. Resultados e discussão que expõe os resultados alcançados, comparativo técnico e análise dos dados. Conclusões que exhibe o que foi aprendido pelo trabalho, possibilidades de aplicações, potencial, viabilidade técnica e perspectivas de futuras pesquisas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O desenvolvimento e pesquisa sobre aparelhos para medição do tempo atmosférico se desenvolveu, através da história, juntamente com o sedentarismo, onde as populações se fixaram e iniciaram-se os primeiros assentamentos humanos na Revolução Neolítica. Na prática, os humanos faziam suas observações sobre o clima empiricamente. Porém foi a partir do final da Idade Média, onde diversos cientistas começaram a pensar em como mensurar ou até mesmo prever as condições meteorológicas e em principio, foram descobertas, geralmente tentando estudar outros fenômenos alheios à própria meteorologia, que surgiam aparelhos arcaicos e que no decorrer dos anos foram sendo incorporados como objeto de estudos, principalmente nos ramos da Física e gradativamente foram evoluindo até chegarmos aos dias de hoje.

### 2.1 História das observações sensíveis e instrumentais

A humanidade sempre esteve atenta às mudanças no tempo atmosférico, pois elas, direta ou indiretamente, influenciavam sua sobrevivência. No início, estas observações eram condicionadas às sensações corpóreas e por um olhar atento dos sinais que surgem na natureza, onde identificavam as possibilidades de chuva, frio, geada, seca e até mesmo identificar com uma certa precisão, as horas do dia.

Estas práticas ainda ocorrem, porém, com bem menos intensidade, por poucas pessoas e em menos lugares. Entretanto, isso não minimiza a importância e a influência do tempo e do clima na vida humana e na dinâmica ambiental, segundo Ayoade (2004, p20):

O estudo do tempo do clima ocupa posição central e importante no amplo campo da ciência ambiental. Os processos atmosféricos influenciam em todas as partes do ambiente, principalmente na biosfera, hidrosfera e litosfera. Do mesmo modo, os processos e as outras partes do ambiente não podem ser ignorados pelo estudante do tempo e do clima. Os quatro domínios globais a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera não se superpõem uns aos outros, mas continuamente permutam matéria e energia entre si. O clima influencia as plantas, os animais (incluindo o homem) e o solo. Ele influencia as rochas através do intemperismo, enquanto as forças externas que modelam a superfície da Terra são basicamente controladas pelas condições climáticas.

Conforme West (2003), para a medição das condições climáticas e meteorológicas temos alguns instrumentos, criados através da história das observações destas condições, que no caso fizemos uma cronologia de quando surgiram e quem inventou tais instrumentos. É uma informação bastante sucinta, porém de grande valia para compreensão da evolução tecnológica que foi sendo desenvolvida através do tempo:

### **Termômetro**

A seguinte cronologia mostra o avanço da tecnologia de medição de temperatura:

1592: Galileo Galilei constrói o termoscópio

1612: Santorre Santorio dá uso médico ao termômetro.

1714: Daniel Gabriel Fahrenheit inventa o termômetro de mercúrio

1821: Thomas Johann Seebeck inventa o termopar.

1885: Calender-Van Duesen inventa o termômetro de sensor de temperatura de resistência de platina.

1892: Henri Louis Le Châtelier constrói o primeiro pirômetro óptico.

### **Barômetro**

Através de uma carta, datada de 1630, Giovan Batista Bialiani instigou Galileu Galilei a desvendar o motivo pelo qual seu sistema de transporte de água não funcionava. O sistema consistia em uma bomba de sucção que sugava a água sobre uma ladeira de 21 metros. Galileu Galilei descobriu, após pesquisar tal efeito, que os limites da bomba de sucção eram 11 metros de coluna de água.

Compartilhou os resultados obtidos com seu discípulo, Torricelli, o qual deu continuidade aos estudos. Com o auxílio de Vincenzo Viviani e de seus experimentos, ambos conseguiram provar que o ar possuía peso.

Inicialmente, Torricelli projetou um protótipo de barômetro de 18 metros que utilizava água. Entretanto, requerer-se-ia uma análise muito criteriosa e custosa devido às dimensões do objeto em questão. Desse modo, substituiu a água por um material que possui a densidade aproximadamente 13 vezes maior, o mercúrio. Essa troca possibilitou a Torricelli a redução do tubo de vidro para aproximadamente 90 centímetros.

O instrumento utilizado por Torricelli consistia em um tubo de vidro longo com uma das extremidades fechadas, de aproximadamente noventa centímetros. Primeiramente, o tubo era preenchido com mercúrio e em seguida era invertido em uma base a qual também continha mercúrio.



A coluna de mercúrio, repetidamente, se estabilizava em aproximadamente 76 centímetros. Algumas pequenas diferenças foram registradas na medição, no entanto, sabe-se hoje que essas flutuações ocorreram devido a variações na temperatura e na pressão atmosférica.

Diversas pesquisas prosseguiram até que, em 1665, o cientista inglês Robert Hooke criou o barômetro de escala circular.

Por volta de 1700, o matemático Gottfried Leibniz, lançou o conceito do barômetro sem líquido e a primeira versão de tal objeto foi construída por Lucien Vidie (barômetro aneroide metálico). Devido ao fato de o instrumento ser selado, ele não apresentava perigo de derramar o líquido nele existente. Com isso, rapidamente tal objeto se tornou um instrumento muito recorrente nas áreas relacionadas à meteorologia.

### **Pluviômetro**

As primeiras medições de chuva foram relatadas pelos gregos, mais ou menos quinhentos anos antes de Cristo. Cem anos mais tarde, na Índia, as pessoas usavam recipientes para coletarem água de chuva para seu uso, e também para medirem, em uma escala ainda desconhecida, a quantidade de chuva precipitada, esta informação era utilizada pelos agricultores. Porém, a ideia de um pluviômetro como conhecemos hoje, surgiu com um estudo realizado por Benedetto Castelli, discípulo de Galileo, que inventou um dispositivo, milimetrado, onde coletava amostras a cada hora e comparava com um outro invólucro cheio de água, deste modo ele conseguiu criar um padrão de observação para o seu estudo. Robert Hook, também se apropriou da ideia e em 1670 usa um medidor de chuva, baseado em um balde.

### **Higrômetro**

As primeiras observações de que a lâ aumenta de peso com a humidade remontam ao século XV. O primeiro instrumento de medição da humidade atmosférica, precursor do higrômetro mais moderno, foi um instrumento criado por Johann Heinrich Lambert (1728 – 1777). Os suíços Horace Bénédict de Saussure (1740 – 1799) e Jean-André de Luc (1727 – 1817) também contribuíram para a elaboração de diferentes higrômetros. Saussure, em 1783, criou um higroscópio cuja medida era baseada na alteração do comprimento de um fio de cabelo com a humidade atmosférica. Por outro lado, André de Luc criou um instrumento de funcionamento semelhante a partir de um corte bastante fino de um osso de baleia. Historicamente, outro importante higrômetro foi o criado pelo inglês John Frederic

Daniell (1790 – 1845), porém, este exigia uma montagem mais dispendiosa e uma medição mais demorada. Existem cinco grandes grupos de higrômetros: os psicrômetros, os higrômetros de absorção, os higrômetros de condensação, os higrômetros elétricos e os higrômetros químicos.

### **Biruta ou Indicador da direção do vento**

Um indicador de vento é usado em navios e barcos para apontar a direção do vento. Os indicadores de vento utilizam a tecnologia das ventoinhas para apontar a direção correta do vento nos oceanos.

A razão mais importante pela qual os indicadores de vento são necessários nos navios é por causa da imprevisibilidade do clima na rota comercial.

O vento é muito afetado pela água e, dado que os navios não têm um curso constante sobre a água, o uso de um indicador de vento fornece aos navios o conhecimento da direção do ar que está soprando. Com a ajuda desse conhecimento, o capitão de um navio pode evitar situações de emergência como tempestades instantâneas e ventos causados por uma direção particular.

O papel e a responsabilidade de um indicador de vento são únicos. A singularidade e a confiabilidade são os fatores que tornam os indicadores de vento um dos aspectos mais necessários das viagens marítimas, mesmo que muitas tecnologias tenham se desenvolvido para ajudar os navios nos tempos atuais. O primeiro medidor de vento mecânico foi criado em 1450 por Leon Battista Alberti, um artista e arquiteto italiano. Indicadores de vento também são utilizados pela aviação em aeroportos e aeródromos.

### **Anemômetro**

Segundo Paes (1986) existem registros que atribuem a invenção a Leonardo da Vinci, porém considera-se como o inventor do primeiro anemômetro o humanista italiano Leon Batista Albert em 1450. Consistia num disco colocado perpendicularmente à direção do vento, e através do ângulo de inclinação do disco era medida a velocidade do vento. Esse mesmo tipo foi mais tarde reinventado por Robert Hooke, inglês, em 1644, muitas vezes também considerado erroneamente como o inventor do primeiro anemômetro. O anemômetro de conchas, ainda hoje largamente utilizado, foi inventado em 1846 por John Thomas Romney Robinson. O anemômetro de tubo é muitas vezes atribuído a James Lind (1755), embora este não tenha sido o primeiro a desenhá-lo, porque o seu foi considerado o mais prático e assim o mais reconhecido. O anemômetro sônico foi inventado pelo geologista Dr. Andreas Pfitsch, em 1994.

## 2.2 Clima urbano

Desde meados do século XIX, existem pesquisas sobre o clima urbano, principalmente em Londres e em Paris, cujos efeitos da Era Industrial, despertaram o interesse científico a respeito do tema, onde juntamente com o crescimento das cidades e das populações urbanas, cresceram os problemas de ordem climática. Este crescimento introduziu novos elementos físicos e químicos na atmosfera, criando assim o clima urbano. No caso brasileiro, a urbanização ocorreu em um prazo muito curto, com o fenômeno do êxodo rural, iniciado em 1950 até meados da década de 1970. Dentro de pouco mais de trinta anos, a população rural, avança rumo às cidades e este avanço traz em si diversos fenômenos de ordem social, estrutural e climática, visto que as cidades não estavam preparadas para esta onda de aporte populacional, observa-se ainda que este aporte foi totalmente destituído de qualquer forma de planejamento.

Em 1976, surge a ideia de Sistema Clima Urbano (SCU), onde Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro apresenta este sistema em sua tese de livre docência.

Para a realização deste trabalho utilizamos as teorias de Monteiro (1976), Monteiro e Mendonça (2003) e Oke (1973). Para Monteiro (2003) a cidade é cada vez mais a referência de morada humana, e é também onde ocorrem as maiores interações entre homem e natureza, aliado a este fenômeno, existe a dinâmica da cidade, onde ocorrem todos os processos e movimentações, edificações e tentativas de ocupar, organizar e tirar proveito de todas as facilidades oferecidas pelo meio urbano, o que "[...] faz com que as cidades sejam os lugares onde as resultantes ambientais configuram-se como obra conjunta de uma natureza retrabalhada e aperfeiçoada aos propósitos do viver humano." (MONTEIRO, 2003. p.10).

Na metodologia SCU, as principais variáveis que são fundamentos da climatologia, são a temperatura, umidade e pressão barométrica, onde homem e natureza agem de forma participativa. Também no SCU, Monteiro (1976), constrói sua teoria baseada na Teoria Geral dos Sistemas, criada por Ludwig Von Bertalanffy, onde devido a sua complexidade, o SCU é um sistema aberto e adaptativo. Assim para Monteiro (2003, p. 25), dentro do espaço urbano, o homem:

[...] na medida em que conhece e é capaz de detectar suas disfunções, pode, através do seu poder de decisão, intervir e adaptar o funcionamento do mesmo, recorrendo a dispositivos de reciclagem e/ou circuitos de retroalimentação capazes de conduzir o seu desenvolvimento e crescimento seguindo metas preestabelecidas.

Desta forma, temos como base teórica, amplamente utilizada no Brasil em diversos trabalhos acadêmicos, principalmente em teses e dissertações de Mestrado e Doutorado, o SCU.

Com este embasamento teórico, partimos para a definição geral do projeto, baseada no uso das ciências e tecnologias que surgiram, principalmente no correr das últimas duas décadas, onde o estado da arte se concretiza através de equipamentos de última geração, capazes de ler, armazenar, distribuir e, sobretudo, quantificar medidas climatológicas, capazes de dar suporte a tomadas de decisão com base em análises matemáticas, que são visualizadas em formas de tabelas e gráficos disponibilizados por tais tecnologias.

Passamos a uma segunda fase da pesquisa, muito importante para o projeto, que são as definições de alguns processos físicos, alvos principais deste trabalho, as precipitações no ambiente urbano, principais causas de enxurradas, alagamentos e enchentes e as secas sazonais, causadoras de desconforto térmico e incêndios provocados ou não pelo homem.

As enxurradas, alagamentos e inundações no espaço urbano, existem desde que surgiram as cidades. Estes fenômenos vêm sendo tratados por vários autores com diversos enfoques diferentes, como por exemplo, (TUCCI, 1995, 2007; PISANI, 2001; GRILO, 1992; PÔMPEO, 2000), que pesquisam a temática. Neste caso é preciso conceituar os fenômenos claramente, tendo em mente que os mesmos estão ligados à questão da água. Esta questão costuma ser interpretada de forma errônea por se tratarem de fenômenos naturais ou não.

O termo enxurrada é normalmente conceituada pelas Secretarias de Defesa Civil baseadas na definição da Classificação de Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), em 2012, como sendo o escoamento de água superficial de alta velocidade, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. É caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Neste caso é de vital importância, o entendimento deste fenômeno, pois neste processo, devido a enorme energia acumulada durante o seu percurso, causa um grande impacto em seu caminho, inclusive colocando em risco a vida de pessoas e animais.

Somado a isto, temos os problemas estruturais das obstruções das obras de drenagem ou até mesmo da falta das mesmas. Estes sistemas, em muitas cidades, ainda são implantados de maneira equivocada, porque problema em questão é resolvido paliativamente, ou até mesmo é transferido para o futuro.

Tucci (2007) nos diz que inundações urbanas são ocorrências em rios, riachos ou galerias pluviais, quando a água ali depositada extrapola o seu leito natural devido à saturação de sua área de transporte e invade áreas utilizadas pela população para moradia, recreação, indústria

e comércio. Estes eventos são causados de formas naturais e ampliadas pelo comportamento humano ao ocupar áreas fragilizadas ou inapropriadas à ocupação urbana, que sempre ocorre com pavimentações, impermeabilizações, entre outros. Com relação aos alagamentos, estes ocorrem em áreas planas com depressões ou fundos de vale, onde as obras de infraestrutura são deficitárias ou simplesmente não existem. Neste caso, o escoamento superficial fica comprometido ainda mais, pela falta de áreas de infiltração natural, que poderia alimentar aquíferos suspensos e diminuir os impactos causados por estes alagamentos (TEODORO; NUNES, 2007).

A partir da década de 1960, vários países começaram a questionar o modelo de drenagem urbana tradicional que tinham como função retirar rapidamente as águas acumuladas em locais estratégicos, transferindo o problema para outras áreas. Este pensamento ainda faz parte do Planejamento Urbano de grande parte das cidades brasileiras, dando pouca ou nenhuma importância ao escoamento superficial urbano (POMPÊO, 2000).

De acordo com BRAGA (2016), nos últimos trinta anos, foram introduzidas novas formas de abordagem ao problema dos alagamentos e enchentes. As planícies de inundação passam a ser objeto de planejamento, sofrendo restrições quanto ao tipo de ocupação e obras, objetivando a preservação na área de escoamento e a minimização das perdas de carga hidráulica nestes locais.

Os eventos de precipitação pluviométrica extrema é também objeto de pesquisa deste trabalho. Segundo Tucci(1993), a precipitação é toda água vinda da atmosfera, que atinge a superfície terrestre em forma de chuva, granizo, geada ou neve, onde o volume, duração temporal e espacial são as suas principais características.

Por meio de observações empíricas, conclui-se que as chuvas não são distribuídas uniformemente no espaço, por isso é necessário determinar sua duração, frequência e intensidade. Neste caso, PEREZ (2013, p.11) nos aponta a ferramenta básica da Estatística onde encontram-se os dados das séries históricas do local onde ocorre a precipitação.

Para Tucci (1993), a precipitação máxima é entendida como sendo uma ocorrência extrema, com distribuição temporal e espacial, fundamentais para uma determinada área de captação.

Deste modo, conclui-se que os alagamentos se dão, na maior parte das vezes, por eventos de chuva extrema e precipitação máxima.

---

### 3 METODOLOGIA

Para a construção da Estação Meteorológica de Baixo Custo, foi escolhido o micro controlador ATMEGA, muito utilizado atualmente em Escolas Técnicas, Universidades, pois é, atualmente o de melhor custo-benefício, oferecendo uma ampla gama de exemplos e bibliografias, além disto, é um componente livre de licença, podendo o usuário, modificar as suas estruturas internas de programação e mais aprofundadamente, trabalhar em baixo nível, onde a programação de suas portas lógicas são tratadas bit a bit, em linguagem binária. Além disto, a própria programação, baseada na linguagem C++, possui uma plataforma livre, podendo ser compartilhada com outros pesquisadores, grupos de trabalho ou parcerias entre instituições, bastando para isto, fazer a referencia da origem do modelo de programação e de quem fez a primeira programação do mesmo projeto. Desta forma, um programa escrito para o micro controlador ATMEGA, de certa forma é de domínio público.

Figura 01 EMBC – Testes operacionais, 2018



Fonte: MOURA, R.M. (2018)

A figura 01 mostra a EMBC após a montagem, em fase de testes operacionais e de transmissão de dados via web. Neste processo são verificadas as tolerâncias a altas temperaturas, durabilidade dos materiais e resistência a intempéries. Nota-se que nenhum sensor está colocado dentro da caixa hermética, pois a mesma destina-se apenas para a acomodação das placas do micro controlador e bateria.

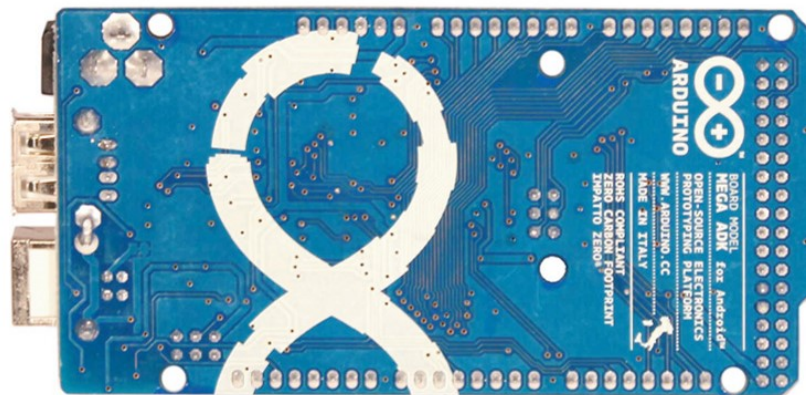
### 3.1 Descrição técnica dos sensores e dos materiais utilizados

Figura 02 – Placa Arduino Mega 2560 Frente(2018)



Fonte: Arduino Ltd (2018)

Figura 03 – Placa Arduino Mega 2560 Verso(2018)



Fonte: Arduino Ltd

O Arduino Mega (figuras 02 e 03) é uma placa de micro controlador baseado no ATMEGA2560. Ele tem 54 pinos de entrada/saída digital (dos quais 15 podem ser usados como saídas PWM), 16 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação, uma conexão ICSP e um botão de reset. Ele contém todos os componentes necessários para suportar o micro controlador, simplesmente conecte a um computador pela porta USB ou alimentar com uma fonte ou com uma bateria.

## Sensor de pressão barométrica

Figura 04 - Sensor de Pressão Barométrica



Fonte: Adafruit Ltd

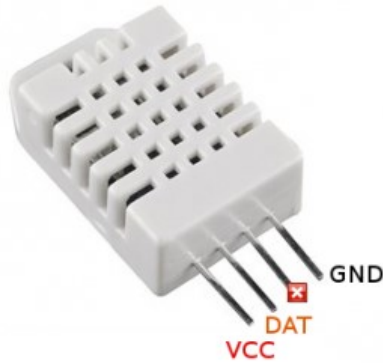
O sensor de pressão barométrica é utilizado para a leitura e coleta da pressão barométrica ( Figura 04).

Este módulo é integrado como o chip BMP180 (sucessor do BMP085), que é um sensor usado para detectar a pressão atmosférica e temperatura. O BMP180 possui uma faixa de medições entre 30.000 e 110.000Pa, onde o símbolo "Pa" significa Pascal, que é a unidade padrão de medida para pressão no SI (Sistema Internacional de Unidades). 1Pa equivale à força de 1N aplicada uniformemente sobre uma superfície de 1 m<sup>2</sup>. Mas o mais comum é ver essa unidade convertida em hPa (hectoPascal), que equivale a 100Pa ou kPa (kiloPascal), que equivale a 1000Pa. O BMP180 proporciona uma precisão absoluta de 2,5hPa e ruído de até 0,03Hpa, além de fornecer uma medição de temperatura na faixa entre -45°C e 85°C, com precisão de +-2°C.



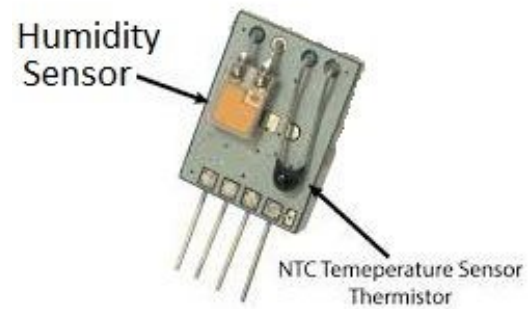
## Sensor de temperatura e umidade relativa do ar

Figura 05 – Sensor de Temperatura e Umidade



Fonte: Adafruit Ltd, 2018

Figura 06 – Corte Sensor DHT22



Fonte: Adafruit Ltd, 2018

O sensor de temperatura e umidade relativa do ar é responsável pela coleta dos dados lidos, relativos a temperatura ambiente e umidade relativa do ar. Estes dados são coletados e calculados automaticamente pelo sensor. O mesmo dispõe de dois componentes em um único encapsulamento de acordo com a figura 05.

São dois dispositivos sensores encapsulados em uma única estrutura. Suas principais características são:

Baixo custo

Tensão de alimentação de 3V a 5V

2.5mA de corrente máxima durante a conversão

Bom para medir umidade entre 0% e 100%, com 2% a 5% de precisão

Bom para medir temperaturas entre -40 e 125°C, com  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  de precisão

Taxa de amostragem de até 0,5Hz (2 leituras por segundo)

Dimensões: 15.1mm x 25mm x 7.7mm

4 pinos com 0.1" de espaçamento entre eles

## Anemômetro e biruta eletrônica

Figura 07 – Anemômetro e biruta eletrônica



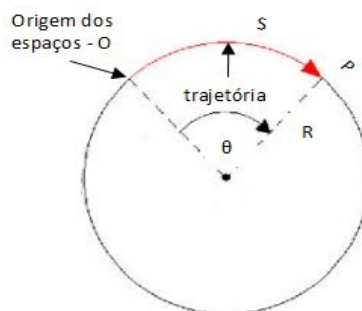
Fonte: MOURA, R. M. (2018)

São os elementos responsáveis pelas leituras da velocidade e direção do vento. São baseados em sensores de efeito hall, atuam por meio da contagem de um ponto magnético acoplado a um eixo rotativo, que quando em movimento, geram um fluxo magnético que induz um pulso enviado ao sistema, nele pode-se medir a velocidade em Km/h ou MPH. A biruta eletrônica tem o mesmo princípio de funcionamento, porém devido às suas peculiaridades ele aponta a direção do vento, baseando-se no seu posicionamento em relação ao Norte Geográfico (figura 07).

O anemômetro é composto por duas partes, o sensor de velocidade do vento que utiliza um reed switch e o sensor de direção do vento que utiliza um divisor de tensão para indicar sua direção, conforme mostrado na figura 07.

O cálculo utilizado neste sensor é o cálculo da velocidade angular descrito pelas relações matemáticas descritas abaixo.

Figura 08 – Demonstração da velocidade angular



Fonte: Ramalho Junior, F. 2018.

Na imagem acima, um ponto realizou uma trajetória do ponto O ao ponto P descrevendo um espaço linear S e um espaço angular  $\theta$  em um círculo de raio R. O ângulo  $\theta$  é dado em radianos e se relaciona com o espaço linear descrito e o raio R do círculo.

$$S = \theta R$$

Sendo assim, utilizamos esta relação para o cálculo da velocidade instantânea do vento, descrita pela equação abaixo, já com os parâmetros do anemômetro.

$$V_{\text{vento}} = (4 * \pi * R * \text{RPM}/60)/1000$$

Constantes:  $\pi = 3,1416$

R = 147mm (raio)

No cálculo de R.P.M (rotações por minuto) temos uma função criada no micro controlador que realiza a seguinte operação:

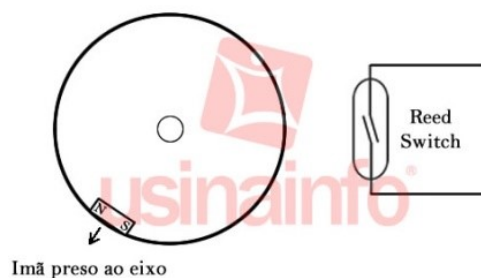
$\text{RPM} = ((\text{counter}) * 60) / (\text{period} / 1000)$ , onde:

Counter= contador de rotações

Period = 5000 milissegundos

Que é a relação:  $\theta = S/R$

Figura 09 – Esquema elétrico anemômetro

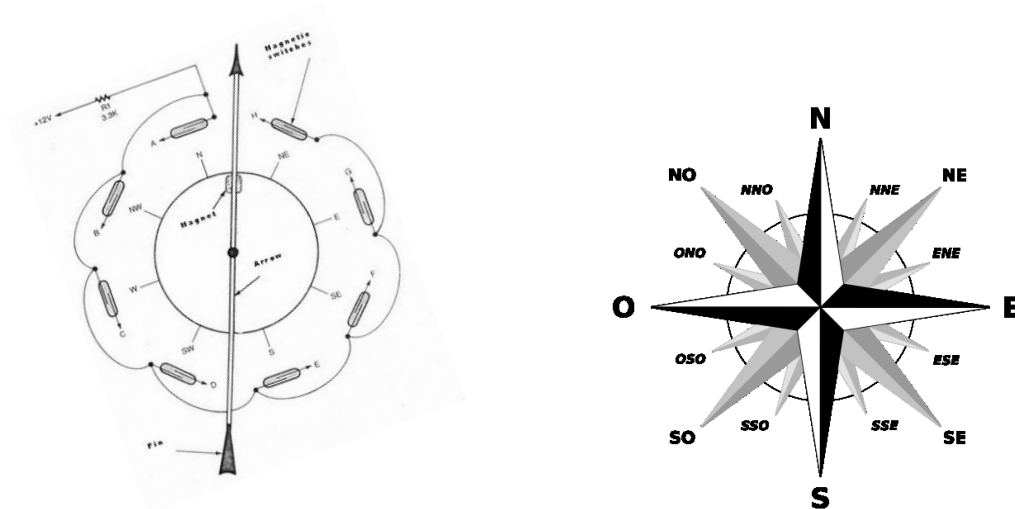


Fonte: Usinainfo Ltda.

### Sensor de direção do vento (Biruta eletrônica)

O sensor de direção do vento é um conjunto de resistores, ligados de maneira tal, que formem um conjunto de divisores de tensão, de acordo com a figura 10.

Figura 10 – Esquema divisores de tensão equiparação lógica com a Rosa dos Ventos



Fonte: IFPR

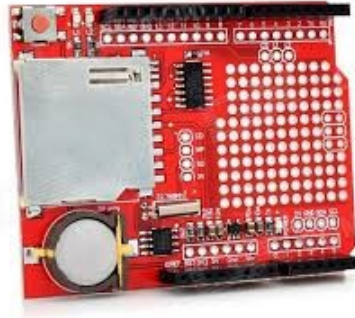
Tabela 01 – EMBC: Equivalência dos resistores e direções, 2018

Valor Resistor	Graus Decimais	Direção do Vento
0,32	315	NE
0,38	270	W
0,45	225	SW
0,57	180	S
0,75	135	SE
1,25	90	E
0	360	N

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

## **Datalogger e RTC( Relógio de Tempo Real)**

Figura 11 – Datalogger Shield



Fonte: Adafruit Ltd

O Datalogger shield é a placa responsável pelo armazenamento dos dados coletados e pelo sincronismo temporal de todo o sistema (figura 11).

## **Ethernet Shield**

Figura 12 – Ethernet Shield



Fonte: Arduino Ltd

Esta placa é responsável por conectar a Estação à internet (Figura 12).

## Caixa Hermética

Figura 13 – Caixa hermética



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Na caixa hermética serão acondicionados todas as placas, bateria e carregador. Ela protege todo o sistema contra as intempéries. Os sensores externos serão montados em um tripé, de acordo com as normas vigentes (figura 13).

## Pluviômetro Analógico

É o sensor responsável por coletar as informações referentes à pluviosidade ou quantidade de chuva precipitada por um determinado tempo, esta informação é linear e enviada diretamente ao sistema central (figura 14).

Figura 14 – Pluviômetro analógico

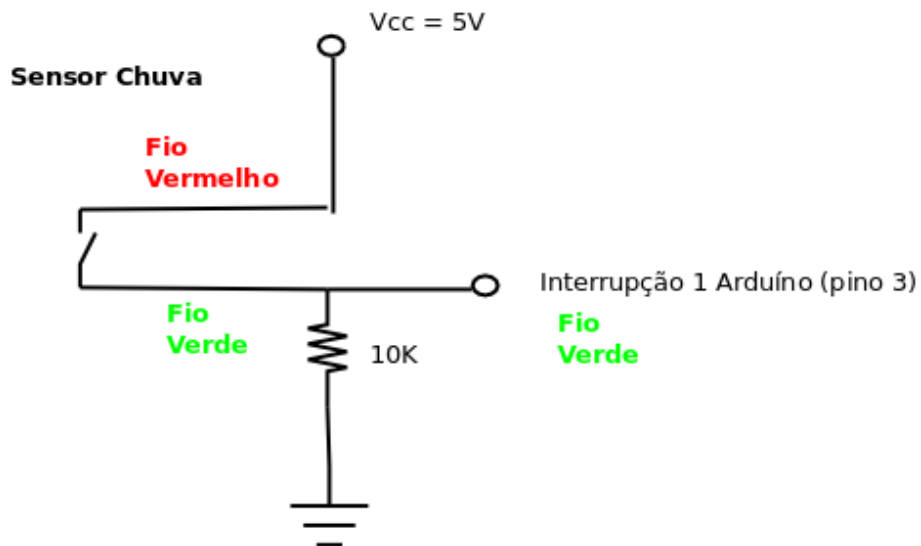


Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Com a finalidade de integrar a EMBC, o pluviômetro, equipamento que realiza a medição da quantidade de chuva, se utiliza eletronicamente do sistema switch conseguindo uma fácil utilização com as placas arduino.

O pluviômetro funciona com 2 básculas, em uma forma de "gangorra", ou seja, quando uma báscula recebe certa quantidade de água ela desce, registrando aquela quantidade em milímetros, que é a unidade padrão para a precipitação.

Figura 15 – Esquema elétrico pluviômetro



Fonte: IFPR

## Abrigo para sensor de temperatura e umidade

Figura 16 – Abrigo sensor



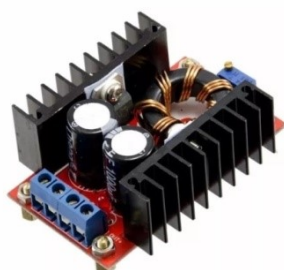
Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Este abrigo serve para a proteção dos sensores de temperatura, umidade e pressão barométrica (figura 16).

## Sistema de alimentação

O sistema de alimentação desta estação meteorológica é composto de uma placa fotovoltaica de 10 watts/hora, um carregador para baterias de 6,0V com controle PWM. A bateria de 6,0V é utilizada durante a noite e em caso de falha do sistema carregador, esta bateria consegue manter o sistema operante por 24h. Durante o dia, a placa fotovoltaica se encarrega de fornecer energia para o sistema e também para o carregamento da bateria, conforme figuras 17, 18 e 19.

Figura 17 – Carregador Step-up



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Figura 18 – Bateria selada 6V x 24Ah



Fonte: MOURA, R. M. (2018)



Figura 19 – Painel fotovoltaico 20W x 12vcc



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

### 3.2 Processo construtivo da EMCB

O processo construtivo é em primeira etapa, do tipo prototipagem e testes quantitativos e qualitativo. Nesta fase, todos os componentes são interligados à placa ARDUINO MEGA (Figura 23), com a utilização de uma protoboard ou placa de prototipagem. Esta fase é muito importante ao projeto, pois é nela que são testados todos os sensores, executadas medições, verificadas as amplitudes mínimas e máximas de cada sensor de acordo com seu respectivo datasheet (planilha de dados referente ao sensor).

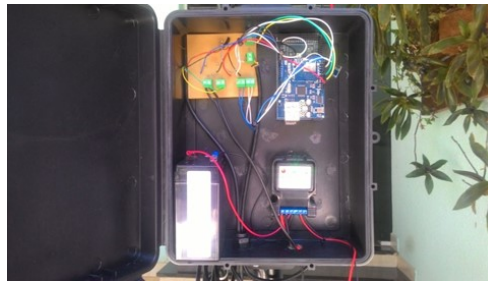
Nesta fase também, acontece a primeira etapa de construção do algoritmo que será gravado na placa ARDUINO MEGA. Após a definição do algoritmo, será escrito o código fonte ou código de programação do micro controlador, neste momento acontece a configuração de cada sensor do projeto e é escolhida a forma de tratamento de dados, onde serão gravados ou por qual via será feita a transmissão destes dados, esta é a parte onde se cria a inteligência do sistema e também onde são tomadas as decisões com base nas leituras dos sensores. Abaixo, a figura 20 mostra o esquema conceitual do sistema.

Figura 20 – Projeto conceitual



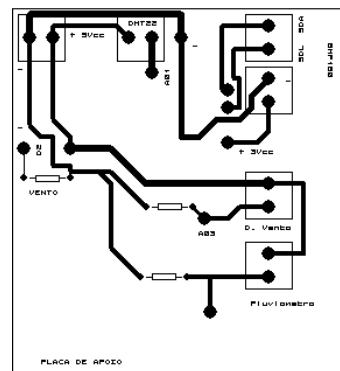
Fonte: Igor Albuquerque – UFPE, 2016.

Figura 21 – Caixa hermética para acomodação das placas



Fonte: MOURA, R.M. (2018)

Figura 22 – Fitolito placa de apoio



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

O fotolito (Fig. 22) é utilizado para a fabricação da placa de apoio ao restante do sistema, esta placa acondiciona as entradas e saídas para a placa Arduino e é responsável pela entrada de alimentação de todo o circuito que será embarcado em uma caixa hermética.

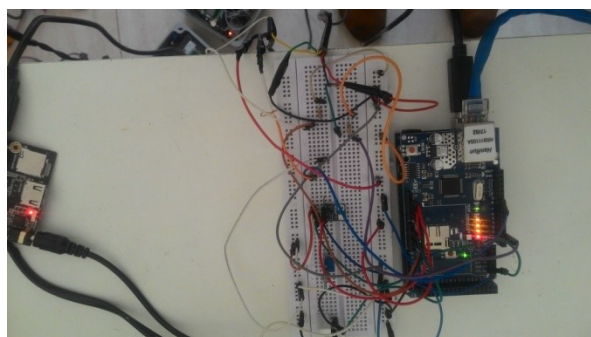
Durante o processo construtivo do equipamento, busca-se uma padronização de acomodação de todo o circuito que compõe o mesmo, apesar de ainda serem fabricados

artesanalmente, pode-se no futuro serem desenvolvidas caixas e suportes projetadas especialmente para estes equipamentos.

Todos os circuitos e componentes dos equipamentos foram submetidos a testes de estresse climático, eletrônico e mecânico, para as devidas confirmações de durabilidade e viabilidade técnica do produto final. Para isso foram amplamente utilizadas as experiências empíricas, acumuladas durante anos de trabalho com materiais semelhantes ao utilizado no equipamento produzido para este projeto.

Conforme a figura 23, a EMBC está em teste, com todos os seus componentes instalados em uma placa de prototipagem.

Figura 23 – EMBC montada em placa de prototipagem Protoboard, 2018



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Para garantir que o dado obtido através do sensor de temperatura não apresente um valor absurdo em decorrência de picos de energia que afetam todo o sistema eletrônico, utilizamos do sistema P.I.D, Proportional, Integrative and Derivative Function, ou seja, as equações Proporcional, Integral e Derivada de uma função qualquer. Neste caso específico, onde não é preciso definir um ponto de controle, utilizamos apenas a derivada, para garantir que os dados no correr do tempo, não sofram acréscimos de números fora do universo de números obtidos em uma escala de tempo qualquer. Isso significa que, se um determinado número apareça muito abaixo ou acima dos valores lidos em uma faixa de tempo, ele será excluído antes que possa chegar ao banco de dados ou ao datalogger, garantindo assim um conjunto de dados mais próximos à realidade, podendo depois deste processo matemático, serem efetuados os cálculos da média da temperatura dentro de uma coleção de dados. A

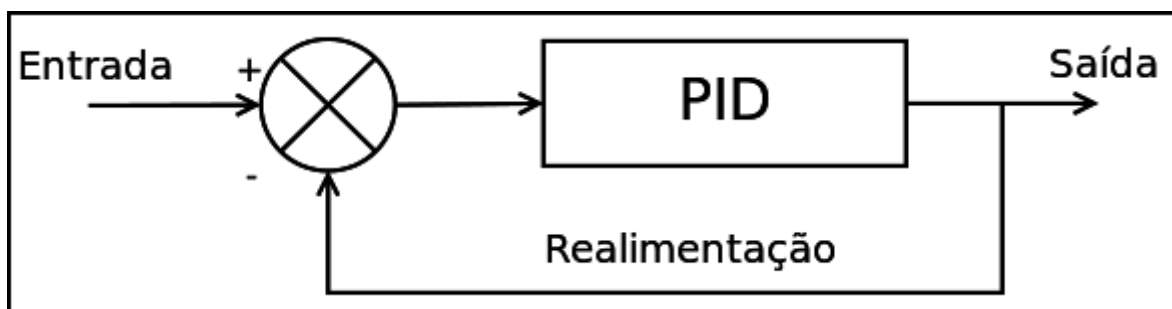
figura 24 ilustra a equação de uma função derivada e a figura 25 demonstra o seu processo eletrônico.

Figura 24 – Equação derivativa

$$D_{\text{out}} = K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

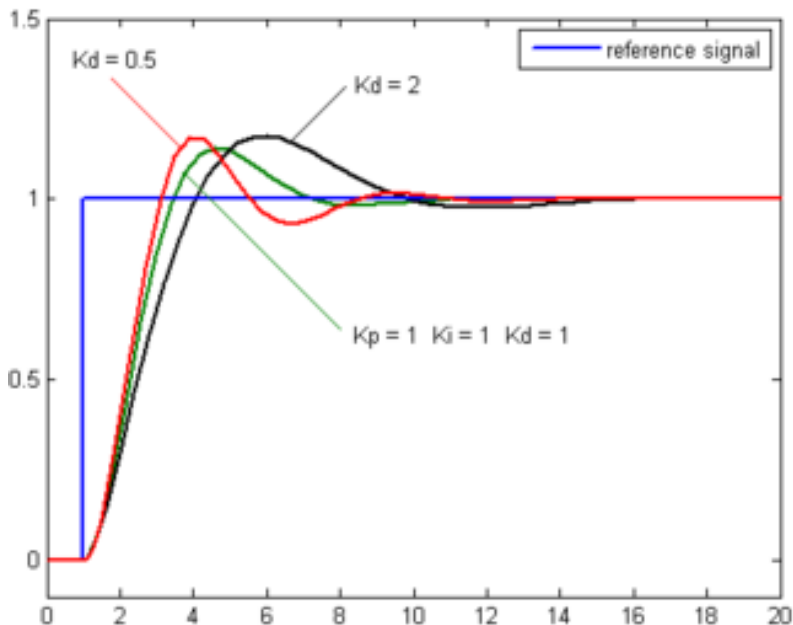
Fonte: SOARES, P. A. T., 2012.

Figura 25 – Diagrama do controle PID



Fonte: SOARES, P. A. T., 2012.

Gráfico 01 – Gráfico demonstrativo do PID



Fonte: SOARES, P. A. T.

O gráfico 01 demonstra em azul o sinal originário do sensor, em onda quadrada, as linhas vermelha, verde e preta, mostram o sinal tratado por uma equação proporcional, o sinal tratado por uma equação integral e o sinal tratado por uma equação derivada. No caso específico dos sensores de temperatura e umidade, trabalhamos apenas com a equação

derivada de primeira ordem. Ela é utilizada como forma de prever o comportamento do sinal vindo do sensor. Neste caso esta equação serve para separar valores que extrapolam o conjunto de dados de entrada, ou seja, caso apareça um número muito acima ou abaixo do conjunto de dados advindos do sensor, automaticamente ele será excluído do conjunto de dados que estão sendo gravados ou enviados para o banco de dados. As equações proporcionais e integrais não são utilizadas neste caso específico por que não é necessário manter uma constante K como ponto de controle.

### **3.3 Calibração dos sensores**

É a operação que, em condições especificadas, num primeiro passo, estabelece a relação entre os valores da grandeza com incertezas de medição provenientes de padrões e as indicações correspondentes com incertezas de medição associadas e, num segundo passo, usa-se esta informação para estabelecer uma relação para obter o resultado de medição de uma indicação. Uma calibração pode ser expressa sob a forma de um enunciado, uma função de calibração, um diagrama de calibração, uma curva de calibração, ou uma tabela de calibração. Em alguns casos, pode consistir numa correção aditiva ou multiplicativa da indicação com uma incerteza de medição associada. A calibração não deve ser confundida com o ajuste de um sistema de medição, muitas vezes denominado erradamente “autocalibração”, nem com a verificação da calibração. Frequentemente, o primeiro passo da definição é tomado como sendo a calibração.

Neste estudo, as calibrações foram efetivadas após a verificação do valor dos sensores que estavam desajustados. A partir dessa identificação, foi montado um sensor denominado de sensor espelho que possibilitou verificar o valor do sensor fixo. Após este procedimento foram efetuadas leituras do sistema de co-validação que relacionam matematicamente os três valores (ECA, EMBC e Sensor espelho), obtendo-se assim os valores mínimo aceitável, dentro das condições e indicações do fabricante dos sensores utilizados na EMBC.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Abaixo, demonstraremos os custos de aquisição de componentes para construção de uma EMBC x Estação climatológica automática comercial da marca Hobbo. Neste caso, temos os custos por componentes adquiridos para a construção da EMBC e da Estação climatológica temos apenas o custo total de aquisição por se tratar de um produto comercial, não temos como mensurar o custo por componente.

Tabela 02: EMBC - Custos dos sensores e mateais, 2018

<b>Tabela de custos para aquisição dos materiais utilizados EMBC</b>		
<b>Sensores</b>	<b>Preço</b>	<b>Quantidade</b>
Placa Arduino MEGA	R\$94,90	1,00
Sensor de pressão barométrica	R\$25,23	1,00
Sensor de Temperatura e umidade	R\$29,90	1,00
Anemômetro e biruta digital	R\$257,90	1,00
Datalogger Shield	R\$29,90	1,00
Ethernet Shield	R\$57,80	1,00
Pluviômetro Digital	R\$149,99	1,00
<b>Total parcial</b>	<b>R\$645,62</b>	
<b>Materiais diversos</b>		
Abrigo sensor de temperatura e umidade	R\$100,00	1,00
Carregador Step-up	R\$22,95	1,00
Bateria 6Vcc x 24Ah	R\$47,00	1,00
Painel Fotovoltaico	R\$359,00	1,00
Tripé 150cm x ¾	R\$40,00	1,00
Caixa Hermética	R\$35,00	1,00
<b>Total parcial</b>	<b>R\$603,95</b>	
<b>Total Geral</b>	<b>R\$ 1.249,75</b>	

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Custo aproximado para aquisição de uma Estação automática marca Hobbo:

R\$ 30.000,00, incluindo os custos de impostos de importação, licenciamento do software de controle da estação, inserção de créditos para o chip de telefone celular GSM e anuidades quando se tratar de estações com comunicação via satélite. Existem estações menos robustas, de custo inferior, entre R\$ 7.000,00 a R\$ 10.000,00. Mesmo estas ainda são inacessíveis à maioria dos municípios..

Nitidamente o custo para a construção de uma EMBC é bem mais baixo em relação às Estações Hobbo, porém, por se tratar de um equipamento experimental, ainda requer alguns aperfeiçoamentos e testes, entre eles os testes de durabilidade e estresse à intempéries, entre outros.

#### **4.1 Análise de dados e comparações entre a EMBC e a ECA do INMET**

Os dados foram coletados no dia 20/10/2018 entre 00:00 horas e 23:00. A EMBC foi instalada no mesmo local da ECA-INMET,

O cálculo do ponto de orvalho da EMBC foi feito através de uma fórmula empírica, utilizada para a determinação ideal do ponto de orvalho na aplicação de tintas e vernizes.

#### **T- (100-U)/5**

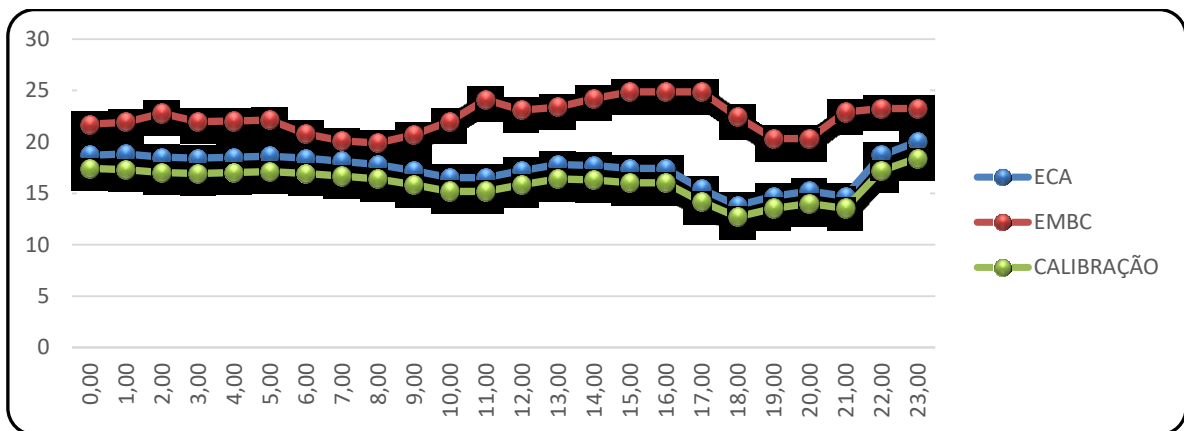
Nas tabelas e gráficos abaixo, encontram-se os dados coletados pela EMBC e pela ECA-INMET, onde fazemos a análise da viabilidade técnica dos sensores e norteiam a nossa pesquisa quanto a acurácia das medidas e os pontos onde serão necessárias calibrações ou mesmo a substituição de sensores utilizados, por outros sensores de marcas e tipos diferentes.

Tabela 03 – Uberlândia (MG): Comparativo da temperatura do ponto orvalho máximo entre a ECA e EMBC, 2018

P.O Máx. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO	P.O Máx. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO
0	18,7	21,7	17,46	12	17,2	23,08	15,824
1	18,8	21,9	17,296	13	17,8	23,36	16,376
2	18,5	22,78	17,02	14	17,7	24,2	16,284
3	18,4	21,96	16,928	15	17,4	24,84	16,008
4	18,5	22,02	17,02	16	17,4	24,84	16,008
5	18,6	22,12	17,112	17	15,4	24,84	14,168
6	18,4	20,78	16,928	18	13,8	22,42	12,696
7	18,1	20,08	16,652	19	14,7	20,3	13,524
8	17,8	19,88	16,376	20	15,2	20,3	13,984
9	17,2	20,68	15,824	21	14,7	22,88	13,524
10	16,5	21,98	15,18	22	18,7	23,24	17,204
11	16,5	24,12	15,18	23	20	23,24	18,4
<b>Média da ECA = 17,33</b>							
<b>Média da calibração = 15,95</b>							
<b>Acurácia = 92,05% Precisão</b>							

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 02 – Análise do Ponto de orvalho máximo EMBC x ECA



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

O gráfico 02 foi gerado a partir da tabela 03 que contém os dados da temperatura do ponto de orvalho máximo, onde aparecem em vermelho os valores do sensor espelho, utilizado para a verificação do sensor fixo da EMBC. A análise comparativa entre os dados brutos coletados pela ECA e a EMBC demonstrou uma amplitude térmica significativa, em alguns casos de até 9°C. Essa distorção ocorreu por não ter sido feita uma calibração prévia dos sensores. Essa atitude foi proposital, pois era necessário verificar as diferenças de registros entre os sensores das duas estações. Posteriormente, após efetivar a calibração, seguindo as recomendações do fabricante, foi obtida uma acurácia de 92,05%, sendo esta, aceitável para esse protótipo inicial.

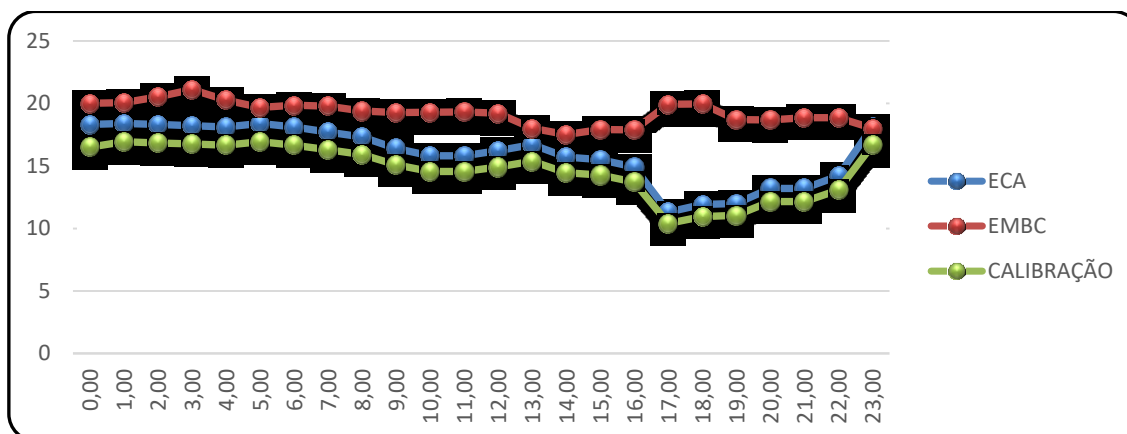


Tabela 04 – Uberlândia (MG): Comparativo da temperatura do ponto orvalho mínimo entre a ECA e EMBC, 2018

P.O. Mín. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO	P.O. Mín. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO
0	18,3	20,00	16,5	12	16,2	19,2	14,904
1	18,4	20,04	16,928	13	16,7	18	15,364
2	18,3	20,52	16,836	14	15,7	17,5	14,444
3	18,2	21,1	16,744	15	15,5	17,9	14,26
4	18,1	20,26	16,652	16	14,9	17,88	13,708
5	18,4	19,66	16,928	17	11,3	19,92	10,396
6	18,1	19,84	16,652	18	11,9	19,96	10,948
7	17,7	19,78	16,284	19	12	18,7	11,04
8	17,3	19,38	15,916	20	13,2	18,66	12,144
9	16,4	19,26	15,088	21	13,2	18,86	12,144
10	15,8	19,28	14,536	22	14,2	18,86	13,064
11	15,8	19,32	14,536	23	18,1	18	16,652
<b>Média da ECA= 15,98</b>							
<b>Média da Calibração = 16,65</b>							
<b>Acurácia = 92% Precisão</b>							

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 03 – Ponto de orvalho mínimo EMBC x ECA



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

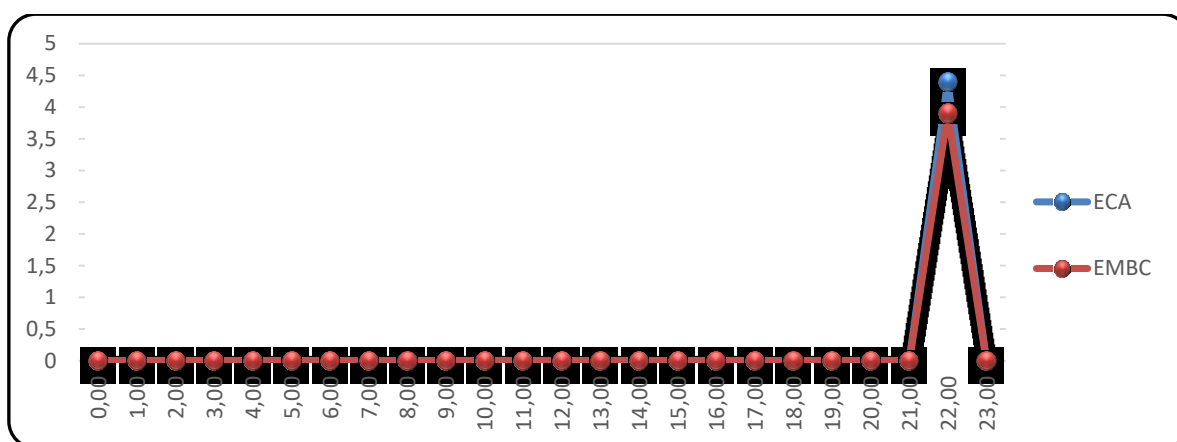
A análise dos dados de temperatura de orvalho mínima, registrou o mesmo comportamento ocorrido no gráfico 2. Após a calibração do sensor de umidade relativa do ar, o comportamento das leituras mantiveram medições aceitáveis, ficando sua acurácia em 92,00% em relação a ECA-INMET. Outra consideração que merece ser destacada refere-se ao fato de que após a calibração, as temperaturas passaram a seguir a mesma tendência ao longo de todo o período de coleta (Tabela 04 e Gráfico 03).

Tabela 05 – Uberlândia (MG): Comparativo da precipitação entre a ECA e EMBC, 2018

CHUVA Hora	ECA	EMBC	CHUVA Hora	ECA	EMBC
0	0	0	12	0	0
1	0	0	13	0	0
2	0	0	14	0	0
3	0	0	15	0	0
4	0	0	16	0	0
5	0	0	17	0	0
6	0	0	18	0	0
7	0	0	19	0	0
8	0	0	20	0	0
9	0	0	21	0	0
10	0	0	22	4,4	3,9
11	0	0	23	0	0
<b>Média da ECA=4,4</b>					
<b>Média da calibração = 4,045</b>					
<b>Acurácia= 92,00%</b>					

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 04 – Precipitação em mm



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

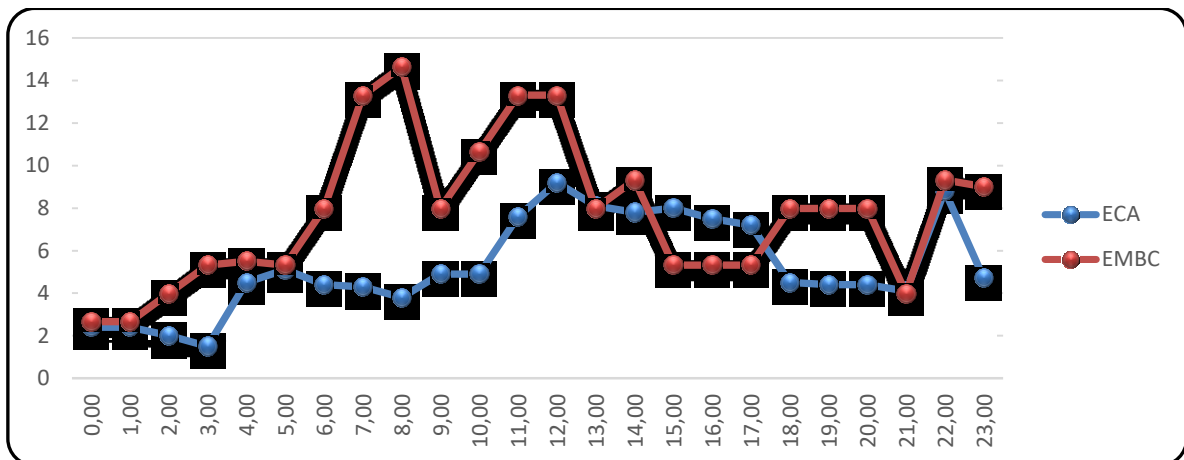
Durante a coleta dos dados de precipitação, foi verificado apenas um pico de chuva, que ocorreu às 22h00 UTC. A estação do INMET (ECA) registrou 4,4mm de altura de precipitação, enquanto a EMBC registrou 3,9mm. O pluviômetro por ser um aparelho analógico, não é necessário efetuar a calibração. Durante essa coleta foi verificada uma diferença de apenas 0,5mm. Destaca-se diferenças inferiores a 1mm entre pluviômetros é perfeitamente aceitável em termos meteorológicos, pois o volume de água que entra nos aparelhos, é influenciado por sua localização, vento, altura, tipo de precipitação, duração, dentre outros.

Tabela 06 – Uberlândia (MG): Comparativo das rajadas de vento entre a ECA e EMBC, 2018

RAJADA Vento Hora	ECA	EMBC	RAJADA Vento Hora	ECA	EMBC
0	2,4	2,66	12	9,20	13,30
1	2,40	2,66	13	8,10	7,98
2	2,00	3,99	14	7,80	9,31
3	1,50	5,32	15	8,00	5,32
4	4,50	5,50	16	7,50	5,32
5	5,10	5,32	17	7,20	5,32
6	4,40	7,98	18	4,50	7,98
7	4,30	13,30	19	4,40	7,98
8	3,80	14,63	20	4,40	7,98
9	4,90	7,98	21	4,10	3,99
10	4,90	10,64	22	8,80	9,31
11	7,60	13,30	23	4,70	9,00
<b>Média da ECA =5,27</b>					
<b>Média de EMBC=7,75</b>					

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 05 – Rajadas de vento



Fonte: MOURA, R. M. (2018),

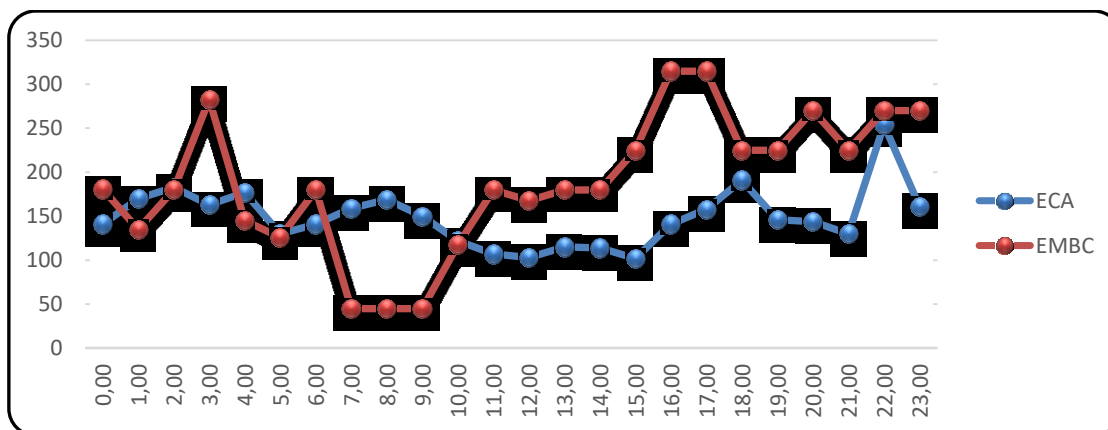
O gráfico 05 e tabela 06 demonstram o comportamento das rajadas de vento. Neles é possível observar o contraste evidente entre o sensor da EMBC e o sensor da ECA-INMET. As diferenças de velocidade observadas devem-se ao fato de os dois sensores estarem em alturas diferentes, evidenciando que a dinâmica do vento de superfície e seu comportamento é diferente da dinâmica do vento em elevações superiores, neste caso, a partir de oito metros de altura, onde estima-se está posicionado o anemômetro da ECA-INMET. Destaca-se também o fator sazonal, onde os ventos podem ter comportamentos diferentes para diferentes épocas do ano. Destaca-se que, para análises mais precisas, é necessário fazer comparativos como anemômetros na mesma altura.

Tabela 07 – Uberlândia (MG): Comparativo direção do vento entre a ECA e EMBC, 2018

DIREÇÃO VENTO Hora	ECA	EMBC	DIREÇÃO VENTO Hora	ECA	EMBC
0	141,00	181,00	12	103,00	167,94
1	170,00	135,00	13	115,00	180,00
2	183,00	180,00	14	114,00	180,00
3	163,00	283,00	15	102,00	225,00
4	177,00	145,00	16	141,00	315,00
5	130,00	126,00	17	158,00	315,00
6	141,00	180,00	18	191,00	225,00
7	159,00	45,00	19	146,00	225,00
8	169,00	45,00	20	144,00	270,00
9	150,00	45,00	21	130,00	225,00
10	122,00	117,66	22	254,00	270,00
11	107,00	180,00	23	161,00	270,00
<b>Média da ECA=148,7</b>					
<b>Média de EMBC=188,78</b>					

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 06 – Uberlândia (MG): Comparativo direção do vento entre a ECA e EMBC, 2018



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

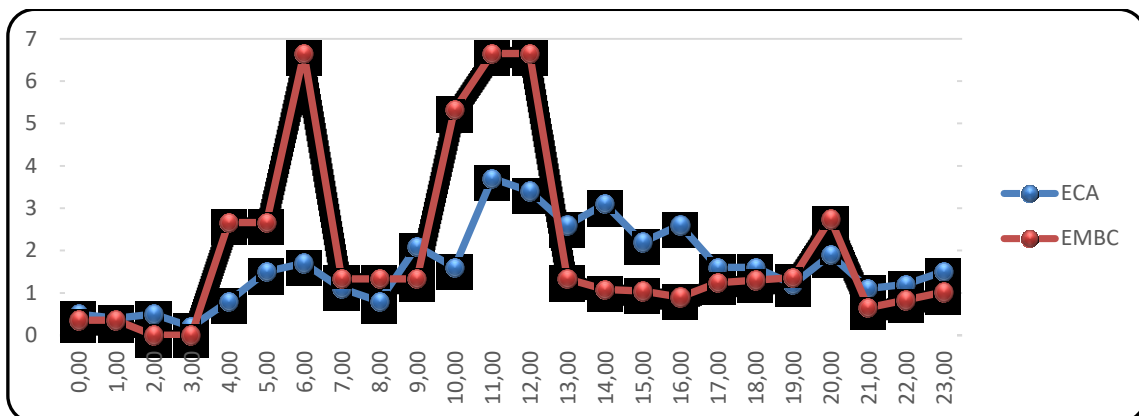
Na tabela 07, gráfico 08, é possível verificar a variação da direção do vento, onde devido ao já exposto no gráfico anterior, temos pontos esparsos de interseção das direções, em determinados momentos, porém na maior parte do período de coleta de dados às diferenças de direção entre as duas estações são de comportamento diferente, explicada pela dinâmica complexa do comportamento de ventos de superfície, sugere-se porém, um estudo de caso mais aprofundado com coletas de dados e análise mais apurada deste fenômeno.

Tabela 08– Uberlândia (MG): Comparativo da velocidade do vento entre a ECA e EMBC, 2018

V.VENTO Hora	ECA	EMBC	V.VENTO Hora	ECA	EMBC
0	0,50	0,35	12	3,40	6,65
1	0,40	0,36	13	2,60	1,33
2	0,50	0,00	14	3,10	1,08
3	0,20	0,00	15	2,20	1,04
4	0,80	2,66	16	2,60	0,90
5	1,50	2,66	17	1,60	1,24
6	1,70	6,65	18	1,60	1,30
7	1,10	1,33	19	1,20	1,36
8	0,80	1,33	20	1,90	2,74
9	2,10	1,33	21	1,10	0,65
10	1,60	5,32	22	1,20	0,83
11	3,70	6,65	23	1,50	1,02
<b>Média da ECA=1,62</b>					
<b>Média da EMBC=2,03</b>					

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 07– Uberlândia (MG): Comparativo da velocidade do vento entre a ECA e EMBC, 2018



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

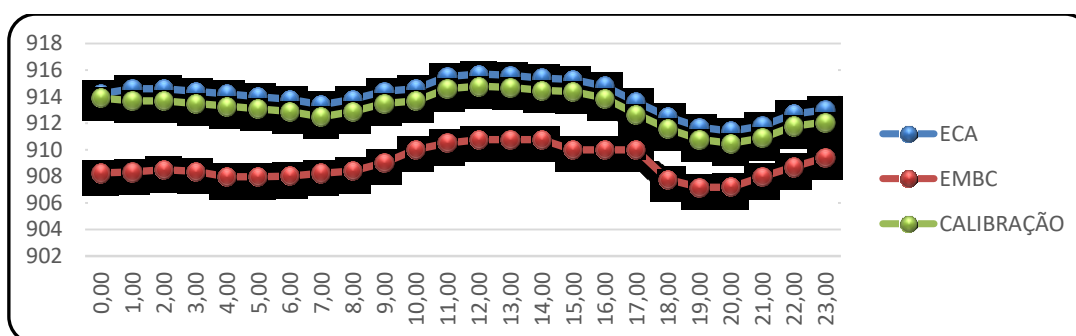
Com relação ao gráfico 07 e tabela 08, as velocidades quando comparadas, sugerem a mesma dinâmica apresentada sobre o assunto abordado. A dificuldade em se determinar a velocidade do vento de superfície em relação ao anemômetro instalado na ECA-IMET. O gráfico denota um comportamento anômalo em alguns períodos do dia, porém em outros períodos eles têm uma faixa de valores próximos. Considerando todos os parâmetros, inclusive temperatura do ar, umidade relativa e pressão, conclui-se que os dados apresentados seguem uma tendência coerente.

Tabela 09 – Uberlândia (MG): Comparativo da pressão barométrica máxima entre a ECA e EMBC, 2018

P.B. Máx. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO	P.B. Máx. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO
0	914,2	908,25	913,9	12	915,7	910,77	914,7843
1	914,6	908,32	913,6854	13	915,6	910,77	914,6844
2	914,6	908,49	913,6854	14	915,4	910,77	914,4846
3	914,4	908,37	913,4856	15	915,3	910	914,3847
4	914,2	907,97	913,2858	16	914,8	910	913,8852
5	914	907,97	913,086	17	913,6	910	912,6864
6	913,8	908,03	912,8862	18	912,5	907,77	911,5875
7	913,4	908,24	912,4866	19	911,7	907,18	910,7883
8	913,8	908,41	912,8862	20	911,4	907,2	910,4886
9	914,4	909,04	913,4856	21	911,8	907,97	910,8882
10	914,6	910,02	913,6854	22	912,7	908,71	911,7873
11	915,5	910,51	914,5845	23	913	909,41	912,087
<b>Média da ECA= 913,96</b>							
<b>Média da EMBC=913,04</b>							
<b>Acurácia=100% Precisão</b>							

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 08 – Uberlândia (MG): Comparativo da pressão barométrica máxima entre a ECA e EMBC, 2018



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

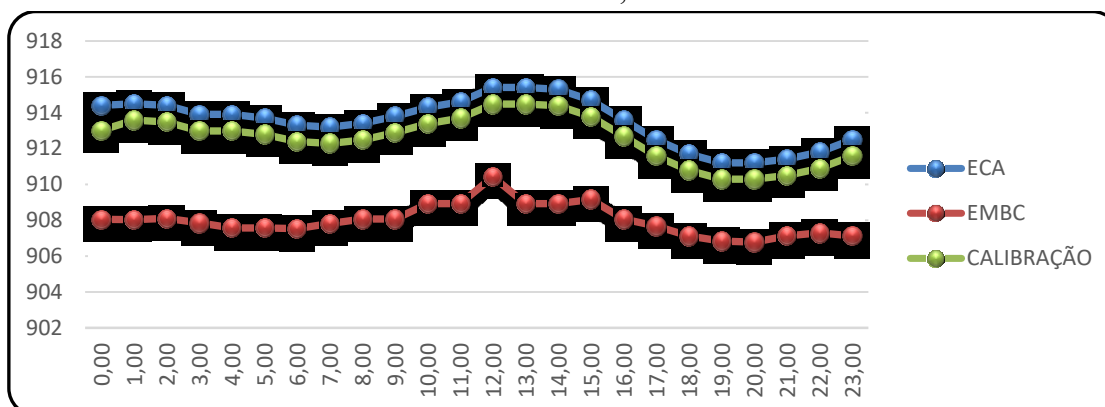
No gráfico 08 e tabela 09, referentes a pressão barométrica máxima, observa-se tanto na curva de espelhamento, em vermelho, quanto na linha de calibração que os dados foram bem calibrados devido à função de auto ajuste do sensor barométrico relacionado com a altitude. Assim que esta função foi ativada, automaticamente as leituras se estabilizaram em um ponto bem próximo aos dados coletados na ECA-INMET, apresentando 100% de precisão.

Tabela 10 – Uberlândia (MG): Comparativo da pressão barométrica mínima entre a ECA e EMBC, 2018

P.B. Mín. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO	P.B. Mín. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO
0	914,4	808,5	913,01	12	915,4	910,43	914,4846
1	914,5	908,04	913,5855	13	915,4	908,93	914,4846
2	914,4	908,1	913,4856	14	915,3	908,93	914,3847
3	913,9	907,85	912,9861	15	914,7	909,16	913,7853
4	913,9	907,57	912,9861	16	913,6	908,06	912,6864
5	913,7	907,57	912,7863	17	912,5	907,67	911,5875
6	913,3	907,53	912,3867	18	911,7	907,12	910,7883
7	913,2	907,81	912,2868	19	911,2	906,84	910,2888
8	913,4	908,06	912,4866	20	911,2	906,78	910,2888
9	913,8	908,06	912,8862	21	911,4	907,13	910,4886
10	914,3	908,93	913,3857	22	911,8	907,3	910,8882
11	914,6	908,93	913,6854	23	912,5	907,13	911,5875
<b>Média da ECA=913,50</b>							
<b>Média da EMBC=911,58</b>							
<b>Acurácia=99.90% Precisão</b>							

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 09 – Uberlândia (MG): Comparativo da pressão barométrica mínima entre a ECA e EMBC, 2018



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

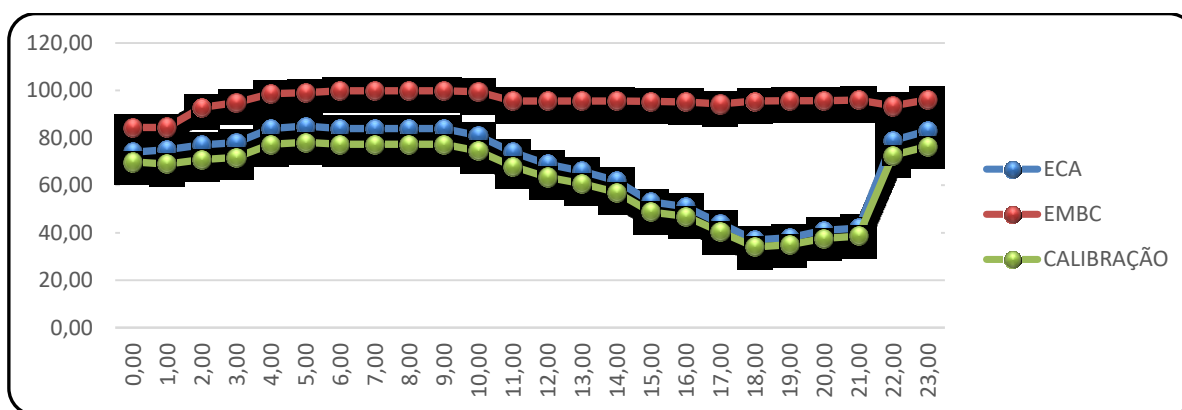
Observando os dados da tabela 10 gráfico 09, referentes a pressão barométrica mínima, observa-se tanto na curva de espelhamento, em vermelho, quanto na linha de calibração, após a ativação da função de auto ajuste do sensor barométrico relacionado com a altitude, o mesmo comportamento de estabilidade bem próximo aos dados coletados na ECA-INMET, apresentando 99.90% de precisão.

Tabela 11 – Uberlândia (MG): Comparativo da umidade relativa do ar entre a ECA e EMBC, 2018

Umid. Máx. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO	Umid. Máx. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO
0	74	84,4	69,9	12	69	95,6	63,48
1	75	84,5	69	13	66	95,6	60,72
2	77	92,9	70,84	14	62	95,6	57,04
3	78	94,8	71,76	15	53	95,4	48,76
4	84	98,6	77,28	16	51	95,2	46,92
5	85	99,1	78,2	17	44	94,3	40,48
6	84	99,9	77,28	18	37	95,5	34,04
7	84	99,9	77,28	19	38	95,7	34,96
8	84	99,9	77,28	20	41	95,7	37,72
9	84	99,9	77,28	21	42	96	38,64
10	81	99,4	74,52	22	79	93,5	72,68
11	74	95,6	68,08	23	83	96,1	76,36
<b>Média da ECA=67,88</b>							
<b>Média da EMBC=62,52</b>							
<b>Acurácia=92,11% Precisão</b>							

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 10 – Uberlândia (MG): Comparativo da umidade relativa do ar entre a ECA e EMBC, 2018



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Ao analisar os dados da tabela 11 e do gráfico 10 é possível observar que nas primeiras 12h do dia os dados coletados apresentaram uma tendência de variação similar. Após esse período, os dados de umidade relativa do ar, coletados pelos sensores de baixo custo, apresentaram um comportamento anômalo, não acompanhando a queda da umidade registrada na estação ECA. Para resolução dessa anomalia exposta, foi aplicado o percentual máximo de calibração para o sensor. Efetuada a calibração e aferição, os dados dos dois sensores passaram a apresentar uma curvatura similar. O percentual de acurácia chegou a 92,11% de aproximação com o sensor instalado na ECA-INMET.



Tabela 12 – Uberlândia (MG): Comparativo da temperatura máxima entre a ECA e EMBC,

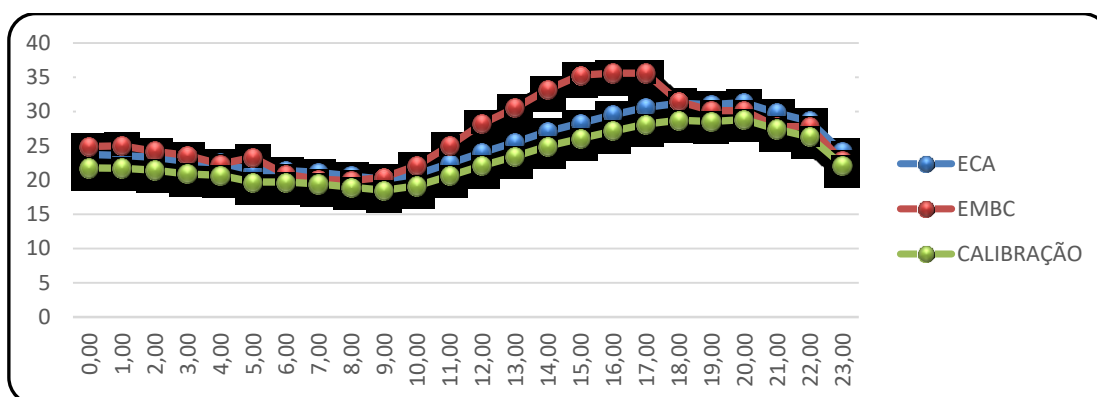
2018

T. Máx. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO	T. Máx. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO
0	23,7	24,9	21,75	12	24	28,2	22,08
1	23,6	25	21,712	13	25,5	30,5	23,46
2	23,3	24,2	21,436	14	27,1	33,2	24,932
3	22,7	23,6	20,884	15	28,3	35,3	26,036
4	22,5	22,3	20,7	16	29,5	35,6	27,14
5	21,4	23,3	19,688	17	30,6	35,6	28,152
6	21,4	20,8	19,688	18	31,2	31,5	28,704
7	21,1	20,1	19,412	19	31	30,1	28,52
8	20,6	19,9	18,952	20	31,3	30,1	28,796
9	20,1	20,4	18,492	21	29,8	27,8	27,416
10	20,8	22,1	19,136	22	28,6	27,8	26,312
11	22,4	25	20,608	23	24,1	22,8	22,172
<b>Média ECA=25,19</b>							
<b>Média EMBC=23,17</b>							
<b>Acurácia=92,02% Precisão</b>							

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 11 – Uberlândia (MG): Comparativo da temperatura máxima entre a ECA e EMBC

2018



Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Os dados expostos na tabela 12 e gráfico 11 relativos à temperatura máxima do ar, apontam uma variação nos dados coletados pelo sensor de espelhamento (linha vermelha do gráfico), entre as 10:00 e 18:00 UTC. Este comportamento do sensor pode estar relacionado a possíveis problemas de queda de tensão ou transientes eletromagnéticos. Diante de tal quadro, foram aplicados os ajustes recomendados pelo fabricante do sensor e sua acurácia, que após a calibração ficou em 91,99% em relação ao sensor da ECA-INMET.

Tabela 13 – Uberlândia (MG): Comparativo da temperatura mínima entre a ECA e EMBC,

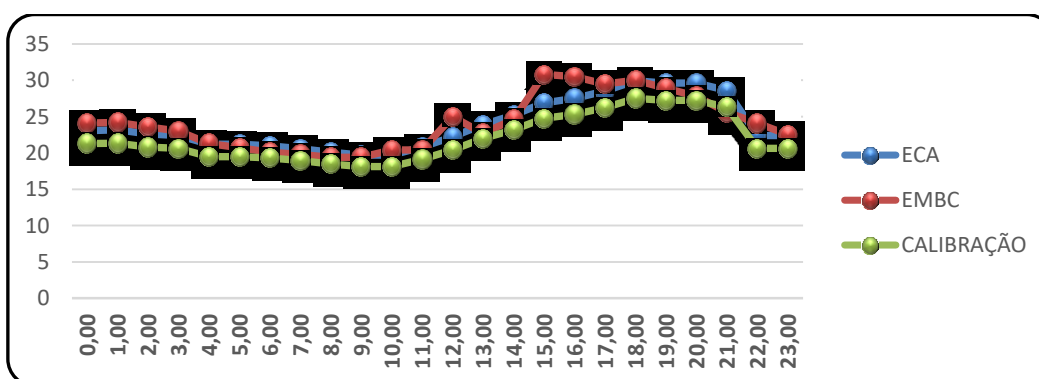
2018

T. Mín. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO	T. Mín. Hora	ECA	EMBC	CALIBRAÇÃO
0	23,05	24,1	21,300	12	22,2	25	20,424
1	23,2	24,2	21,344	13	23,9	22,7	21,988
2	22,6	23,6	20,792	14	25,2	24,6	23,184
3	22,4	23	20,608	15	26,9	30,8	24,748
4	21,2	21,3	19,504	16	27,5	30,5	25,3
5	21,2	20,7	19,504	17	28,5	29,5	26,22
6	21	20,1	19,32	18	29,9	30	27,508
7	20,6	19,8	18,952	19	29,6	28,9	27,232
8	20,1	19,4	18,492	20	29,6	27,8	27,232
9	19,7	19,4	18,124	21	28,6	25,6	26,312
10	19,7	20,4	18,124	22	22,4	24,1	20,608
11	20,8	20,4	19,136	23	22,4	22,53	20,608
<b>Média da ECA=23,84</b>							
<b>Média da EMBC=21,94</b>							
<b>Acurácia=92,02% Precisão</b>							

Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Gráfico 12 – Uberlândia (MG): Comparativo da temperatura mínima entre a ECA e EMBC,

2018

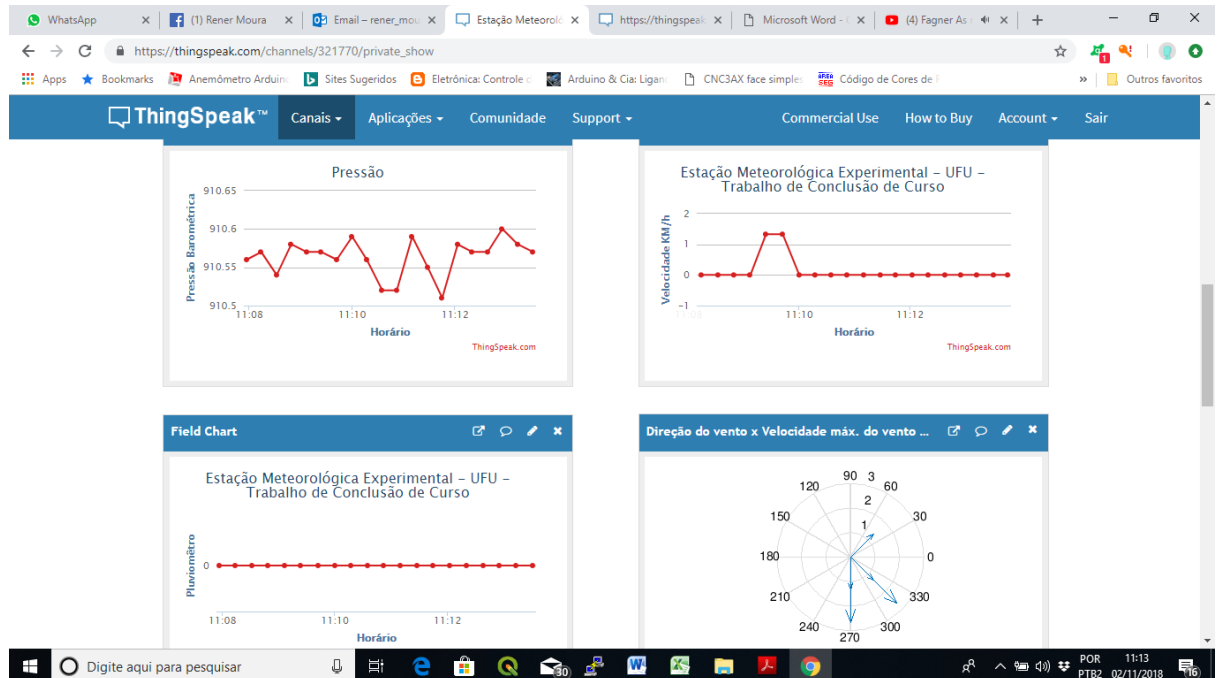


Fonte: MOURA, R. M. (2018)

Em relação aos dados de temperatura mínima a análise dos dados indicaram uma variação similar aos dados de temperatura máxima, entre 12h e 18h UTC. Foram adotados os mesmos procedimentos em relação a calibração efetuada nos dados de temperatura máxima, sendo obtido uma acurácia de 92,02% para temperatura mínima..

## 4.2 Dados tratados pela plataforma Iot thinkspeak.com

Figura 26 – Apresentação dos dados enviados pela EMBC – Dashboard, 2018



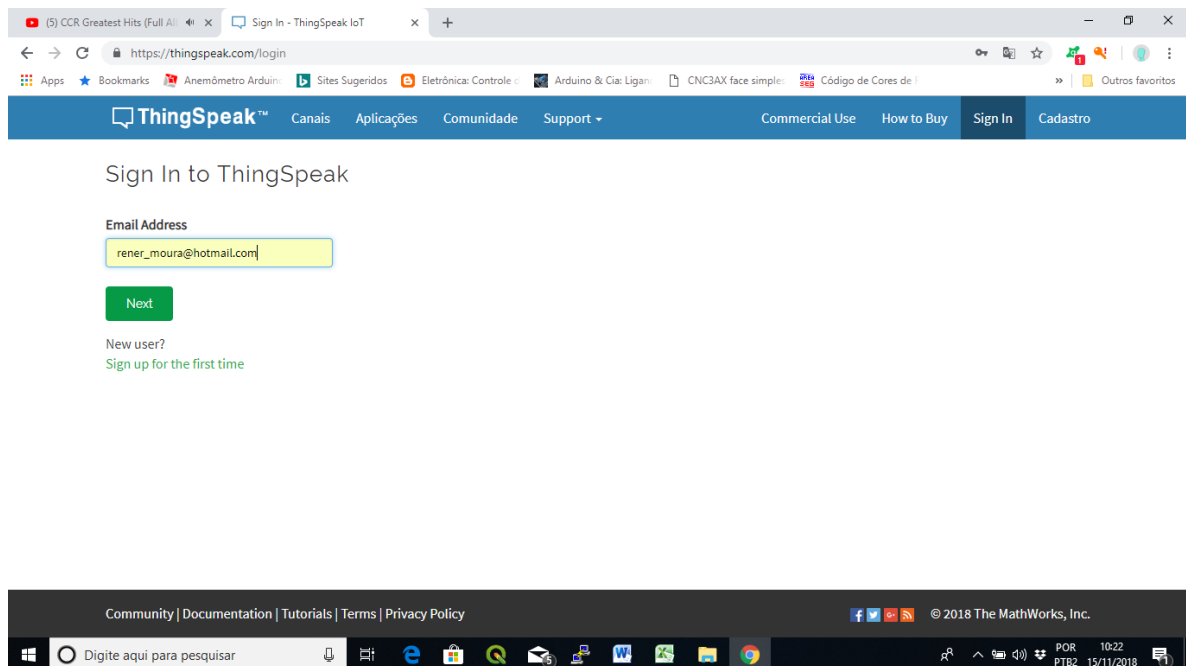
Fonte: MOURA, R.M. (2018)

A figura 26 apresenta o dashboard (leitura dos dados em tempo real) da Thingspeak (Plataforma web). Essa plataforma foi utilizada para teste de envio dos dados coletados pela EMBC. Ela oferece aos usuários a possibilidade de envio e análise dos dados em canal específico, criptografado e com troca de chaves para melhor segurança dos dados ali armazenados. Esse modelo de plataforma disponibiliza gratuitamente aos usuários, canais para recebimento de até seis variáveis, possui ainda a ferramenta Matlab para a confecção de gráficos em tempo real. Cabe destacar que, neste modelo gratuito, a plataforma se torna um pouco restrita, porém existe a possibilidade da compra de uma licença de uso mais abrangente, com vários canais onde é possível enviar mais dados e trabalhar de forma mais complexa.

Neste estudo, optou-se pela versão gratuita, a fim de testar as possibilidades e os limites da plataforma. Ela funciona utilizando o conceito de nuvem de dados. Com relação ao recebimento dos dados enviados para a plataforma, o usuário pode também receber estes mesmos dados em outros tipos de plataformas, servidores web e produzir seus próprios sistemas de análise e armazenamento em outros tipos de banco de dados.

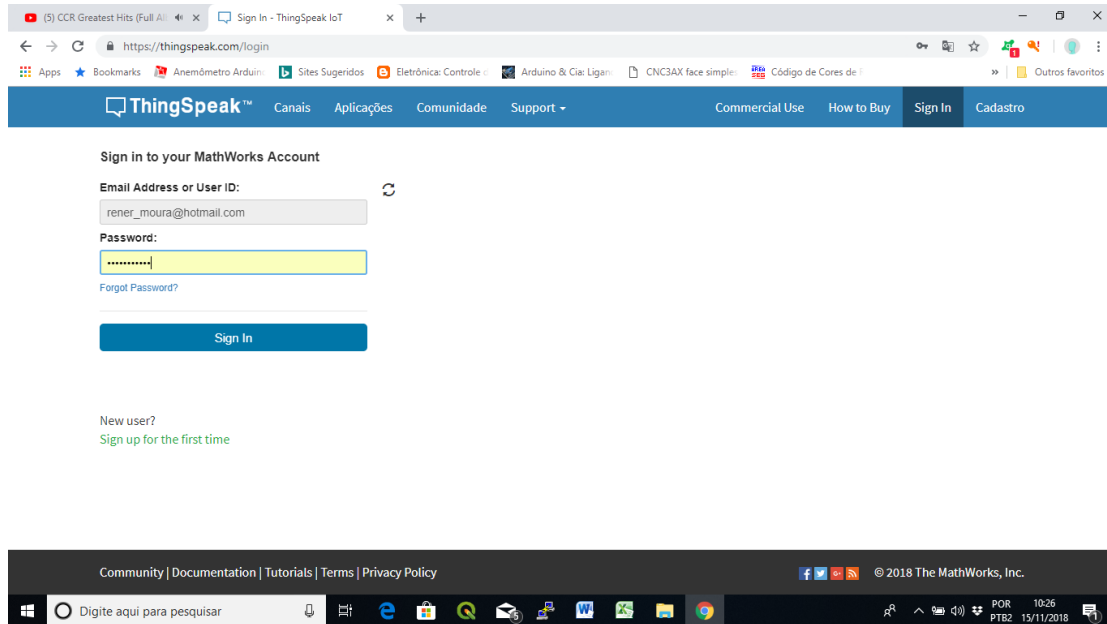
A configuração do serviço oferecido pela plataforma Thingspeak é muito fácil e autoexplicativo, bastando o usuário fazer um cadastro no endereço eletrônico <http://thingspeak.com>, logo após, o usuário pode entrar no sistema e criar um canal, onde os dados serão enviados, lembrando que os mesmos podem ser enviados via web, como é o caso da EMBC ou se quiser pode enviar arquivos de texto com a sua base de dados, desde que estejam devidamente formatados e os dados do arquivo texto sejam separados por vírgula.

Figura 27 – Sistema de login na plataforma Thingspeak, 2018



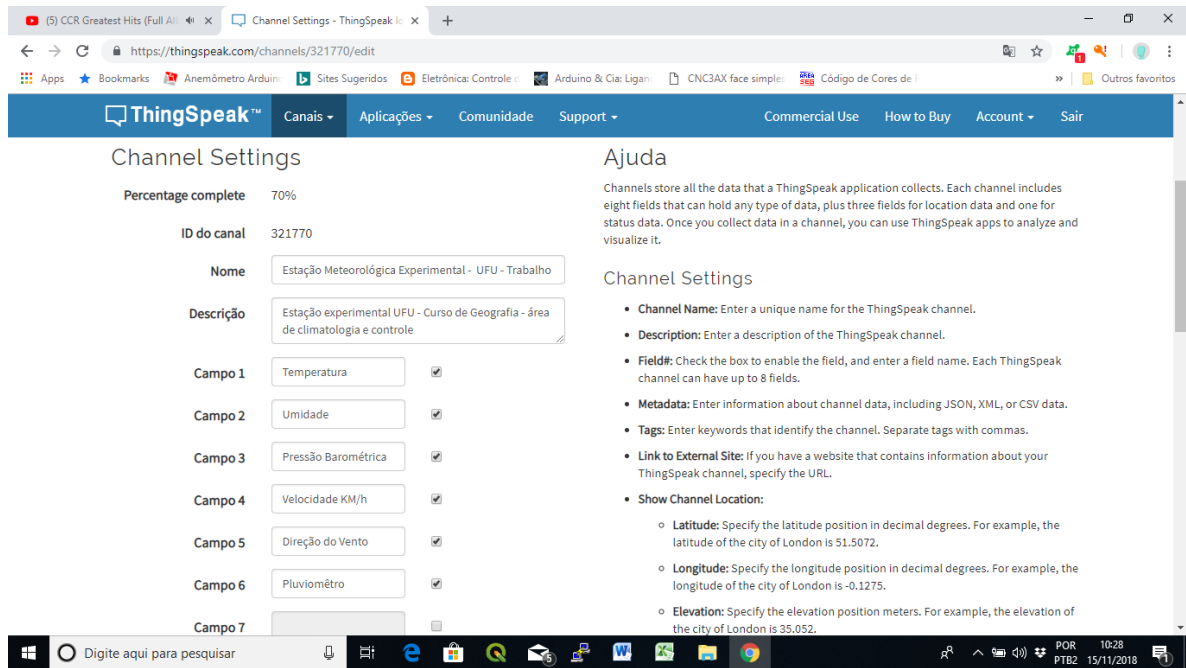
Fonte: MOURA, R.M. (2018)

Figura 28 – Inserção de senha para acesso ao sistema Thingspeak, 2018



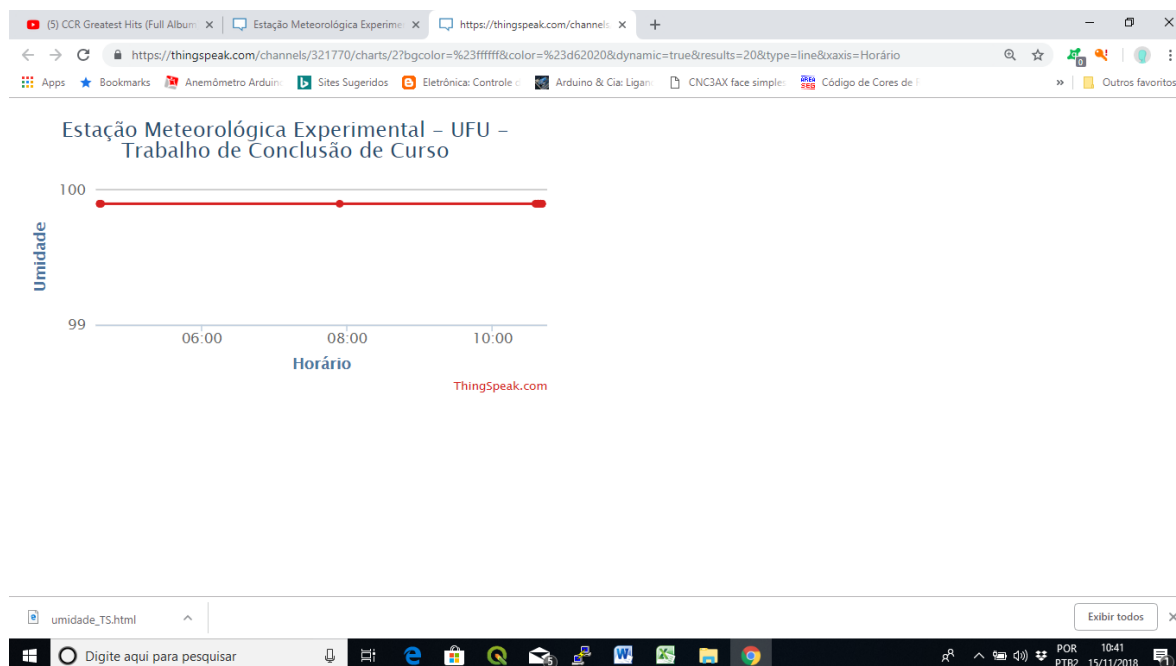
Fonte: MOURA,R.M. (2018)

Figura 29 – Tela de configuração dos dados que serão recebidos pelo sistema Thingspeak, 2018



Fonte: MOURA,R.M. (2018)

Figura 30 – Exemplo de gráfico gerado automaticamente pelo sistema Thingspeak, 2018



Fonte: MOURA, R.M. (2018)

As figuras 27, 28 e 29 mostram os passos necessários para se realizar, de forma bem simples, o cadastro de usuário no site [www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com). A figura 30, mostra um exemplo de gráfico gerado automaticamente pelo sistema. Este sistema conta ainda com a facilidade de armazenamento dos dados enviados pela EMBC que poderão ser baixados posteriormente para análises e confecção de diversos produtos, tais como cartas, mapas, climogramas, entre outros.

Quanto às ferramentas de análise, o usuário pode optar por trabalhar os mesmos em uma planilha do programa Excel ou outro que lhe agrade e que ele tenha maior domínio. Na EMBC, a proposta é deixar o usuário livre para escolher o melhor método de análise e confecção de seus relatórios, gráficos, cartas e mapas.

Para pensar na técnica de fabricação dos equipamentos e na obtenção de dados, utilizamos o conceito da multidisciplinaridade, onde o centro de atenção e apropriação do conhecimento é totalmente focado na Geografia Climatológica, no entanto, se junta à ela estudos de Física, Engenharia, Eletrônica digital e Tecnologia da Informação. Todas estas disciplinas tratam de assuntos específicos, inerentes a cada área de seu conhecimento, todavia, a Geografia Climática se apropria destes conhecimentos e tem em mãos, um produto acabado, com viabilidade técnica.

## .5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo a análise de diversos componentes para a fabricação de uma Estação Meteorológica de Baixo Custo, em que o foco principal foi a coleta, análise e comparação dos dados com a Estação Climática Automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, no qual a observação empírica entre os dois dispositivos nos levaram a concluir que a EMBC é de fato um projeto promissor.

Em termos econômicos este projeto é viável pela enorme oferta de componentes, tais como, sensores, micro controladores, sistemas de alimentação, todos com custos relativamente baixos se comparados com um projeto comercial, portanto, a viabilidade econômica do projeto se torna um atrativo para a construção de uma EMBC ou mesmo de outros equipamentos ligados à coleta e análise de dados climatológicos.

Cientificamente também se mostrou muito confiável, nos dando resposta de até 98% de acurácia em relação a estações automáticas comerciais, onde a variação dos sensores, submetidas a uma prévia calibração, nos retorna dados consistentes, dentro do esperado. Podendo inclusive ser utilizada por alunos em diversas áreas do conhecimento acadêmico.

Com relação a operacionalidade da EMBC ela já tem alta confiabilidade de operação, desde que seja ligada à rede elétrica convencional, através de uma fonte de energia, porém com a utilização de baterias e painéis solares se faz necessários ajustes voltados a economia de carga.

Em relação aos dados coletados, como por exemplo, direção e velocidade do vento, alguns tiveram seus valores com um desvio superior ao esperado. Isso pode ser explicado pela diferença de altura em que os sensores das duas estações estavam posicionados. Neste caso, os dois valores foram tidos como válidos, sabendo que o vento de superfície se comporta com outra dinâmica, presume-se a validade entre as duas medidas.

Com relação às medidas de temperatura, umidade relativa do ar, pressão barométrica, foram feitas as análises para a co-validação da EMBC. Ainda neste contexto, foram feitas as calibrações dos sensores da EMBC de acordo com os sensores da ECA-INMET, que poderemos observar pelas análises, uma acurácia entre 92% a 100% em relação à estação do INMET.

Sobre a construção da EMBC, desde que seguidas todas as etapas deste projeto, é possível montá-la em aproximadamente dez dias, trabalhando com uma folga razoável para testes, programação e embarque da tecnologia, de acordo com o projeto. Outro fator que merece ser lembrado é a durabilidade dos componentes. Eles se apresentam sem alteração

significativa, desde que foram montados e configurados, porém ainda está em fase experimental, o que impossibilita uma avaliação mais profunda sobre a sua durabilidade x confiabilidade. Neste sentido, recomenda-se a continuação dos estudos, sobretudo utilizando-se de outros sensores de baixo custo existentes no mercado, pois alguns resultados apresentados tiveram os desvios entre as medidas. Uma das causas pode ser a deficiência térmica dos abrigos, por exemplo, o sensor de temperatura e umidade, onde o abrigo da EMBC é bem diferente do abrigo da ECA.

Por fim, espera-se que este trabalho contribua para a continuação do desenvolvimento de um equipamento que reúna todas as condições preconizadas pelas normas vigentes e tenha seu foco na Geografia Climática e no baixo custo, condições primordiais para o suprimento de uma lacuna existente entre o custo e o benefício e que no futuro próximo, os pesquisadores e a área de Climatologia Urbana, tenham em mãos uma ferramenta robusta, capaz de atender as demandas e fazer do ambiente urbano, um local mais seguro e melhor.



## REFERÊNCIAS

ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, v. 23, p. 1-26, 2003.

AYOADE, J.O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro, 2004. 10ª edição. Ed. BERTRAND. Tradução: Maria Juraci Zani dos Santos, 332p.

ONU. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/agencia/onuhabitat/>>. Acesso em: 15 out. 2018.

BARROS, J. R., ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator**: revista de geografia da UFC, Fortaleza, v. 16, n. 8, p. 255-261, abr./maio 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273620619021>>. Acesso em: 2 maio 2018.

BRAGA, J. O. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF**. 2016. 33 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

C. F. Partington, ed., **The British cyclopaedia of the arts, sciences, history, geography, literature, natural history, and biography**, Volume I, London: Orr & Smith, 1838.

CODIFICAÇÃO e classificação Brasileira de Desastres. 2012. Disponível em: <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=f9cdf8bf-e31e-4902-984e-a859f54dae43&groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f9cdf8bf-e31e-4902-984e-a859f54dae43&groupId=10157)> Acesso em: 18 out. 2018.

DOUGLAS, I. **The urban environment**. London: Eduard Arnold, 1983.

GRILO, R. C. **A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro/SP**. 1992. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

KUTTLER, W. Spatial and temporal structures of the urban climate: a survey. In: GREEN, K. ; LOBEL, J. **Environmental meteorology**. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 305-344.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981.

LAWRENCE, R. J. Human ecology and its applications. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 65, n. 1-2, p. 31-40, 2003.

MENDIONDO, E. M. Integrated urban water management: humid tropics. **Urban Water series** - UNESCO-IHP. 2010. Chapter 6: 109-127.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEO/USP, 1976.

OKE, T. R. **Methods in urban climatology**. Vancouver : Zürcher Geographische Schriften, 1984.

OLIVEIRA, J.B *Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF. Distrito Federal, Brasília.* Agosto de 2016. 33p. UNB/IH/GEA, Bacharelado, 2016.

PEREZ, L. P. **Índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos e deslizos de terra, em função de eventos extremos de clima, na região metropolitana de São Paulo: uma proposta de método.** 2013. 115 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

PISANI, M. A. J. **As enchentes em áreas urbanas.** 3. ed. São Paulo: Editora Sinergia, 2001. p. 42-45.

POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N.; SOARES, P. A. T. **Os fundamentos da física: moderna plus.** 11. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 1.

RIOS, J. L. P.; **ESTUDO DO ESCOAMENTO TURBULENTO NUMA CAVIDADE COM ANEMÔMETRO A RAIOS LASER - in IIº SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO SOBRE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS.** Tema: MODELAÇÃO MATEMÁTICA E FÍSICA EM HIDRÁULICA. ABRH - Blumenau, 1986.

TEODORO, P. H. M.; NUNES, J. O. R. Os alagamentos em Presidente Prudente-SP: um trabalho interdisciplinar embasado no mapeamento geológico. **Revista Formação**, São Paulo, v. 2, n.17, p. 81-102, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas: impactos da urbanização.** Porto Alegre: Ed. ABRH/RHAMA, 2007.

VIS, M. et al. (2010). Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands. **International Journal of River Basin Management**, Madrid, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2010.

West, John B. (2013). Torricelli and the Ocean of Air: **The First Measurement of Barometric Pressure.** Physiology. New York 66-73, 2010.