



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTABELECIMENTO DE UM SÍTIO DE OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS NO CAMPUS DO INPE EM CACHOEIRA PAULISTA (SP)

Vitória da Silva Quintana

Relatório de Iniciação Científica do programa PIBIC, orientada pelo Dr. José Celso Thomaz Júnior, pelo coorientador Roberto Carlos Duarte de Freitas e pela colaboradora Rosemary Aparecida Odorizi Lima.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTABELECIMENTO DE UM SÍTIO DE OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS NO CAMPUS DO INPE EM CACHOEIRA PAULISTA (SP)

Vitória da Silva Quintana

Relatório de Iniciação Científica do programa PIBIC, orientada pelo Dr. José Celso Thomaz Júnior, pelo coorientador Roberto Carlos Duarte de Freitas e pela colaboradora Rosemary Aparecida Odorizi Lima.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar as características de funcionamento dos sensores ambientais bem como a validação de dados experimentais gerados por uma estação meteorológica. Inicialmente, uma revisão dos sensores ambientais envolvidos em uma estação meteorológica, como também a avaliação dos dados disponíveis no campus de Cachoeira Paulista (SP) é apresentada. Os dados exigem um trabalho sistemático de avaliação de qualidade, seja devido a eventuais falhas instrumentais ou à existência de estacionaridade do sinal, dentre outras. Tendo em vista as recomendações da Organização Mundial de Meteorologia (“World Meteorological Organization – WMO”), no tópico que trata a forma de assegurar a confiabilidade dos dados ambientais, é realizada uma análise crítica preliminar para o controle dos dados disponíveis. Diante de dificuldades de reunir todas as variáveis instrumentais com suas características registradas (muitas vezes não registradas), realizamos uma série de experimentos reduzidos no tempo de forma a analisar a metodologia de avaliação dos dados experimentais obtidos e assim, fundamentar a análise histórica dos dados ambientais da estação meteorológica. Nesta metodologia incluímos a comparação dos dados ambientais obtidos nos experimentos com os dados da previsão numérica de tempo do modelo regional disponibilizado pelo INPE (meteogramas). A análise destes experimentos será discutida no âmbito deste trabalho. A continuidade do projeto prevê a ampliação desta análise para a série temporal de dados ambientais obtidos na estação ambiental do campus do INPE de Cachoeira Paulista (SP). Por meio desta análise pretende-se construir uma base de dados qualificada que permitirá correlacionar aspectos qualitativos de algumas variáveis meteorológicas com aspectos característicos do sinal através de análise matemática.

Palavras-chave: Dados Ambientais; Monitoramento Ambiental; Meteorologia; Banco de Dados.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.2.1 Ilustração do sensor de temperatura e umidade. Fonte: Campbellsci < https://www.campbellsci.com.br/ >.	5
2.2.2 Anemômetro tipo copo (hélice) e suporte. Utilizado para medir a intensidade. Fonte: Campbellsci < https://www.campbellsci.com.br/ >.	6
2.2.3 Ilustração de um pluviômetro. Utilizado para medir a intensidade de precipitação. Fonte: Campbellsci < https://www.campbellsci.com.br/ >.	7
2.2.4 Esquema de funcionamento de um pluviômetro tipo balança. Fonte: ANDRADE Letícia L.; MIORALLI Paulo C.; SOUZA Júnior O. D.; AVALLONE Elson; Construção de um pluviômetro eletrônico de balança de baixo custo, Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia (CONICT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFSP), 2016.....	8
2.2.5 Ilustração de um barômetro, cujo mecanismo é baseado em uma câmara aneróide, utilizado para medir pressão.. Fonte: Campbellsci < https://www.campbellsci.com.br/ >.	9
2.2.6 Ilustração de um piranometro, sensor utilizado para medir a quantidade de radiação solar.Fonte: Campbellsci < https://www.campbellsci.com.br/ >.	9
2.2.7 Espectro eletromagnético onde são apresentados os tipos de onda que se propagam à velocidade da luz e, com exceção da luz visível, são todas invisíveis a olho nu. Fonte: Toda Matéria < https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico >.	10
2.2.8 Ilustração de um “datalogger”, dispositivo utilizado para coletar os dados ambientais.Fonte: Campbellsci < https://www.campbellsci.com.br/ >.	11
2.2.9 Panorama Geral do Experimento Estação Meteorológica na Escola André Broca em Roseira em 2023.Fonte: Produção do próprio autor.	12
2.2.10 Panorama geral do Experimento Estação Meteorológica na Escola Estadual Prof. Joaquim Ferreira Pedro em Lorena (SP). Fonte: Produção do próprio autor.	13
3.1 Dados de temperatura comparados com os resultados do Modelo Regional durante a semana do experimento Estação Meteorológica da Escola Estadual André Broca em Roseira (SP) - (os resultados do modelo são apresentados em vermelho). Fonte: Produção do próprio autor.....	15
3.2 Dados de umidade relativa comparados com os resultados do Modelo Regional durante a semana do experimento Estação Meteorológica da Escola Estadual André Broca em Roseira (SP) - (os resultados do modelo são apresentados em vermelho). Fonte: Produção do próprio autor.....	15
3.3 Dados de temperatura comparados com os resultados do Modelo Regional durante a semana do experimento Estação Meteorológica da Escola Estadual Prof. Joaquim Ferreira Pedro em Lorena (SP) - (os resultados do modelo são apresentados em vermelho). Fonte: Produção do próprio autor.....	16
3.4 Dados de umidade relativa comparados com os resultados do Modelo Regional durante a semana do experimento Estação Meteorológica da Escola Estadual Prof. Joaquim Ferreira Pedro em Lorena (SP) - (os resultados do modelo são apresentados em vermelho). Fonte: Produção do próprio autor.....	16

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1	1
2	3
2.1	3
2.2	5
3	14
4	17
5	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1 INTRODUÇÃO

A compreensão e previsão das condições atmosféricas são elementos fundamentais para a adaptação humana ao ambiente em constante mudança. Os sensores ambientais são instrumentos projetados para medir diversas variáveis, de forma precisa e em tempo real, uma ampla gama de variáveis meteorológicas, tais como temperatura, umidade, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, precipitação, radiação solar, entre outras. Com suas capacidades avançadas de detecção em conjunto com estudos matemáticos, os sensores ambientais permitem uma visão detalhada e abrangente das complexas interações atmosféricas, fornecendo informações valiosas para a previsão do tempo, estudos climáticos e a tomada de decisões em diversas áreas, desde a agricultura e transporte até a gestão de recursos naturais e resposta a desastres naturais.

Nos últimos anos temos observado um aumento exponencial no interesse sobre questões ambientais associadas fundamentalmente às mudanças climáticas, prospecção de fontes alternativas de energia, catástrofes ambientais, poluição etc. O estudo e a pesquisa científica nestas áreas envolvem a manutenção de sistemas de observação da Terra permanentemente (KEVIN et al., 2006, DIAS et al.,ias, tese e artigo,;). A aquisição e a manutenção destes sistemas envolvem uma quantidade enorme de recursos materiais e humanos e a qualidade deste trabalho tem um impacto importante na qualidade dos estudos científicos realizados. No Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), os projetos diretamente ou indiretamente estão ligados às observações do sistema terrestre e conseqüentemente aos dados provenientes dos sistemas de monitoramento. Na meteorologia diversos projetos associam modelos matemáticos e estatísticos com observações (dados) do sistema terrestre.

No Brasil atual, o que precisa ser melhorado em relação ao monitoramento é a sua fonte de dados. Esta melhora, certamente fornecerá modelos de melhor qualidade que simulam cenários futuros e o avanço na obtenção de informações por meio de satélites meteorológicos. As informações destes dois recursos são de extrema importância para o futuro e para as pesquisas desenvolvidas na área. Um problema grave é que o país tem uma grande falha na quantidade de dados disponíveis. Não há um histórico com séries longas de registros confiáveis para análise. Ainda, por ser um país de dimensões continentais com extensa costa litorânea, tornam-se necessários muitos

pontos de medição confiáveis. É importante ressaltar que o Brasil apesar de sofrer com ausência de fatores estruturais e sociais, possui importantes investimentos em tecnologia ainda que dispenso na disponibilidade de investimentos para um monitoramento ambiental mais efetivo e confiável. A atual tecnologia disponível nas ciências ambientais tem mudado o perfil dos profissionais. Não basta gostar de matemática e física. Também é preciso saber lidar com tecnologia de coleta de dados e de sensores meteorológicos.

O objetivo deste trabalho é contribuir para as discussões sobre a necessidade do trabalho com dados provenientes dos sistemas de observação terrestre, a qualidade das informações geradas, capacitação de recursos humanos, e abordar em um primeiro momento, uma forma de gerenciamento destes recursos de curto e longo prazo. A estrutura do trabalho deverá seguir as seguintes etapas: faremos uma rápida revisão dos fundamentos de medidas meteorológicas que estão relacionados aos sistemas de observação, em seguida descreveremos sucintamente os experimentos relacionados com observação e a disponibilização dos dados ambientais e finalmente apresentaremos alguns resultados relacionados com a validação destes dados ambientais como forma de gerar um banco de dados qualificados, centralizados (únicos) e disponibilizado em redes.

2 METODOLOGIA

2.1 FUNDAMENTOS DE MEDIÇÕES METEOROLÓGICAS

Começaremos fazendo uma rápida revisão da bibliografia dos princípios básicos envolvidos nos sistemas de medidas meteorológicas (FRITSCHEN; GAY 1979; DEFELICE, 1998; BROCK; SCOTT, 2001). Tendo em mente uma determinada questão científica que requer medidas ambientais, algumas perguntas precisam ser consideradas no projeto do sistema de medições de campo (observação ambiental). As características de desempenho dos dispositivos de medição (pelo menos em nível fundamental) e a forma de assegurar que o desempenho do instrumento permanecerá idêntico ao desempenho especificado pelo fabricante precisam ser consideradas. Posteriormente, deve-se avaliar como recuperar os dados e como garantir sua qualidade, e como estimar os erros inerentes às medidas. Um cientista experimental da atmosfera ou meteorologista planeja e depois executa um conjunto de medidas que irá fornecer o "valor real" das condições atmosféricas que são fundamentais para responder a uma questão científica da atmosfera. Os problemas relacionados ao clima ou perguntas científicas podem ser simples como, qual será o tempo que fará amanhã, ou elas podem ser muito mais especializadas, como a observação aérea de propriedades de nuvens, a relação da deposição de umidade nas regiões polares para as tendências climáticas, o efeito radioativo de nuvens cirrus no Pólo Sul, ou se a temperatura do ar média global da superfície está aumentando ou diminuindo. O problema científico define os tipos de medições que precisam ser feitas, bem como a sensibilidade, precisão, estabilidade, e resposta dinâmica necessária para cada medição e/ou sistemas de medição.

A instrumentação básica a ser utilizada pelo meteorologista experimental ou um cientista atmosférico incluem: sensor de radiação para determinar a quantidade de radiação solar e terrestre (ou seja, àquela que chega e deixa a atmosfera), sensores eletrônicos de temperatura do ar e, eventualmente, medições de temperatura da superfície terrestre, barômetros para medições de pressão do ar, anemômetros ou equipamentos de sensoriamento remoto para medições da velocidade do vento e sua direção, higrômetros ou equipamentos de sensoriamento remoto para medir a quantidade de umidade da atmosfera (por exemplo, a umidade relativa) e, eventualmente da superfície terrestre e medidores de precipitação ou equipamentos de sensoriamento remoto para determinar a quantidade de precipitação que cai durante uma tempestade.

Unidades de radiossondas são utilizadas rotineiramente para obter o perfil vertical de temperatura, umidade e campo de vento (ou seja, velocidade e direção do vento). Lidares, radares e radiômetros constituem dispositivos de sensoriamento remoto que podem ser usados para coletar informações idênticas às das radiossondas, bem como outras informações, como, por exemplo, sobre os aerossóis, as nuvens e de precipitação. Lidares, radares e radiômetros podem ser instalados em terra, no ar, e/ou a bordo de satélites.

Considerando um problema particular, o experimentalista deve responder questões como: Quais variáveis medidas são necessárias para este estudo? Qual a frequência, e em que período de tempo as medições precisam ser feitas? Quão preciso devem ser as medidas? Quais instrumentos cumprirão os requisitos da medição? Estas perguntas muito básicas precisam ser respondidas antes de o experimentalista ir para o campo (ou laboratório). O cientista instrumental deve revisar a literatura pertinente e construir um referencial teórico para avaliar as variáveis medidas envolvidas no problema, ajudar a especificar a instrumentação, bem como a integração do sistema de medidas. A revisão da literatura conduzirá o instrumentista ao(s) instrumento(s) mais adequado para a tarefa. O experimentalista é obrigado a avançar o estado da arte da instrumentação nos termos de um problema particular. Isso inclui tudo, desde compreender novas formas de abordar o problema através de novos recursos tecnológicos disponíveis até revisitar antigos problemas com novos dispositivos de medição.

O sensor detecta uma determinada quantidade que pode ser de forma indireta ou direta. Por exemplo, a obtenção da distância entre a base e o topo de um prédio pode ser realizada medindo a alteração na pressão barométrica utilizando um altímetro, e, portanto trata-se de uma medida indireta, podemos também utilizar o período de um pêndulo de comprimento L ou medir o tempo que leva um peso para cair a partir de seu topo que também consistem de medidas indiretas. Mas, a medição da altura com uma grande fita métrica é direta. A temperatura do ar próxima à superfície da terra é mais diretamente medida com um termômetro de mercúrio do que com um sensor embarcado remotamente em um satélite. O primeiro exige a relação do comprimento da coluna de mercúrio com a temperatura do ar, enquanto que o último requer a conversão computadorizada da radiação total de uma banda particular de comprimento de onda, entre o solo e o satélite para obter a temperatura do ar na superfície. Desta forma, há mais do que uma forma de se obter uma medição de uma quantidade particular da

natureza, ainda mais se a grandeza a ser medida é a pressão ou temperatura do ar. Mas qual será o método a ser escolhido? A resposta depende do problema em questão. Mas ao responder qual instrumento melhor preencherá os requisitos, tenha em mente que uma vez tomada à decisão terá de garantir que o instrumento manterá seu desempenho durante a investigação. Isto só será possível através de manutenção periódica dos instrumentos no campo. Os dados devem ser então analisados e a resposta científica então começa a ser delineada.

2.2 APARATO EXPERIMENTAL

Os sensores meteorológicos aplicam diversas tecnologias e princípios físicos, cada um voltado para medir uma variável específica do ambiente atmosférico. Um dispositivo de medição meteorológica (ambiental) geralmente consiste de três componentes fundamentais: (1) um dispositivo sensor (sensor propriamente dito), (2) um transdutor, que traduz uma quantidade detectada em uma quantidade diretamente legível (uma quantidade elétrica, uma frequência ou amplitude de uma onda eletromagnética) e, ocasionalmente, uma contagem de determinada quantidade, e finalmente a (3) transmissão e/ou de leitura do dispositivo.

Neste trabalho, apresentaremos características do funcionamento dos principais tipos de sensores meteorológicos estudados:

- Sensor de Temperatura: Este tipo de sensor mede a temperatura ambiente. De forma geral, o elemento sensor consiste em termistores, termopares ou termômetros de resistência. Esses dispositivos respondem às mudanças de temperatura, gerando sinais elétricos que são convertidos em valores de temperatura.

- Sensor de umidade: Responsável por determinar a quantidade de vapor d'água presente no ar. De forma geral, os sensores de umidade usam como elemento sensor a variação da capacitância elétrica em resposta à umidade.

Figura 2.2.1: Ilustração do sensor de temperatura e umidade.



Fonte: Campbellsci

- Anemômetro: Esse sensor é utilizado para medir a velocidade e direção do vento. Pode empregar diferentes métodos para converter um sinal elétrico no módulo da velocidade e direção do vento, sendo um dos mais comuns baseados na força exercida pelo vento em uma hélice.

Figura 2.2.2: Anemômetro tipo copo (hélice) e suporte. Utilizado para medir a intensidade



Fonte: Campbellsci

- Pluviômetro: mede a quantidade de precipitação, como chuva ou neve acumulada em um determinado período de tempo. Geralmente, esses sensores podem ser constituídos de um recipiente volumétrico graduado, mas para o caso do dispositivo eletrônico, o elemento sensor consiste de básculas, ou seja, basicamente um coletor que conduz a água da chuva para um sistema de duas básculas de volume conhecido.

Quando uma báscula se enche, automaticamente, ela fecha o circuito e registra um volume e passa a coletar em outra báscula que começa a coletar a água, quando esta se encher, fecha o circuito e contabiliza a quantidade de chuva. O volume de chuva  calculado em mm por metro quadrado (m²). Ou seja, em uma área de 1m por 1m, 1 litro (L) de água irá subir 1mm. Pra você entender melhor pense que 1 mm de chuva  o mesmo que 1L de água em 1m². Por exemplo, se no jornal falar que choveu 50mm de chuva, você sabe que isso representa cinquenta litros de água por metro quadrado.

Figura 2.2.3: Ilustrao de um pluviômetro. Utilizado para medir a intensidade de precipitao.



Fonte: Campbellsci

Figura 2.2.4: Esquema de funcionamento de um pluviômetro tipo báscula



Fonte: ANDRADE; MIORALLI; SOUZA e AVALLONE

- Barômetro: o barômetro é um instrumento científico utilizado em meteorologia para medir a pressão atmosférica. Existem dois tipos de uso frequente: os barômetros de mercúrio e os barômetros aneróides (metálicos).

Inventada por Evangelista Torricelli em 1643, o barômetro de mercúrio é composto por um tubo de vidro com uma das extremidades fechadas, uma base e mercúrio. Primeiramente, ele encheu o tubo de vidro com mercúrio e o tampou com o dedo. Em seguida, inverteu-o e mergulhou-o na base que também continha mercúrio.

A coluna de mercúrio descia até estabilizar em 760 milímetros (ao nível do mar). Tal fato deve-se à equiparação entre o peso da coluna de mercúrio dentro do tubo e o peso da coluna de ar aplicados na base que contém mercúrio. Esse peso exercido sobre a base de mercúrio pelo ar é a pressão atmosférica, a qual influencia diretamente na altura da coluna de mercúrio. Quanto maior a pressão atmosférica, mais comprida fica a coluna de mercúrio. Em 1648, Blaise Pascal comprovou essa dependência ao fazer o experimento a 1478 metros de altitude, de modo que a coluna do mercúrio caía a 8,6 centímetros.

A pressão atmosférica pode ser calculada multiplicando a altura da coluna de mercúrio pela densidade do mercúrio e pela aceleração da gravidade no local. Contudo, a altura da coluna de mercúrio também é considerada uma unidade de medida para a pressão atmosférica.

Já o barômetro aneróide é menos preciso, porém mais compacto. Consiste em uma câmara metálica parcialmente evacuada que comprime e expande com o aumento e diminuição da pressão, respectivamente. Quando comprimida observa-se um aumento de pressão e com a expansão observa-se a diminuição da mesma. Essa movimentação é transmitida a um circuito eletrônico ou mecânico que indica unidades de pressão.

Ao nível do mar, a pressão atmosférica é de cerca de 15 libras por polegada quadrada, 29,9 polegadas de mercúrio ou 760 milímetros de mercúrio (760 mmHg). Isto é equivalente a 1013,25 milibares ou 101325 Pa.

Figura 2.2.5: Ilustração de um barômetro, cujo mecanismo é baseado em uma câmara aneróide, utilizado para medir pressão.



Fonte: Campbellsci

- Piranômetro: Mede a radiação solar incidente. É usado para determinar a quantidade de energia solar que atinge a superfície da Terra.

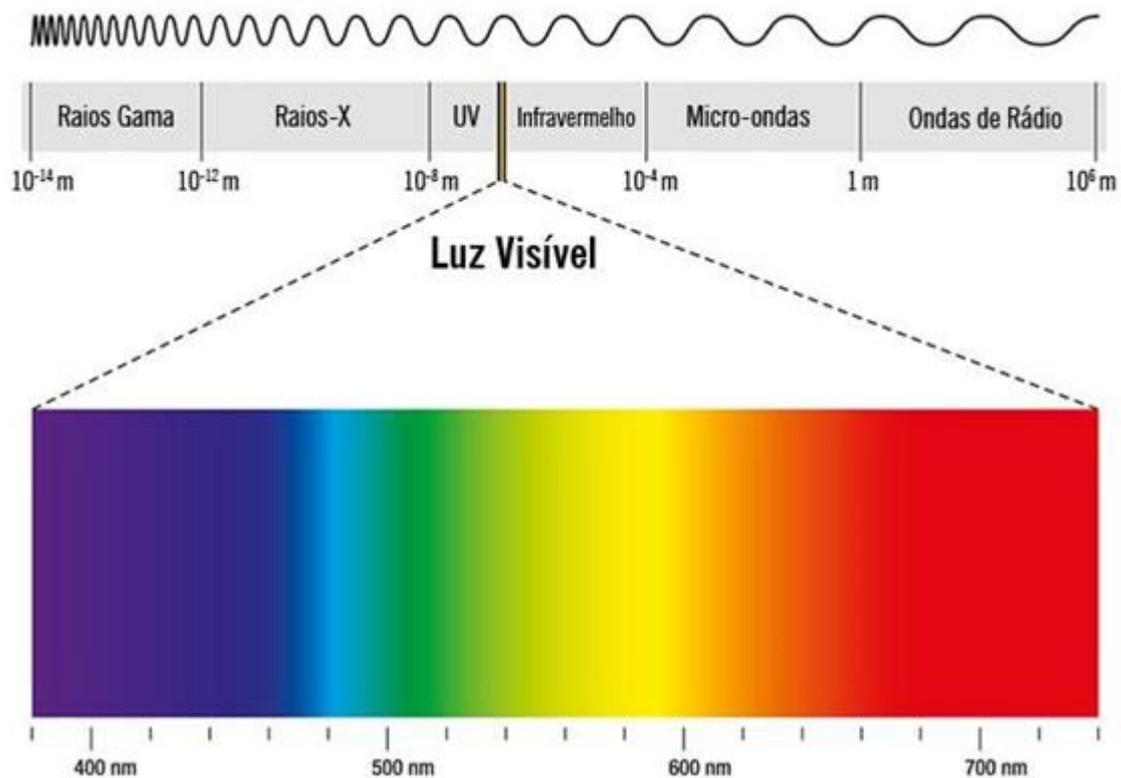
Figura 2.2.6: Ilustração de um piranometro, sensor utilizado para medir a quantidade de radiação solar.



Fonte: Campbellsci

Um piranômetro consiste de um instrumento utilizado para medidas ambientais para medir a quantidade de radiação que atinge a superfície terrestre. A radiação proveniente do sol consiste de ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo e atingem a superfície terrestre. Estas ondas produzem um espectro eletromagnético apresentado abaixo:

Figura 2.2.7: Espectro eletromagnético onde são apresentados os tipos de onda que se propagam à velocidade da luz e, com exceção da luz visível, são todas invisíveis a olho nu.



Fonte: Toda Matéria

O piranômetro possui como elemento sensor uma célula fotoelétrica (termopilha) que mede a diferença de temperatura entre duas superfícies. Ressalta-se que para cada escala do espectro eletromagnético (Raios Gama, Raios-X, Radiação Ultravioleta, radiação Visível, Radiação Infravermelho, Microondas e Ondas de Rádio) existirá um elemento sensor específico para medi-la.

Os sensores usuais para as Ciências Ambientais consistem no Piranômetro (utilizado para medir radiação infravermelha, que consiste na radiação de resfriamento da superfície terrestre), Piranômetro (radiação visível que consiste na sua maior parte da radiação proveniente do Sol), Radiação Ultravioleta que demandará sensor específico (radiação UV) para esta escala e Radiação Difusa que demandará o sombreamento de um sensor do tipo piranômetro.

Esses sensores meteorológicos, através de um “datalogger”, coletam dados constantemente, e as informações obtidas são transmitidas para centros meteorológicos, estações de monitoramento, etc.

Figura 2.2.8: Ilustração de um “datalogger”, dispositivo utilizado para coletar os dados ambientais.



Fonte: Campbellsci

Os dados são analisados, processados e utilizados para gerar previsões do tempo, estudos climáticos, pesquisas científicas e tomada de decisões em diversas áreas que dependem das informações meteorológicas precisas. O funcionamento eficiente desses sensores é fundamental para melhorar nossa compreensão do clima e sua influência em nosso dia a dia.

Todas as informações da estação ficam armazenadas no “datalogger”, que é um processador de informações da estação meteorológica.

Diante de dificuldades de reunir todas as variáveis instrumentais com suas características registradas (muitas vezes não registradas), realizamos uma série de experimentos reduzidos no tempo de forma a analisar a metodologia de avaliação dos dados experimentais obtidos, e assim fundamentar a análise histórica dos dados ambientais da estação meteorológica. Nesta metodologia incluímos a comparação dos dados ambientais obtidos nos experimentos com os dados da previsão numérica de tempo do modelo regional disponibilizado pelo INPE (meteogramas).

Desta forma escolhemos dois experimentos que foram realizados em conjunto com o Projeto Educação implementado pela Coordenação de Ciências do Sistema Terrestre na Escola Estadual André Broca de Roseira (SP) e na Escola Estadual Joaquim Ferreira Pedro de Lorena (SP). Estes experimentos constituíram a instalação de uma estação meteorológica teste que funcionou durante uma semana em cada escola coletando dados de temperatura, umidade, pressão e radiação. Os dados foram coletados de 10 em 10 minutos, desta forma proporcionando uma amostragem importante de dados disponibilizados. A figura 9 mostra um panorama geral da instalação da estação na Escola Estadual André Broca em Roseira (SP). Uma questão recorrente em medidas ambientais realizadas em área urbana são os obstáculos sempre presentes, tais como

prédios, impermeabilização do solo, etc, além de promover a destruição do meio ambiente, causa impactos nas medidas realizadas. Na Escola André Broca estes impactos foram bastante minimizados embora houvessem vários prédios não tão próximos à estação meteorológica.

Figura 2.2.9: Panorama Geral do Experimento Estação Meteorológica na Escola André Broca em Roseira em 2023.



Fonte: Autora

A figura 2.2.10 mostra um panorama geral da instalação da estação na Escola Estadual Prof. Joaquim Ferreira Pedro em Lorena (SP). Nesta escola os impactos sobre as medidas foram maiores. Além de ter disponível uma área verde mínima, os prédios estavam muito próximos à estação, o que acabou influenciando nas medidas realizadas. Ressaltamos neste ponto que a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) dispõe de amplo estudo e manuais sobre os procedimentos para a realização de medidas meteorológicas (WMO 2021).

Figura 2.2.10: Panorama geral do Experimento Estação Meteorológica na Escola Estadual Prof. Joaquim Ferreira Pedro em Lorena (SP).



Fonte: Autora

3 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

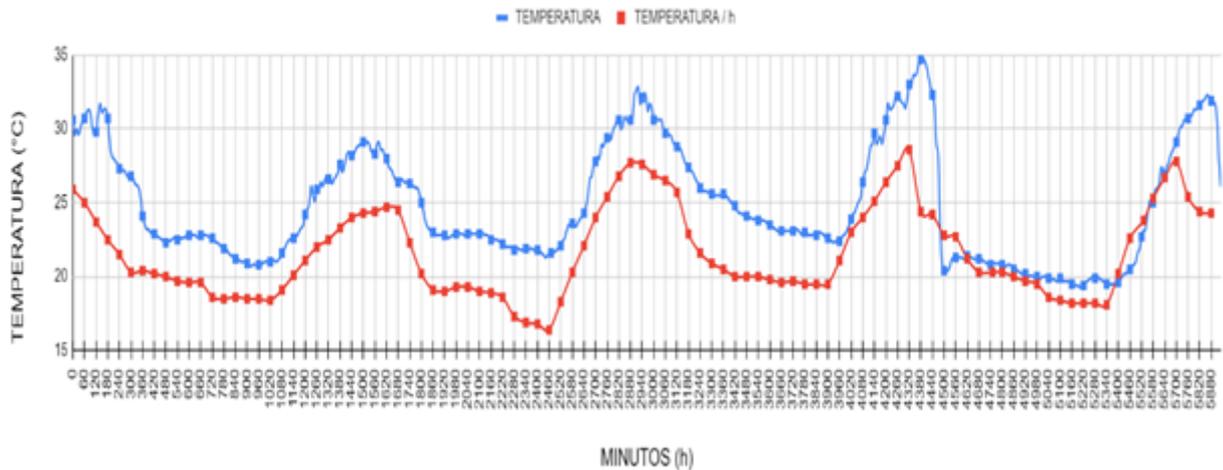
Os sensores meteorológicos/ambientais constituem a ferramenta essencial para o monitoramento ambiental e conseqüentemente a compreensão das condições atmosféricas e ambientais. A coleta de dados precisos e em tempo real são condições fundamentais para melhorar a previsão do tempo e realização de estudos climáticos. A constante evolução de modelos e monitoramento ambiental proporciona uma melhor compreensão do clima e uma preparação mais eficiente para eventos meteorológicos extremos, contribuindo para a segurança e bem-estar de comunidades em todo o mundo. O modelo de área limitada Eta, foi desenvolvido pela Universidade de Belgrado em conjunto com o Instituto de Hidrometeorologia da Iugoslávia, e se tornou operacional no “*National Centers for Environmental Prediction (NCEP)*” (Mesinger et al., 1988; Black, 1994). Esse modelo foi instalado no CPTEC em 1996 com o fim de complementar a previsão numérica de tempo que vem sendo realizada desde o início de 1995 com o modelo de circulação geral atmosférica.

O modelo regional se propõe a prever com maiores detalhes fenômenos associados a frentes, brisa marítima, tempestades severas, etc., enfim, sistemas organizados em mesoescala. Devido a maior não-linearidade dos sistemas nesta escala, a previsibilidade é menor e as previsões são de curto prazo. No caso do Eta, as previsões se estendem até 48h e cobrem a maior parte da América do Sul. Estas previsões são fornecidas duas vezes ao dia em uma grade regular com resolução de 40km.

A comparação dos dados de temperatura e umidade da estação instalada na Escola Estadual André Broca em comparação com as previsões realizadas pelo Modelo Regional são apresentadas nas figuras 3.1 e 3.2.

Figura 3.1: Dados de temperatura comparados com os resultados do Modelo Regional durante a semana do experimento Estação Meteorológica da Escola Estadual André Broca em Roseira (SP) - (os resultados do modelo são apresentados em vermelho).

TEMPERATURA (min) / (h) - Roseira/SP (27/03 - 31/03)



Fonte: Autora

Figura 3.2: Dados de umidade relativa comparados com os resultados do Modelo Regional durante a semana do experimento Estação Meteorológica da Escola Estadual André Broca em Roseira (SP) - (os resultados do modelo são apresentados em vermelho).

UMIDADE (min) / (h) - Roseira/SP (27/03 - 31/03)

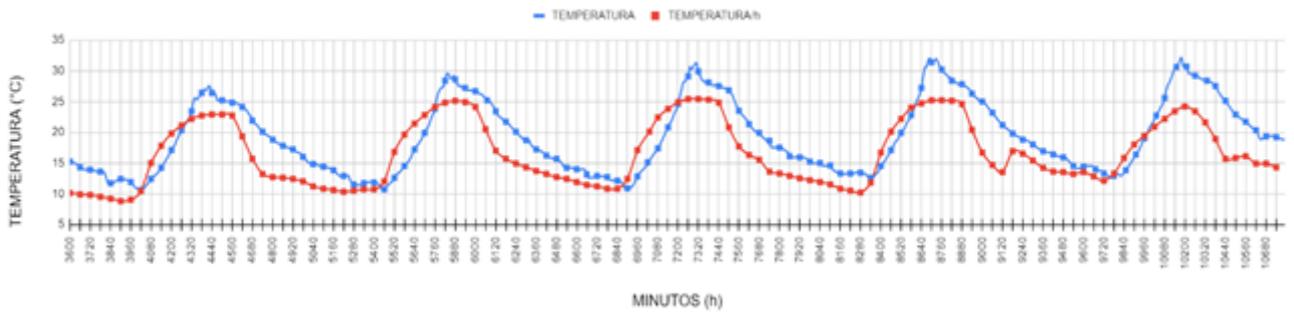


Fonte: Autora

Os dados de temperatura e umidade da estação instalada na Escola Estadual Prof. Joaquim Ferreira Pedro em Lorena (SP) em comparação com as previsões realizadas pelo Modelo Regional são apresentadas nas figuras 3.3 e 3.4.

Figura 3.3: Dados de temperatura comparados com os resultados do Modelo Regional durante a semana do experimento Estação Meteorológica da Escola Estadual Prof. Joaquim Ferreira Pedro em Lorena (SP) - (os resultados do modelo são apresentados em vermelho).

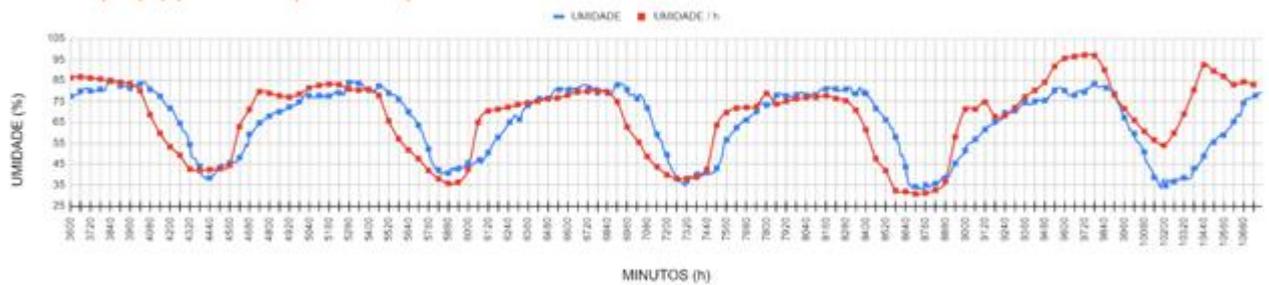
TEMPERATURA (min) / (h) - Lorena/SP (09/06 - 12/06)



Fonte: Autora

Figura 3.4: Dados de umidade relativa comparados com os resultados do Modelo Regional durante a semana do experimento Estação Meteorológica da Escola Estadual Prof. Joaquim Ferreira Pedro em Lorena (SP) - (os resultados do modelo são apresentados em vermelho).

UMIDADE (min) / (h) - Lorena/SP (09/06 - 12/06)



Fonte: Autora

4 OBSERVAÇÕES FINAIS

A comparação dos resultados medidos com os previstos pelo modelo regional utilizado pela Coordenação Geral de Ciências do Sistema Terrestre (CGCT) apresenta uma boa concordância com relação ao ciclo diário das grandezas de temperatura e umidade do ar. Mesmo as discordâncias nas intensidades medidas estão relacionadas com a resolução do modelo, que é da ordem de 40km, em conjunto com o desvio experimental previsto pelos fabricantes dos sensores.

Os erros relacionados às medidas estão conectados essencialmente aos fundamentos de monitoramento ambiental que constituem os procedimentos necessários para a validação de medições ambientais (WMO 2021). Estes fundamentos constituem na integração de sistemas de medidas ambientais, concepção da plataforma de instrumentos, estabelecimento de sistemas de comunicação, interpretação dos resultados, concepções para melhorar o sistema de medições, garantia da qualidade dos dados ambientais, estabelecimento de laboratório de calibração, intercomparações de campo, monitoramento dos dados geração de documentação, revisões independentes e finalmente a publicação de dados de avaliação da qualidade.

Todos estes fatores são fundamentais para a garantia de uma medida dentro da margem de erro estabelecida pelos sensores ambientais.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho procurou contribuir para o desenvolvimento de metodologia para validação de dados ambientais provenientes de sistemas de observação da atmosfera. Essa metodologia se iniciou com o estabelecimento de um conjunto de fundamentos do conceito de um sistema de medidas que devem ser inseridos em sua concepção. Especificamente realizamos um estudo com o objetivo de validar um conjunto de dados gerados por alguns experimentos de monitoramento através de estações meteorológicas instalados no âmbito de um Programa de Educação Ambiental nas Escolas promovido pela Coordenação Geral de Ciências do Sistema Terrestre (CGCT). A análise destes dados em conjunto com os resultados gerados pelo Modelo Regional de Previsão de Tempo mantidos pela mesma Coordenação proporcionou uma boa concordância entre modelo e dados experimentais que nos permitem inferir a validação destes dados. Esta constitui uma primeira etapa no estabelecimento de um programa de validação de dados para a concepção de uma estação ambiental modelo a ser instalada no campus do INPE em Cachoeira Paulista (SP).

A continuidade do projeto prevê a ampliação desta análise para a série temporal de dados ambientais obtidos na estação ambiental do campus do INPE de Cachoeira Paulista (SP). Por meio desta análise pretende-se construir uma base de dados qualificada que permitirá correlacionar aspectos qualitativos de algumas variáveis meteorológicas com aspectos característicos do sinal através de análise matemática.

Finalmente, ressaltamos que os sensores meteorológicos/ambientais constituem a ferramenta essencial para o monitoramento ambiental e conseqüentemente a compreensão das condições atmosféricas e ambientais. A coleta de dados precisos e em tempo real são condições fundamentais para melhorar a previsão do tempo e realização de estudos climáticos. A constante evolução de modelos e monitoramento ambiental proporciona uma melhor compreensão do clima e uma preparação mais eficiente para eventos meteorológicos extremos, contribuindo para a segurança e bem-estar de comunidades em todo o mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE Letícia L.; MIORALLI Paulo C.; SOUZA Júnior O. D.; AVALLONE Elson; Construção de um pluviômetro eletrônico de balança de baixo custo, Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia (CONICT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFSP), 2016.

BLACK Thomas L.; The New NMC Mesoscale Eta Model: Description and Forecast Example, *Weather and Forecast*, vol. 9(2) páginas 265-278, 1994.

BROCK, Fred V.; RICHARDSON, Scott J., *Meteorological Measurement Systems*. Oxford: University Press, 2001.

CAMPBELL SCIENTIFIC. Disponível em: <<https://www.campbellsci.com.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

DEFELICE, Thomas P. *An Introduction to Meteorological Instrumentation and Measurements*, New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River, 1998.

DIAS, Neto J. Caracterização de pirgeômetros e controle de qualidade dos dados medidos, Tese de Mestrado, Pós Graduação de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014.

DIAS, Neto J.; THOMAZ Júnior, J. C.; URBANO, Domingos Neto U. F. Método de Ajuste Matemático para Validação de dados de Sensores de Radiação de Onda Longa; *Revista Brasileira de Meteorologias*, v. 31, n.1, 37-44, 2016.

Espectro Eletromagnético. Toda Matéria. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

FRITSCHEN, Leo J.; GAY, Lloyd W. *Environmental Instrumentation*, New York: Springer-Verlag, 1979.

KEVIN, Trenberth E.; MOORE, Berrien; KARL, Thomas R.; NOBRE Carlos,

Monitoring and Prediction of the Earth's Climate: A Future Perspective. *Journal of Climate – Special Section*, v. 19, p. 5001-5008, out. 2006.

MESINGER, Fedor; JANJIC Zaviša I.; Ničković Slobodan; GAVRILOV Dušank e DEAVEN Dennis G., The Step-Mountain Coordinate: Model Description and Performance for Cases Alpine Lee Cyclogenesis and for a Case of Appalachian Redevelopment, *Monthly Weather Review*, vol 116, 1493-1518, 1988.

WMO. World Meteorological Organization, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation número 8, Volume I, Measurement of Meteorological Variables, 2021. Disponível em: <https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=12407>. Acesso em: 10 ago. 2023.

