

## IMPORTAÇÃO DE MEDIÇÕES METEOROLÓGICAS PARA UMA BASE DE DADOS RELACIONAL UTILIZANDO PYTHON

### IMPORTING METEOROLOGICAL MEASUREMENTS INTO RELATIONAL DATABASE USING PYTHON

Jose Rafael Franco<sup>1</sup>

Matheus Rodrigues Raniero<sup>2</sup>

Enzo Dal Pai<sup>3</sup>

Marcus Vinícius Contes Calça<sup>2</sup>

Alexandre Dal Pai<sup>4</sup>

#### RESUMO

As atividades agrícolas estão fortemente sujeitas aos fenômenos climáticos. De forma que o uso da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) tem possibilitado, de maneira automatizada, a coleta, armazenamento, processamento e a análise de medições meteorológicas visando o planejamento e a tomada de decisão. O grande problema é que, na maioria das ocasiões, as informações oriundas de estações meteorológicas são armazenadas em arquivos ASCII, sendo necessário utilizar softwares com suporte a planilhas eletrônicas para realizar sua manipulação. Tal que esse processo causa lentidão, devido ao grande volume de informações existentes. Como solução para os problemas destacados é proposto neste estudo o desenvolvimento de uma base de dados relacional para realizar a importação, em tempo real, de medições meteorológicas de arquivos ASCII, gerados por um dispositivo registrador de dados (datalogger), utilizando scripts na linguagem de programação Python. Foram utilizadas medidas na partição temporal sub-horária (5 minutos), horária e diária da Estação Meteorológica Lageado (latitude 22°,85' sul, longitude 48° 45' oeste e altitude de 786 metros), fornecidos pela Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) de Botucatu, São Paulo, Brasil, no período de 2015 a 2020. Para a modelagem e construção da base de dados, foi utilizada a tecnologia MySQL Server (5.7) por meio do MySQL Workbench (6.2). Para realizar o pré-processamento e a importação das medições para essa base de dados, foi desenvolvido um algoritmo por meio da linguagem de programação Python, de forma a atuar automaticamente, em tempo real de descarregamento das informações.

**Palavras-chave:** Banco de Dados. Importação de Dados. Estação Meteorológica.

<sup>1</sup> Graduado em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu e Mestrado em Irrigação e Drenagem na Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP) de Botucatu. email: jose\_rafael.franco@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduado em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu e Doutorando em Agronomia na área de Energia na Agricultura pela Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP de Botucatu

<sup>3</sup> Graduado em Engenharia agrônômica pela Universidade de São Paulo mestrado e doutorado na área de Energia na agriculturaa UNESP-FCA,

<sup>4</sup> Professor Doutor, docente da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP/Botucatu.

**ABSTRACT**

Agricultural activities are strongly subject to climatic phenomena. The use of Information and Communication Technology (ICT) has enabled, in an automated way, the collecting, storage, processing and analysis of weather measurements aiming at planning and decision-making. In most cases, information from meteorological stations is stored in ASCII files, requiring the use of software with spreadsheet support in order to use it. Such process causes slowness, due to the large volume of information. This paper aims at developing a relational database to perform the real-time import of weather measurements from ASCII files, generated by a data logger, using scripts in the Python programming language. Measures were used in the sub-hourly (5 minutes), hourly and daily temporal partition from 2015 to 2020 at Lageado Weather Station (latitude 22°, 85 'south, longitude 48° 45' west and altitude of 786 meters), provided by the School of Agricultural Sciences of São Paulo State University - UNESP in Botucatu, São Paulo, Brazil. MySQL Server (5.7) technology was used to model and build the database through MySQL Workbench (6.2). To perform the pre-processing and import measurements into this database, an algorithm was developed using the Python programming language, to act automatically, in real time, for downloading information.

**Keywords:** Database. Data Import. Weather Station.

---

<sup>1</sup> Graduado em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu e Mestrado em Irrigação e Drenagem na Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP) de Botucatu. email: jose\_rafael.franco@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduado em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu e Doutorando em Agronomia na área de Energia na Agricultura pela Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP de Botucatu

<sup>3</sup> Graduado em Engenharia agrônômica pela Universidade de São Paulo mestrado e doutorado na área de Energia na agriculturaa UNESP-FCA,

<sup>4</sup> Professor Doutor, docente da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP/Botucatu.

## 1 INTRODUÇÃO

A meteorologia trata da dimensão física da atmosfera, abordando uma série de fenômenos naturais como raios, chuva, composição física e química do ar, entre outros. É um campo da ciência que se utiliza de instrumentos para mensurar os elementos e fenômenos atmosféricos. O registro desses fenômenos em uma base de dados computacional é de fundamental importância para o desenvolvimento dos estudos de climatologia. Alguns conceitos internacionais determinam estes requisitos como forma para definir os tipos climáticos de um local, onde as medidas devem ser estabelecidas a partir de uma série de dados de um período de pelo menos 30 anos (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2011), uma estação meteorológica automática é composta por aparelhos responsáveis pela coleta de informações dos elementos climáticos de minuto em minuto. Essas informações (temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento) são representativas para a área em que estão localizadas. As variáveis coletadas são armazenadas localmente em um dispositivo de gerenciamento de informações (*datalogger*). A cada período pré-determinado, esses dados são consolidados e transmitidos por meio de aparelhos de telecomunicações, de forma a serem centralizados em um banco de dados e validados através de procedimentos de controle de qualidade. Na área rural se utiliza de estações agrometeorológicas para se obter essas informações, tendo por finalidade quantificar a evapotranspiração, que é utilizada no manejo da irrigação de culturas e auxilia na tomada de decisão do produtor rural. Ajudando, também, na aplicação de defensivos agrícolas para o controle de pragas (MOURA, 2004).

Em meados do ano de 2014, a Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) de Botucatu, São Paulo, Brasil, instalou uma estação agrometeorológica automática no Departamento de Engenharia Rural, a fim de captar informações do clima a partir de sensores eletromecânicos. As informações coletadas são armazenadas em arquivos ASCII na memória interna de um *datalogger*, sendo posteriormente enviadas a um computador. Devido ao acúmulo histórico dessas informações os arquivos finais, contendo as medições realizadas, podem chegar a milhões de linhas. Implicando na problemática de que softwares comerciais tradicionais não possuem a capacidade de manipular adequadamente esses arquivos, principalmente por causa do grande volume de informações que compreende. Implicando em lentidão, travamento e até mesmo

demora na leitura das informações. Este cenário criou a necessidade da utilização de um sistema computacional devidamente estruturado para realizar o armazenamento, processamento e gerar relatórios agrometeorológicos.

O objetivo deste estudo foi modelar e desenvolver uma base de dados relacional para a importação de medições meteorológicas (2015-2020), gravadas em arquivos de texto no formato ASCII, de forma automatizada, para a Estação Meteorológica Lageado da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) de Botucatu, São Paulo, Brasil, permitindo controlar o acesso sobre os usuários e otimizar o tempo de processamento das medidas, utilizando um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional (SGBD), de forma a proporcionar maior velocidade em disponibilizar as informações coletadas.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localidade e Clima**

O estudo foi desenvolvido com base na Estação Meteorológica Lageado (latitude 22°,85' sul, longitude 48° 45' oeste e altitude de 786 metros), conforme ilustra a Figura 1, situada no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) de Botucatu, São Paulo, Brasil.

Figura 1 - Estação Meteorológica Lageado (latitude 22° 85' sul, longitude 48° 45' oeste e altitude de 786 metros) da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) de Botucatu, São Paulo, Brasil.



Fonte: Os próprios autores, 2020.

Botucatu é uma cidade com área territorial de 1.482,642 km<sup>2</sup>, possuindo uma estimativa de população de 144 mil habitantes (IBGE, 2017). Sua região é formada por um relevo assimétrico, denominado de Cuesta de Botucatu, e pela bacia hidrográfica dos rios Tietê e Paranapanema. De acordo com a classificação climática de *Köppen*, o clima local é Cwa (subtropical úmido), possuindo verão quente, úmido e chuvoso e inverno seco com temperaturas amenas (TIEGHI; DAL PAI, 2017).

## 2.2 Medidas Meteorológicas

Foram utilizadas as medições meteorológicas obtidas de 2015 a 2020 nas partições temporais sub-horária (5 minutos), horária e diária de pressão atmosférica; radiação solar; velocidade, direção e desvio padrão do vento a 2 e 10 metros de altura; temperatura mínima, média e máxima do ar; temperatura do ponto de orvalho; umidade relativa mínima, média e máxima do ar; precipitação e evapotranspiração. Essas informações foram obtidas a partir de um Micrologger CR1000 da Campbell Scientific (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2018a). Esse

dispositivo foi responsável por coletar as medidas diretamente dos sensores eletromecânicos e enviá-las a um servidor em arquivos de texto ASCII (Figura 2). Cada partição temporal tem um arquivo separado com as medidas históricas, coletadas desde o início da operação da estação meteorológica.

Figura 2 - Arquivo ASCII contendo as medições meteorológicas (saída dos dados).



Fonte: Os próprios autores, 2020.

A pressão atmosférica foi mensurada em kPa, utilizando um Barômetro PTB110 da Vaisala, constituído de um sensor capacitivo para a realização de medições precisas e estáveis (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2019a). A radiação solar foi medida em W/m<sup>2</sup> a partir de um Piranômetro CMP3 da *Kipp & Zonen*, que utiliza um sensor de termopilha para converter a energia solar (térmica) em energia elétrica (KIPP; ZONEN, 2016). A velocidade (m/s) e direção (graus) do vento são grandezas instantâneas e pontuais que dependem das condições atmosféricas (escoamento do ar) e foram medidas a partir de um Anemômetro MET One 034B *Wind Set da Campbell Scientific* (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2017).

A temperatura do ar é uma variável que identifica o estado da atmosfera na escala de graus Celsius (°C) e a umidade relativa do ar (%) retrata a quantidade de vapor d'água existente na atmosfera, ambas foram medidas por um Termohigrômetro HC2S3 da *Campbell Scientific* (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2018). O volume de chuva é medido em mm por um Pluviômetro TB4-L Rain Gage da *Campbell Scientific*, a partir de um recipiente em formato de funil onde a

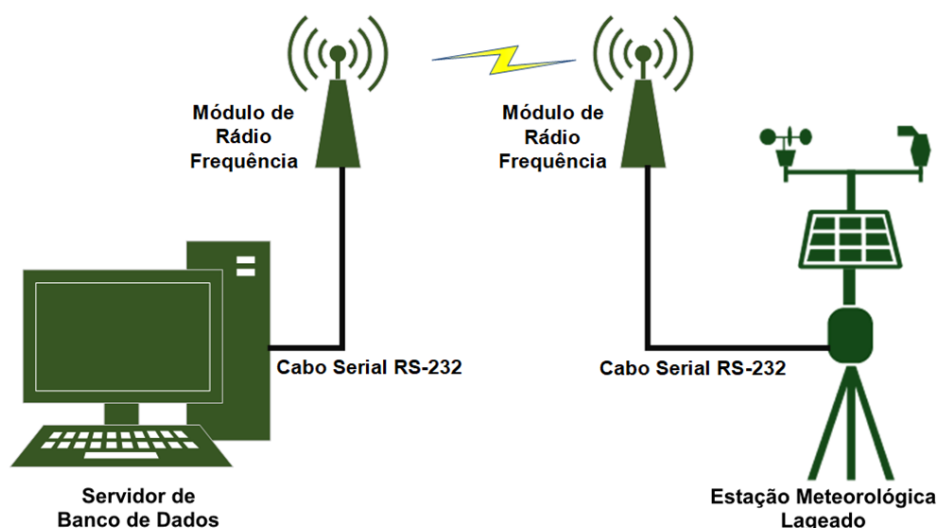
água precipitada é captada e canalizada até um interruptor para que seu volume seja registrado (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2019b). A evapotranspiração é medida em mm a partir de um Taque Classe A com um medidor *Novalynx 255-100* da *Campbell Scientific*, que consiste em um recipiente, contendo água, usado para mensurar a evaporação que se processa na superfície líquida, determinando a variação de nível que essa superfície experimentou durante um tempo (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2018c).

### **2.3 Transmissão das Informações**

O processo de comunicação é essencial para se constituir um banco de dados, uma vez que compreende a transferência das informações do local onde são coletadas até sua disponibilização final. Para as medições meteorológicas deste estudo, esse processo foi realizado a partir de um dispositivo de rádio frequência RF450 da *Campbell Scientific* que possui um espectro de expansão com frequência de operação na faixa de 902 a 928 MHz. Este módulo fornece uma comunicação de rede sem fio a distâncias de até 60 milhas (96 km, aproximadamente), dependendo, também, da antena utilizada e da visada do local (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2015).

O processo de transmissão das informações consiste em enviar as medidas meteorológicas, por meio de radiofrequência, até um servidor, de forma que exista um módulo transmissor em uma ponta e um receptor na outra. O módulo receptor é conectado no servidor via porta serial RS232, de forma que o receptor é conectado ao *datalogger*, utilizando o mesmo tipo de conexão. O canal de saída de ambos os módulos é ligado a antenas direcionais, apontadas uma para outra, formando um link de comunicação ponto a ponto entre as extremidades (Figura 3). Esse processo é gerenciado por um software denominado *LoggerNet* da *Campbell Scientific*, que permite automatizar todo o procedimento.

Figura 3 - Esquema de transmissão das informações entre a Estação Meteorológica Lageado e o servidor de banco de dados.



Fonte: Os próprios autores, 2020.

## 2.4 Tecnologia de Gerenciamento de Banco de Dados (MySQL)

Para o desenvolvimento da base de dados relacional, foi utilizado o MySQL Server (versão 5.7). Foi utilizada, também, a interface de acesso MySQL *Workbench* (versão 6.2) para gerenciar as estruturas e a Linguagem de Consulta Estruturada (SQL) para codificá-las. O MySQL é um SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados) relacional de código aberto, muito utilizado em sistemas desktop e web pela sua flexibilidade, desempenho e gratuidade. A linguagem SQL (*Structure Query Language* - Linguagem de Consulta Estruturada) é formada por codificações procedurais de alto nível (PISA, 2012).

## 2.5 Linguagem de Programação Python

O *Python* foi a linguagem de programação utilizada para criar o script de monitoramento e importação das variáveis meteorológicas a base de dados relaciona MySQL. Esses scripts foram executados automaticamente pelo sistema operacional do servidor com objetivo de sempre estar em operação. O Python é uma linguagem de programação de alto nível orientada a objetos, é multiplataforma e permite o desenvolvimento de uma grande variedade de sistemas,



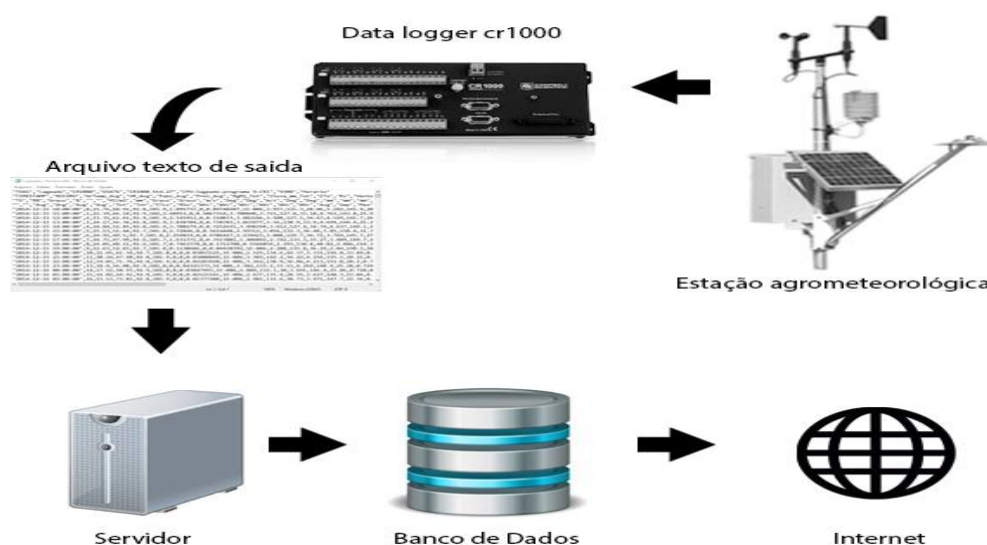
jogos, análise de dados, inteligência artificial entre outras aplicações computacionais. Essa linguagem de programação foi selecionada para compor este estudo pelo fato de possuir scripts mais simples em comparação as demais linguagens de programação do mercado, permitindo o seu rápido aprendizado e tempo de desenvolvimento (MALIK, 2019).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Importação das Medidas Meteorológicas

O esquema desenvolvido para a importação das informações (Figura 4) se inicia com a coleta das medições meteorológicas no campo e termina com a disponibilização delas na internet por meio de uma página pública da instituição. No campo, o *datalogger* coleta as medidas a cada 5 segundos (período de varredura) e faz uma média desses valores a cada 5 minutos (período de gravação sub-horário), após completar uma hora a média das leituras sub-horárias é feita (período de gravação das médias horárias) e, por fim, no final do dia uma rotina faz a média de todos os valores horários (período de gravação diário). Desta forma, o *datalogger* é programado para gerar três tipos de arquivo, sempre que um período de gravação é atingido ele acrescenta uma nova linha com medições. Posteriormente a esse processo as medidas são enviadas para um servidor por meio de um módulo de comunicação de rádio frequência.

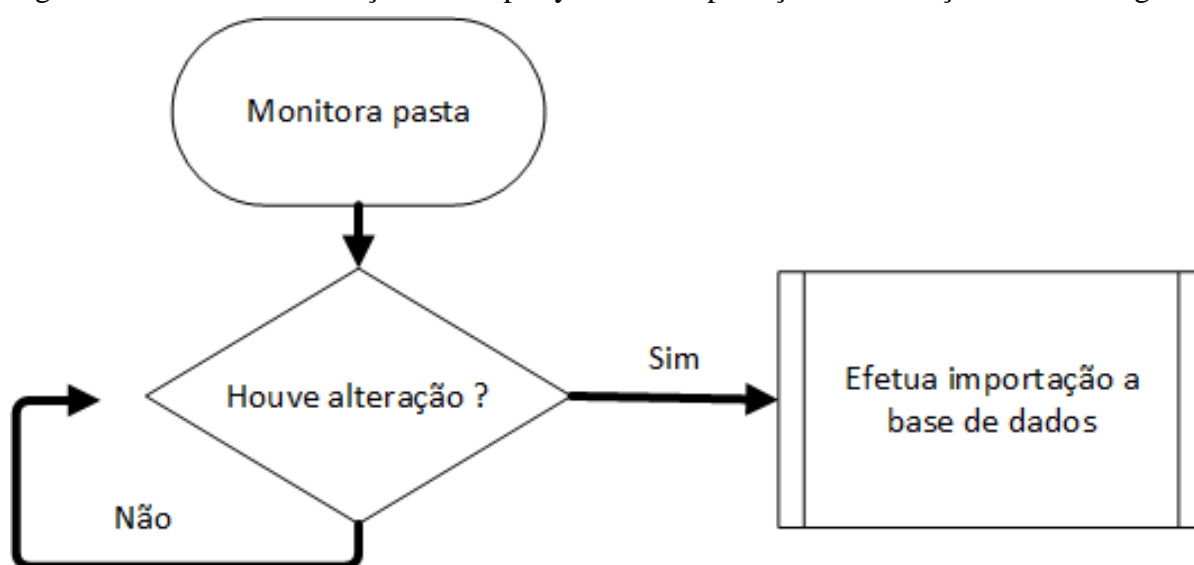
Figura 4 - Processo de importação das informações meteorológicas.



Fonte: Os próprios autores, 2020.

No servidor, o script Python é ativado sempre que um novo envio de medidas é recebido do *datalogger* (Figura 5), identificando o tipo de leitura (sub-horária, horária ou diária), realizando um pré-processamento dos valores, para que se encaixem no padrão determinado na base de dados relacional, e por fim, é feita a gravação dessas informações nas tabelas do MySQL. As informações já preenchidas na base de dados relacional são utilizadas para serem exibidas na página web da instituição como forma de relatório, para que outros pesquisadores ou instituições interessadas possam consultar gratuitamente.

Figura 5 - Processo de ativação do script Python de importação das medições meteorológicas.



Fonte: Os próprios autores, 2020.

Esse script basicamente faz um monitoramento em tempo real de todas as informações que são descarregadas no servidor. O algoritmo executado por trás dele (Figura 6) agrega bibliotecas Python que permitem realizar esse monitoramento.

Figura 6 - Script de monitoramento de alteração no arquivo com as informações.

```

import time
from watchdog.observers import Observer
from watchdog.events import FileSystemEventHandler
from leitura_diario import registra_data_dia
from leitura_horario import registra_data_hora
from leitura_bruto import registra_data_bruto
from datetime import datetime

#Verifica se diretorio existe
class MyHandler(FileSystemEventHandler):
    def on_modified(self, event):
        now = datetime.now()
        print(f'event type: {event.event_type} path : {event.src_path} Log : {now}')

        if (event.src_path == "Dados/teste/Lageado_Bruto.dat"):
            registra_data_bruto()
        elif (event.src_path == "Dados/teste/Lageado_Horario.dat"):
            registra_data_hora()
        elif (event.src_path == "Dados/teste/Lageado_Diario.dat"):
            registra_data_dia()

if __name__ == "__main__":
    event_handler = MyHandler()
    observer = Observer()
    observer.schedule(event_handler, path='../Dados/teste/', recursive=False)
    observer.start()

    try:
        while True:
            time.sleep(1)
    except KeyboardInterrupt:
        observer.stop()
    observer.join()

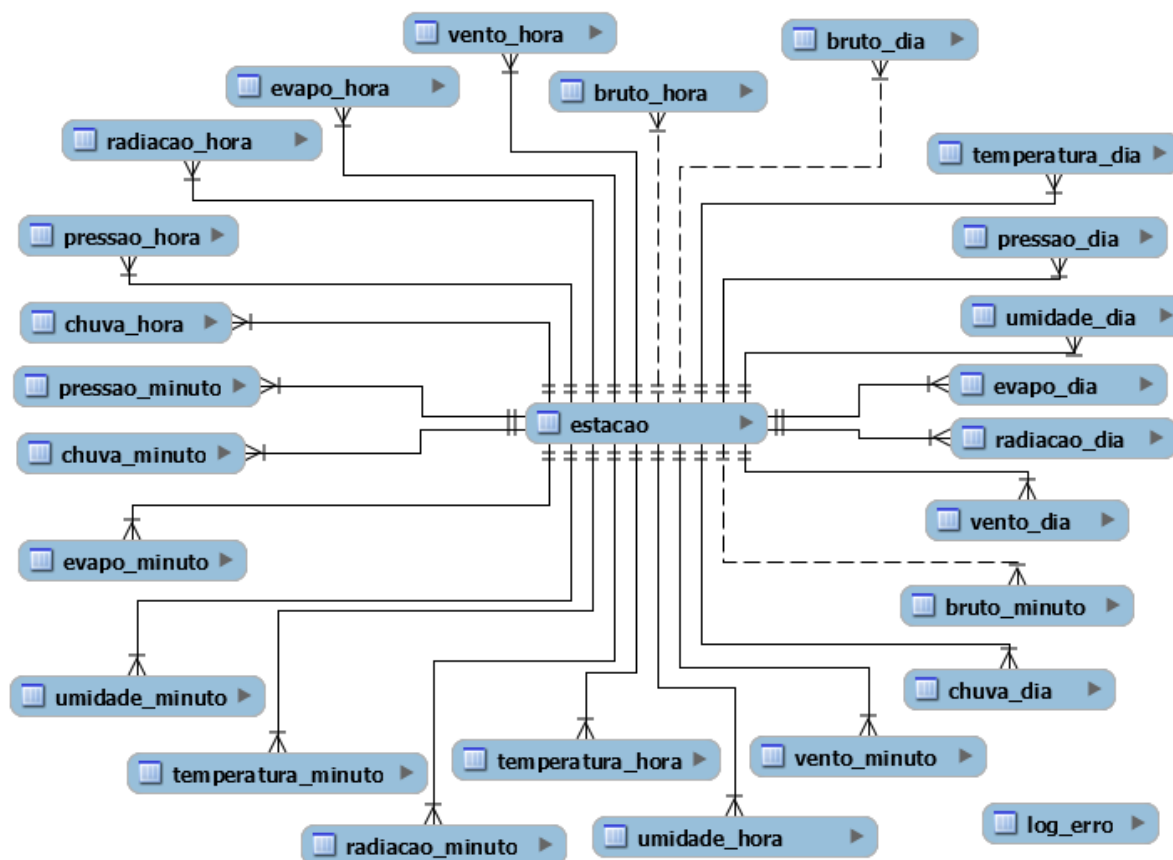
```

Fonte: Os próprios autores, 2020.

### 3.2 Desenvolvimento da Base de Dados Relacional

O DER (Diagrama de Entidades e Relacionamentos) mostra a estrutura da base de dados relacional desenvolvida para armazenar as informações meteorológicas mensuradas (Figura 7). Cada variável meteorológica medida possui sua própria entidade para o período de registro (sub-horário, horário e diário). As entidades “bruto\_minuto”, “bruto\_hora” e “bruto\_dia” armazenam os dados originais registrados pelo *datalogger* da forma que são coletados, ou seja, são entidades utilizadas para realizar um pré-processamento das informações, de forma que se possa manipulá-las a partir de instruções SQL ou Python. Em seguida, os dados são distribuídos as devidas tabelas, filtrando e impedindo que linhas duplicadas ou falhas sejam inseridas nas entidades em que ficaram em seu formato já processado.

Figura 7 - Diagrama de Entidades e Relacionamentos (DER).



Fonte: Os próprios autores, 2020.

É importante destacar, também, que as informações brutas continuam registradas nas entidades “bruto\_minuto”, “bruto\_hora” e “bruto\_dia”, pois no caso de ocorrer um evento errôneo essas informações podem ser recuperadas e processadas novamente. Os erros que ocorrem dentro da base de dados relacional são armazenados na tabela “log\_erro”, permitindo ao administrador do banco de dados acompanhar os problemas ocorridos durante o processo de importação e identificando seu motivo para correção.

#### 4 CONCLUSÕES

O presente estudo buscou otimizar a disponibilidade das informações meteorológicas medidas na Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) de Botucatu, São Paulo, Brasil. De forma que, também, otimizou o processamento e a segurança dessas informações, em um modelo informatizado de importação e armazenamento das medições utilizando a linguagem de programação Python. A geração das

medidas ocorre através de um dispositivo registrador de dados (*datalogger*), dessa forma, sua transmissão é feita a um servidor com um módulo de rádio frequência. Nesse servidor, foi desenvolvido um script em Python, executado automaticamente no sistema operacional para monitorar quando um novo registro é incrementado. Ao identificar novas linhas de informações, funções são executadas para realizar a importação a uma base de dados relacional, desenvolvida a partir da tecnologia MySQL por meio do MySQL Workbench (6.2). Com a importação das variáveis meteorológicas a uma base de dados relacional, um nível mais elevado de segurança foi implantado, permitindo o acesso apenas aos usuários que possuem autorização para trabalhar com estes dados.

## REFERÊNCIAS

CAMPBELL SCIENTIFIC. **CS106: Barometric Pressure Sensor**. Estados Unidos da América: R. 7/19, 2019 a. Disponível em: <https://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cs106.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2020.

CAMPBELL SCIENTIFIC. **Data Logger: Also known as Data Loggers, Data Recorders, and RTUs**. Estados Unidos da América, 2018 a. Disponível em: [https://s.campbellsci.com/documents/us/category-brochures/b\\_loggers.pdf](https://s.campbellsci.com/documents/us/category-brochures/b_loggers.pdf). Acesso em: 12 nov.

CAMPBELL SCIENTIFIC. **HC2S3: Temperature and Relative Humidity Probe**. Estados Unidos da América, R. 7/18, 2018 b. Disponível em: <https://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/hc2s3.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2020.

CAMPBELL SCIENTIFIC. **Met One 034B Wind Set**. Estados Unidos da América, R. 8/17, 2017. Disponível em: <https://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/034b.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2020.

CAMPBELL SCIENTIFIC. **RF450: 900 MHz, 1 W Spread-Spectrum Radio**. Estados Unidos da América, 2015. Disponível em: [https://s.campbellsci.com/documents/us/product-brochures/b\\_rf450.pdf](https://s.campbellsci.com/documents/us/product-brochures/b_rf450.pdf). Acesso em: 02 nov. 2019.

CAMPBELL SCIENTIFIC. **TB4, TB4MM, CS77 and CS700H: Tipping Bucket Rain Gages**. Estados Unidos da América, R. 8/19, 2019 b. Disponível em: <https://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/tb4-cs700.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2020.

CAMPBELL SCIENTIFIC. **255-100: Novalynx Analogue Output Evaporation Gauge**. Estados Unidos da América, R. 8/18, 2018 c. Disponível em: <https://s.campbellsci.com/documents/es/manuals/255-100.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2020.

IBGE. **Panorama do município de Botucatu - SP**. Cidades: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/botucatu/panorama>. Acesso em: 11 de set de 2019.

INMET. **Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET**. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo\\_iframe/pdf/Nota\\_Tecnica-Rede\\_estacoes\\_INMET.pdf](http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf). Acesso em: 11 de set de 2019.

KIPP & ZONEN. **CMP3 Series: Instruction Manual**. Holanda, 2016. Disponível em: <https://www.kippzonen.com/Product/11/CMP3-Pyranometer#.Xr28u4hKjIU>. Acesso em: 14 mai. 2020.

MALIK, F. **Everything About Python - Beginner To Advanced**. Disponível em : <https://medium.com/fintechexplained/everything-about-python-from-beginner-to-advance-level-227d52ef32d2>. Acesso em: 08 de maio de 2020.

MENDONÇA, F., DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia noções básicas e climáticas do Brasil**. 1. ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2007.  
MOURA, M. S. B., **A informação Agrometeorológica e o Manejo de Irrigação na Cultura da Videira**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/29105/1/OPB590.pdf>. Acesso em: 11 de set de 2019.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2 ed., São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017.

PISA. P. **O que é e como usar o MySQL?**. Disponível em : <https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/04/o-que-e-e-como-usar-o-mysql.html>. Acesso em: 08 de maio de 2020.

TIEGHI, C. P., DAL PAI. A, **Irradiação Solar Global E Extraterrestre Em Superfícies Verticais: Série Temporal Horaria Anual**. IX Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio. 2017.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. 2. ed., Recife: 2006.  
Disponível em: [http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA\\_E\\_CLIMATOLOGIA\\_VD2\\_Mar\\_2006.pdf](http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf). Acesso em: 11 set. 2019.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CPNQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo apoio financeiro concedido.