

## **PREVISÕES DE SÉRIES DE TEMPERATURA NA MICRORREGIÃO DE PIRASSUNUNGA (SP)**

## **TEMPERATURE SERIES FORECASTS IN THE PIRASSUNUNGA (SP) MICROREGION**

DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.13059/RACEF.V15I2.1158](http://dx.doi.org/10.13059/RACEF.V15I2.1158)

**Bruno Eduardo Teixeira**

bruno.eduardo@fho.edu.br

Fundação Herminio Ometto

**Luiz Gustavo Antonio de Souza**

luizgustavoeco@gmail.com

Universidade Federal Fluminense

**Adriano Rogério Bruno Tech**

puhle.mayara@gmail.com

Universidade de São Paulo

**Data de envio do artigo:** 28 de Agosto de 2023.

**Data de aceite:** 04 de Junho de 2024.

**Resumo:** Observa-se um aumento cada vez maior das consequências do fenômeno chamado de mudanças climáticas, que se tem manifestado através de fatos que podem ser considerados fora da normalidade, como pode ser observado através de chuvas e ventos fortes, além de enchentes e quedas de árvores que causam grandes prejuízos as mais variadas cidades e regiões em diversos pontos do país e do mundo. A pesquisa atual tem por objetivo geral analisar o comportamento da temperatura na microrregião de Pirassununga no interior do estado de São Paulo com o intuito de responder se as mudanças são significativas ao ponto de considerar que há mudança provocada pelas alterações climáticas globais, para a realização desse estudo foi utilizado como base uma série temporal de 1988 a 2018, onde foi observado o comportamento da temperatura mínima, média e máxima. Em um primeiro momento foi possível observar um comportamento sazonal para as situações em análise da série temporal, mas para aprimorar a compreensão e aprofundar melhor o estudo da série optou-se por dividir o modo de estudo em três subgrupos distintos, a partir disso utilizou modelos estatísticos para a continuidade da pesquisa. Como método principal de estudo nesta pesquisa foi utilizado a estimação de modelos de séries temporais da classe ARIMA. Conclui-se a partir dos resultados que há mudanças nas séries temporais significativas no componente médias-móveis, isto é, infere-se como movimento oriundo das mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** Mudanças Climáticas, ARIMA, Raiz Unitária, Séries Temporais.

**Abstract:** *There has been an increasing observation of the consequences of the phenomenon known as climate change, which has manifested through events that can be considered abnormal. This includes occurrences such as heavy rains and strong winds, as well as flooding and falling trees that cause significant damage to various cities and regions across the country and around the world. The current research aims to generally analyze the temperature behavior in the microregion*

*of Pirassununga in the state of São Paulo to determine whether the changes are significant enough to be considered as caused by global climate alterations. For this study, a time series from 1988 to 2018 was used as a basis, during which the behavior of the minimum, average, and maximum temperatures was observed. Initially, it was possible to observe a seasonal behavior for the situations under time series analysis, but to enhance understanding and further deepen the study of the series, it was decided to divide the study method into three distinct subgroups. From this, statistical models were used to continue the research. The main method of study in this research was the estimation of ARIMA class time series models. It is concluded from the results that there are significant changes in the time series in the moving averages component, which is inferred as a movement originating from climate changes.*

**Keywords:** *Climate Change, ARIMA, Unit Root, Time Series.*

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente é possível observar uma crescente ramificação do fenômeno das mudanças climáticas, que é caracterizado por eventos climáticos extremos, que estão foram da média histórica, isso pode analisado através de chuvas torrenciais, ventos fortes e intensos, inundações e quedas de arvores. (Ferrari, 2012).

Segundo Evangelista (2015), as situações problemas na esfera ambiental vêm crescendo de forma rápida no decorrer dos anos, fato esse que pode ser ligada a diversas questões políticas, sociais e econômica, de forma geral a comunidade cobra cada vez mais por novas ações de informações e habilidades, e essa cobrança é obra de situação limitada em que comunidade está inserida.

Consequentemente o entendimento sobre os impactos causados pelas mudanças climáticas é elencado pelos elementos alarmantes dos efeitos futuros da sociedade, que não se limitam apenas a chuvas e ventos de alta velocidade. (Ferrari, 2012).

Conforme apresentado por Reis (2008),

os problemas climáticos de caráter ambiental ligam um sinal de preocupação em toda a sociedade, juntamente a isso, aparece na sociedade sempre uma nova exigência pela solução destas questões.

Para a comunidade científica nacional e internacional, toda a situação das mudanças climáticas está associada ao que o meio ambiente vem suportando devido à ação das atividades dos seres humanos (De Souza E De Azevedo, 2009).

Ainda nos relatos dos estudos De Souza e De Azevedo (2009), todos esses problemas que o clima atual vem sofrendo poderão impactar alterações de temperaturas, que podem levar a situação de noites mais quentes, ondas de calor excessivo e fortes eventos de chuvas, que poderão ocorrer na segunda metade do século XXI.

Para alguns autores entre eles Sentelhas, Pereira e Angelocci (2000) e Ferrari (2012), o que se pode afirmar sobre o termo “mudanças climáticas” depende muito da escala de tempo que são analisados os dados, e é necessário levar em consideração que as mudanças climáticas são flutuações contínuas do tempo.

Conforme apontado por Ferrari (2012), a investigação das mudanças climáticas emerge de uma elevada complexidade para uma grande quantidade de acadêmicos, além disso esse desafio decorre de uma grama diversificada de variáveis relevantes em especial as técnicas de medidas assim como a aplicação incorreta de métodos estáticos podem conduzir a distorção dos resultados.

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2002) e Ferrari (2012), existe uma forte conexão entre as condições climáticas e as atividades praticadas pelos humanos, assim é crucial estudar e para que se possa compreender essas relações de uma melhor maneira.

Para alguns investigadores, conforme pode ser observado pelos estudos de De Souza e De Azevedo (2009), as variações de temperatura em nosso planeta ocorrem de forma cíclica, variando entre períodos de aquecimento e resfriamento, isso fica evidente com a presença de diversas incertezas relacionadas às mudanças climáticas,

assim sendo, é crucial que essas alterações sejam minuciosamente e cientificamente analisadas e avaliadas, principalmente em âmbitos regionais e globais.

Vale ressaltar que nos últimos anos, existe muitos esforços para gerenciar as diversas atividades de forma integrada, visando gerar dados confiáveis para embasar a tomada de decisões.

Como pode ser analisado na fala a seguir “a utilização de Sistemas de Informações Geográficas tem permitido a caracterização espaço-temporal de variáveis ambientais, dentre as quais se incluem as agroclimáticas”. (Diedrich, Ferreira E Eckhardt, 2007, p153).

Compreender o comportamento das séries temporais tem despertado um grande e considerável interesse entre os mais diversos pesquisadores e estudiosos, e isso se deve a fatores de comportamento dessas séries climatológicas, especialmente a relacionada a temperatura fatos que podem ter impactos significativos nos mais diversos mercados, podendo, portanto, levar a resultados favoráveis conforme destacam em sua pesquisa. (Silva, Guimarães E Tavares, 2008).

Segundo Bardin, Pedro Junior e De Moraes (2010), relatam em sua pesquisa que a temperatura atmosférica desempenha um papel crucial e sua análise pode contribuir significativamente para otimizar o crescimento e desenvolvimento das plantas, vale ressaltar ainda, que a temperatura é fundamental para determinar o momento mais adequado para o plantio e a semeadura das vegetações de modo geral.

Compreender as variações nas temperaturas mínimas, médias e máximas em uma determinada região, através dos dados coletados por uma estação meteorológica, pode ser fundamental para embasar decisões em nos mais diversos setores da sociedade, como agricultura e agropecuária, sendo assim essa compreensão possibilita prever condições climáticas e ajustar práticas agrícolas de acordo, visando otimizar resultados.

O trabalho se justifica ainda pelo fato de o estudo do comportamento da temperatura

e do comportamento das condições climáticas ser de papel fundamental e crucial para uma variedade de processos sendo eles naturais ou referentes as atividades humanas. Vale ressaltar ainda que análise das series temporais para uma determinada região em especial a análise de temperatura, pode ser extremamente relevante devido aos impactos que a mesma pode influenciar nos impactos do ecossistema, na agricultura e nos recursos hídricos por exemplo.

É importante ressaltar também que esse tipo de análise sobre series temporais de temperatura pode fornecer informações sobre a microrregião de forma a colaborar com pesquisadores e sociedade com intuito de identificar tendências, padrões e eventos extremos por exemplo, favorecendo a tomada de decisão o desenvolvimento de estratégias, com o intuito de reduzir os riscos e possíveis danos e perdas associados a variações de temperatura.

Este estudo tem como objetivo oferecer uma contribuição significativa para a sociedade de modo geral assim como para o meio acadêmico, ao investigar de uma maneira detalhada o padrão de temperatura em nível local, através da utilização de dados coletados ao longo dos últimos 30 anos pela estação meteorológica da Academia da Força Aérea (AFA), localizada na cidade de Pirassununga, no interior de São Paulo.

Desta forma, este trabalho tem por hipótese que, a temperatura diária da microrregião de Pirassununga está sofrendo com modificações ao longo dos anos, podendo ser refutada ou corroborada através da análise estatística proposta pela metodologia realizada nesta pesquisa.

O estudo de series temporais de temperatura de uma microrregião é muito interessante e traz informações importantes para as diversas áreas acadêmicas e também de gestão privada e pública, pois este estudo pode fornecer insights de grande importância e valor com intuito de entender melhor as tendências do clima local e seus padrões, além de fortalecer e subsidiar a tomada de decisão dos mais diversos setores da gestão, como por

exemplo politicas publicas relacionados a gestão ambiental, planejamento urbano entre outras.

O objetivo geral deste trabalho é analisar o comportamento da temperatura na microrregião de Pirassununga – São Paulo por meio de dados históricos. Os objetivos específicos são: i) verificar o comportamento das temperaturas mínimas, máximas e médias para a região a partir da análise dos dados coletados; ii) avaliar a série histórica de forma a decompô-la em seus principais componentes; e iii) realizar uma previsão, para o ano seguinte, das temperaturas mínimas, máximas e médias.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

As questões climáticas são um assunto muito atual e preocupam a sociedade de modo geral. Os pesquisadores de modo específico apresentam uma preocupação especial com essas mudanças que vem ocorrendo nos últimos anos e isso pode ser observado como pode-se se observar na sequência descrita nos próximos parágrafos.

Conforme abordado por Ferrari (2012), as características atuais das consequências provocadas pelas mudanças climáticas são provocadas pelos seres humanos e por suas atividades desenvolvidas nos dias atuais.

Já para Confalonieri (2015), cita que as variações climáticas são consequências de oscilações naturais em nível global, regional ou local.

Alguns autores como pode ser observado no estudo de Diedrich, Ferreira e Eckhardt (2007), afirmam que o comportamento climático de uma determinada região pode ser analisada e estudada através da análise de series históricas.

Vale ressaltar ainda que a utilização da estatística é algo de grande utilização e funcionalidade para os mais diversos ramos de estudo e do conhecimento humano, conforme afirmam os autores (Steidle Neto E Zolnier, 2006).

Beck, (2001), realizou um estudo sobre o aumento da temperatura média atual, utilizando como base uma série histórica de 1924 a 1998, através da utilização de regressão e testes

paramétricos.

Em seus estudos Kuinchtner (2006), aplicou do método de regressão linear dos mínimos quadrados para análise de como os fenômenos naturais atuam na variabilidade de temperatura.

Assim pode-se observar a importância da utilização das estatísticas nos estudos das series históricas relacionadas as questões temperaturas e mudanças climáticas.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Neste tópico será apresentado a abordagem metodológica que foi adotada no desenvolvimento da pesquisa sobre o comportamento da temperatura na microrregião de Pirassununga.

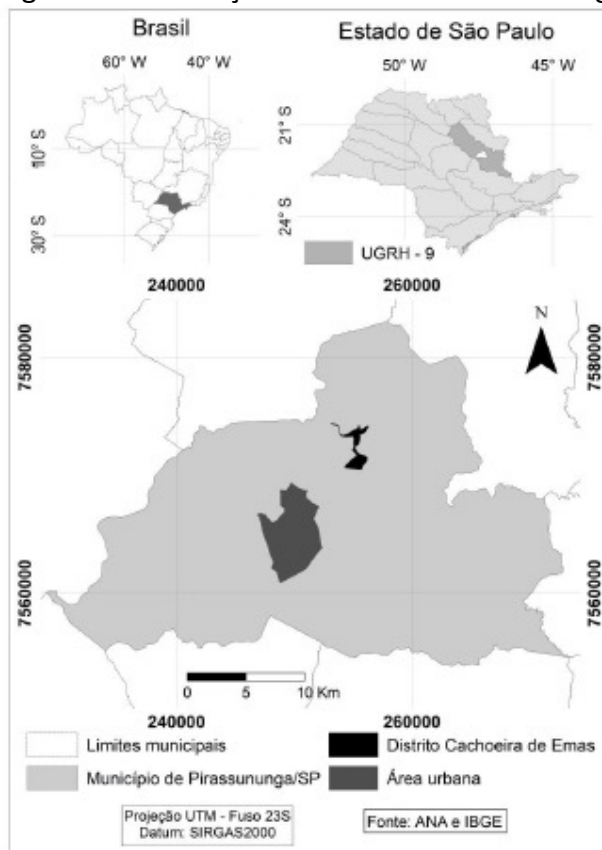
Vale ressaltar que a metodologia é fato essencial para garantir a validade e a confiabilidade dos estudos da pesquisa científica, sendo assim descreve se a seguir o detalhamento das técnicas que foram aplicadas para a coleta dos dados e análise dos resultados referentes a esta pesquisa.

#### 3.1. Área de Estudo

Conforme os estudos de Da Silva (2019), localizada no interior do estado de São Paulo, distante 212 km da capital São Paulo a cidade de Pirassununga foi fundada no ano de 1822, localizada na região centro-leste do estado, composta por uma área de aproximadamente 727.118 km<sup>2</sup> com uma altitude média de 627 metros, conforme pode ser observado na figura 1.

O município de Pirassununga conta com algumas instituições de Ensino Superior, e resalta-se nesse estudo a Academia da Força Aérea e a Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos (FZEA).

Figura 1 - Localização da cidade de Pirassununga – SP



Fonte: Da Silva, 2019

Ressaltam-se assim alguns pontos importantes que justificam a escolha do município de Pirassununga como uma região climática com características e atividades que são grandemente beneficiadas pela análise e previsão de temperaturas futuras devido às suas peculiaridades climáticas e diversificadas áreas de atuação para as quais são uteis as análises propostas por este trabalho.

O estudo em questão pode trazer vários benefícios para região em termos de análises e conhecimentos, pois as variações de temperatura afetam as safras agrícolas, a criação de gado e também as questões meteorológicas que podem prejudicar a questões aéreas da região onde possuem uma base militar de formação de oficiais da força aérea brasileira. Vale ressaltar que as condições climáticas têm impacto direto e significativo na segurança das operações aéreas, além do conhecimento sobre o comportamento da série histórica ajudam na montagem e ajustes das rotas dos aviões, favorecendo assim a reduzir custos operacionais.

### 3.2 Dados

Para o estudo foram utilizados dados de 30 anos referentes a uma série histórica compreendida entre 1988 e 2018, mas devido à ausência de informações do ano de 1999 e março de 2000, foi utilizado uma interpolação dos dados, isso tudo foi aplicado com a finalidade de analisar o comportamento da série temporal de temperatura da cidade de Pirassununga, localizada no interior de São Paulo.

A interpolação aplicada para o ano de 1999, consiste em replicar a série de 1998 e para o dado de março utilizou-se o referente ao ano de 2001, o método foi aplicado pelo fato de não ser possível realizar nova medição devido a disponibilidade de dados ofertados este método foi o considerado de maior praticidade e que ocasionaria menor variabilidade na estimação das séries.

De acordo com o sistema internacional de Köppen, a cidade na qual se refere o estudo, apresenta um clima do tipo CWa, o que quer dizer que a mesma apresenta um clima tropical com

verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média nos meses mais frios em torno de 18 °C, e nos meses mais quentes, com temperaturas em torno de 22 °C (Batalha; Aragaki; Mantovani, 1997; Almeida, 2002; Colabone, 2011; Ferrari, 2012).

Alguns autores assim como Vargas et al. (2007) relatam em seus estudos que a região de Pirassununga apresenta um clima quente e chuvosa no período de outubro a março, sendo que no período de abril a setembro apresenta um clima fresco e seco, sendo assim são dois tipos diferentes de estações climáticas.

Os dados aplicados no estudo foram fornecidos pelo Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), instituto responsável pelo banco de dados meteorológicos da Aeronáutica. Conforme Ferrari; Vecchia; Colabone, (2012); Ferrari, (2012) a estação meteorológica está localizada na Academia da Força Aérea, que alocada na cidade de Pirassununga, nas coordenadas Latitude 21°59'07" S – Longitude 47°20'06" W. A altitude da região é de aproximadamente seiscentos metros (600 m).

O software utilizado para análise é o Eviews® versão 11, o mesmo foi escolhido para esse estudo por conter uma tecnologia moderna com recursos de ultima geração, além de ser construído numa interface fácil utilização, o programa ainda dispõe de uma interface orientada a objetos para que corporações, instituições acadêmicas, pesquisadores e agências governamentais e de pesquisa com acesso a poderosas ferramentas de modelagem, projeções e estatística o sistema possui uma grande utilização nos meios acadêmicos o que facilita a interpretação dos resultados entre distintos pesquisadores, além da sua constante atualização também permitir maior confiabilidade no meio acadêmico por esse e outros motivos como permitir a realização dos cálculos previstos no método utilizado para esta pesquisa o sistema em questão foi escolhido.

De acordo com Silva (2017), o método de estudo ARIMA é um dos mais importantes métodos dentro dos diversos métodos existentes para análise e previsão de series temporais utilizadas por pesquisadores e gestores.

Pode se observar também nos estudos de Kinbuja et al. (2014), que aplicou o método SARIMA em seus estudos a características de previsão de chuvas.

Vale ressaltar também que conforme apresentado por babai et. al. (2013) e Babu e Reddy (2014), o método ARIMA utilizam dados históricos para expressar como as series temporais reagem com a variação estocásticas, ajudando a entender melhor a dinâmica dos dados.

### 3.3 Modelos ARIMA

Bandura et al. (2019), baseado no modelo Box-Jenkins realizou um estudo para analisar o preço da soja, arroz e milho, sendo que para a soja e milho o que melhor se adaptou foi o modelo ARIMA e para o arroz o melhor foi o SARIMA.

Conforme descrito nos estudos de Souza (1989), uma série temporal é um fenômeno no qual a observação e a quantificação numérica geram uma sequência de dados distribuídos ao longo do tempo, de acordo com sua natureza temporal, uma série temporal pode exibir características específicas relacionadas ao período em que os dados são coletados, assim sendo algumas das mais comuns incluem a presença de sazonalidade e tendência.

Para Silva (2017), a construção do modelo ARIMA, baseado no modelo Box-Jenkins deve obedecer a um ciclo onde os componentes do método são escolhidos nos dados da serie e depois vão sofrendo ajustes até ser possível chegar no melhor modelo.

Pode se descrever que a exploração de séries temporais pode ser conduzida por meio de duas abordagens distintas, sendo que a primeira envolve a análise da própria série temporal, visando compreender os mecanismos subjacentes que a geraram, por outro lado a segunda abordagem concentra-se na previsão dos valores futuros da série temporal.

Essa previsão é individualmente saliente em argumentos financeiros, onde a precisão na prematuridade dos valores pode resultar em ganhos substanciais, assim sendo, a aplicação de modelos de previsão é efetiva nesse assunto, buscando proporcionar avaliações que se aproximem o máximo possível da realidade, com o intuito de tornar ótimo as tomadas de decisão de aquisição e maximizar o retorno financeiro.

De acordo com Box e Jenkins (1976) pronunciam que o objetivo principal da análise de séries temporais é a efetivação de previsão, sendo assim, eles desenvolveram uma metodologia que admite que valores vindouros de uma série possam ser antevistos apenas tomando como referência valores atualizados e valores passados, isso graças à correlação temporal entre os dados analisados, assim a metodologia é dividida em etapas e necessita que alguns condições sejam contempladas antes que se possa prosseguir para próxima fase.

A metodologia ARIMA é a preferencialmente utilizada, no entanto, o modelo ARIMA pode ser ajustado para funcionar genuinamente como um modelo autorregressivo (AR), médias moveis (MA) ou autorregressivo de medias moveis (ARMA). Essa característica do funcionamento depende somente do ajuste dos parâmetros do método.

Pode se descrever como exemplo, caso o método escolhido seja o AR, o único parâmetro ajustado deve ser a ordem do valor autorregressivo. Os parâmetros que relacionados à diferenciação e à ordem do valor de médias móveis devem estar anulados (valor igual a zero) para que não alterem a natureza do método AR.

### 3.4 ARMA

Um processo ARMA(p,q) tem a seguinte forma:

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (1)$$

A estacionariedade do processo ARMA depende somente dos parâmetros autorregressivos  $\phi$ 's. O processo é estacionário quando as raízes do polinômio  $1 - \phi_1 z - \phi_2 z^2 - \dots - \phi_p z^p = 0$  estão fora do círculo unitário. Sendo esse o caso, o processo pode ser transformado num MA ( $\infty$ ) (Morettin; Toloj, 2004; De Mattos, 2018).

### 3.5 ARIMA

O componente “I” do modelo ARIMA visa considerar se a série é estacionária (ordem de integração zero) ou não (ordem de integração 1, 2, ...). Uma série temporal é considerada estacionária se suas propriedades estatísticas não variam ao longo do tempo, ou seja, a série possui média e variância constante, e covariância entre valores em t e t-k depende apenas da defasagem, isto é, de k. Esta hipótese de estabilidade temporal permite que se use a informação disponível da variável para a predição de valores futuros da série (ENDERS, 2004).

A análise de séries temporais envolve a noção do processo gerador da série e, portanto, envolve o conceito de Processos Estocásticos – PE, uma vez que não se podem prever perfeitamente os valores que uma variável assume ao longo do tempo. Para cada valor conhecido que uma variável aleatória assume, diz-se que ocorreu a realização deste PE.

O PE mais conhecido é o PE Ruído Branco – RB (white noise) que possui como características ser um Processo Fracamente Estacionário – PFE e restrição em relação à memória do processo, ou seja, assintoticamente não correlacionado (sem memória); PE Médias Móveis – MA; PE Autorregressivo – AR; PE ARMA, PE de Wiener ou Movimento Browniano (Brownian Motion) (Harvey, 1990; Hamilton, 1995; Enders; 2004, Morettin; Toloj, 2004).

Os principais testes para detecção da estacionariedade de uma série, ou seja, a presença ou ausência de raiz unitária são Teste de Dickey-Fuller Aumentado – ADF (DICKEY E FULLER, 1979), DF-GLS (Elliott; Rothenberg; Stock, 1996) e KPSS (Kwiatkowski et al (1992)). A utilização de mais de um método de análise de estacionariedade visa fornecer maior confiabilidade na decisão de sua presença/ausência e é sugerido na literatura.

Um processo ARIMA (p,d,q) onde o termo “I” de ARIMA quer dizer “integrado”. Dado uma série  $Y_t$  verificada com não estacionária aplica-se a transformação de Box-Cox e/ou mais “d” diferenças para se achar:

$$W_t = \Delta^d Y_t = (1 - B)^d Y_t \text{ (série estacionária)} \quad (2)$$

### 3.6 SARIMA

Os processos SARIMA são complementares aos modelos ARIMA, sendo que neste caso verifica-se também a presença de componentes autorregressivos, médias móveis e integrados sazonais conforme proposto por Box, Jenkins e Reinsel (1994) ou SARIMA(p,d,q) (P,D,Q). Basicamente, o modelo é formado pela inclusão de termos sazonais nos modelos ARIMA(p,d,q). Usamos como notação, letras maiúsculas para a parte sazonal do modelo enquanto letras minúsculas representam a parte não sazonal do modelo. A parte AR do modelo simplesmente consiste das diferenças regulares e sazonais, enquanto a parte MA envolve dois parâmetros.

### 3.7 Estimação

Na etapa de estimação foram determinados os parâmetros que serão utilizados para os modelos em estudo. Conforme Morettin e Toloj (2004), esse valor será fixado

<sup>1</sup> Sejam  $(\Omega, \mathcal{F}, P)$  um espaço de probabilidade, T um conjunto de índices  $\mathbb{R}$  e  $X(\cdot, \cdot)$  uma função definida para  $X(\cdot, \cdot): S \times T \rightarrow \mathbb{R}$ . A sequência de variáveis aleatórias ordenada  $\{X(\cdot, t), t \in T\}$  é denominada um Processo Estocástico.

<sup>2</sup> Uma sequência  $\{\epsilon_t, t \in T\}$  é denominada PERB se para t:  $E(\epsilon_t) = 0; V(\epsilon_t) = E(\epsilon_t^2) = \sigma_\epsilon^2; cov(\epsilon_t, \epsilon_s) = E(\epsilon_t \epsilon_s)$ , para todo  $t \neq s$ .

<sup>3</sup> Para maiores informações consultar o capítulo referente às equações em diferenças em Simon e Blume (2004) e Chiang (2005).



Para um modelo ARMA(p,q) as condições a serem atendidas são:

- $\varphi(B)$  atende a condição de estacionariedade; e
- $\theta(B)$  atende a condição de invertibilidade;

Na presença de não-linearidade nos parâmetros da parte média móvel usa-se então um algoritmo iterativo (o Eviews utiliza Marquardt).

### 3.8 Verificação do Modelo

Na etapa de verificação do modelo, é necessário verificar a adequação do modelo estudado com os dados que foram utilizados, assim aplicou-se alguns testes estatísticos, com o intuito de verificar se o conjunto de todas as correlações dos resíduos pode ser considerado estatisticamente igual a zero.

O teste que foi utilizado aplicou o cálculo da estatística Q(K) de Ljung-Box (LJUNG e BOX, 1978) ou através da estatística Q de Box-Pierce (BOX e PIERCE, 1970).

Outros Diagnósticos podem ser realizados, tais como: i) Comparação de Modelos ARIMA para uma mesma série; R2, R2 ajustado, Critérios de Akaike (AIC) (Akaike, 1998), Critérios de Schwarz (SC) (Schwarz, 1978), e Teste de Normalidade dos erros (Jarque; Bera, 1980).

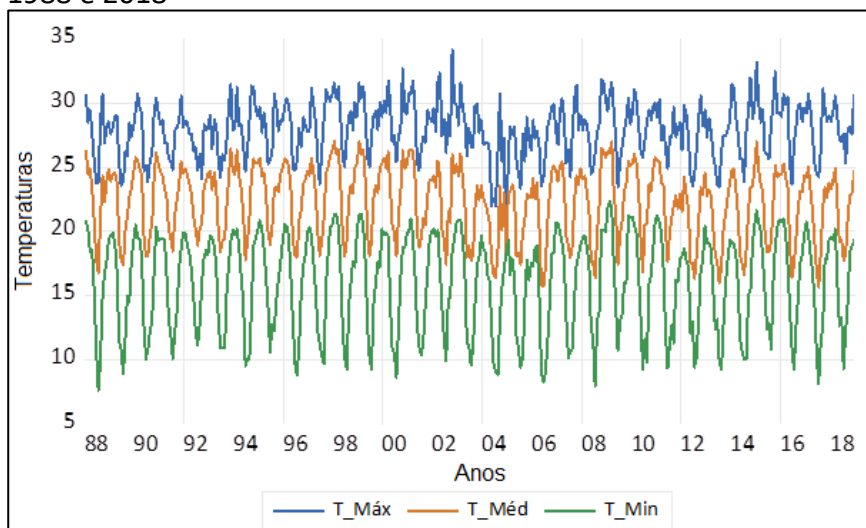
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização das séries de temperatura

Como o propósito dos autores é investigar o comportamento dos dados da série histórica que corresponde aos anos de 1988 a 2018 da cidade do interior de São Paulo, conhecida como Pirassununga, os dados correspondem a um período de 30 anos.

É possível observar na Figura 2 a série temporal correspondente as temperaturas mínima, média e máxima, observadas entre os anos de 1988 e 2018, sendo possível observar um padrão de repetição que semelhante a um comportamento sazonal e que será testado hipoteticamente, mas de qualquer forma, o comportamento observado mostra que há oscilações ano após ano.

Figura 2 – Séries de temperatura mínima, máxima e média no município de Pirassununga – SP entre 1988 e 2018



Fonte: Elaboração dos autores.

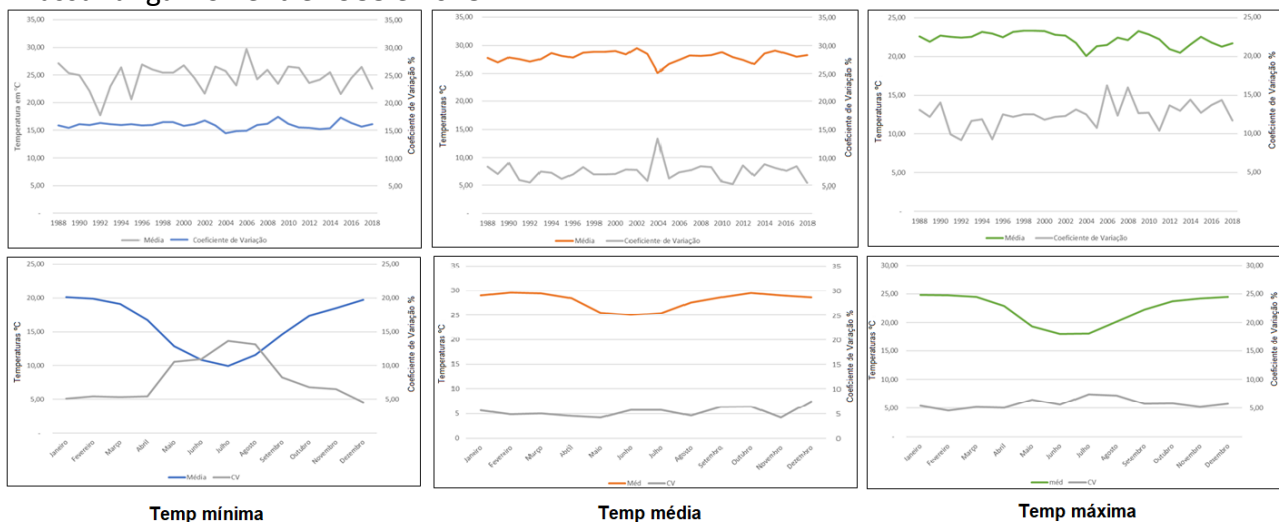
Como o intuito do estudo é a busca em responder se as mudanças são significativas a ponto de se poder considerar que há mudança provocada pelas alterações climáticas globais, deu-se continuidade com análises estatísticas do comportamento das três variáveis, sendo assim foi considerado a análise das possíveis alterações no valor das temperaturas, mínima, médio e máxima.

Para entender o comportamento para cada mês e verificar se há alteração histórica ao longo da série, utilizou-se a análise do coeficiente de variação (CV).

Como o coeficiente de variação trata-se de uma ferramenta simples e que, apesar de não ser feita nenhuma hipótese a priori, torna-se útil para iniciar a análise ao permitir verificar alteração mensal da série o que poderá fornecer elementos característicos durante a análise de série temporal.

Na Figura 3, é possível analisar que existe uma mudança comportamental nas séries históricas. O comportamento das séries demonstra variabilidade significativa (acima de 25% na maioria dos casos) o que denota possível influência externa à série. A hipótese nula é que na ausência de fenômenos das mudanças climáticas a variabilidade deveria ser baixa. Assim, justifica-se que uma análise pelo método ARIMA para analisar o comportamento individualizado das séries.

Figura 3 – Coeficiente de variação para anos e meses específicos para o município de Pirassununga – SP entre 1988 e 2018



Fonte: Elaboração dos autores

De forma a permitir maior compreensão dos modelos que serão estudados, optou-se por dividir a análise em três subgrupos distintos, uma vez que cada grupo possuirá uma variável, sendo cada subgrupo uma série temporal univariada. Logo, é possível compreender o comportamento das mudanças climáticas não apenas nas alterações do valor médio, mas também, nos valores mínimos e máximos. Este fato é interessante, visto que se verifica no caso de alterações climáticas justamente a criação de ondas de calor ou de frio. A Figura 4 apresenta os três grupos de séries, em seu eixo vertical tem-se os valores de temperatura medidas em graus Celsius e em seu eixo horizontal a unidade de tempo entre 1988 e 2018.

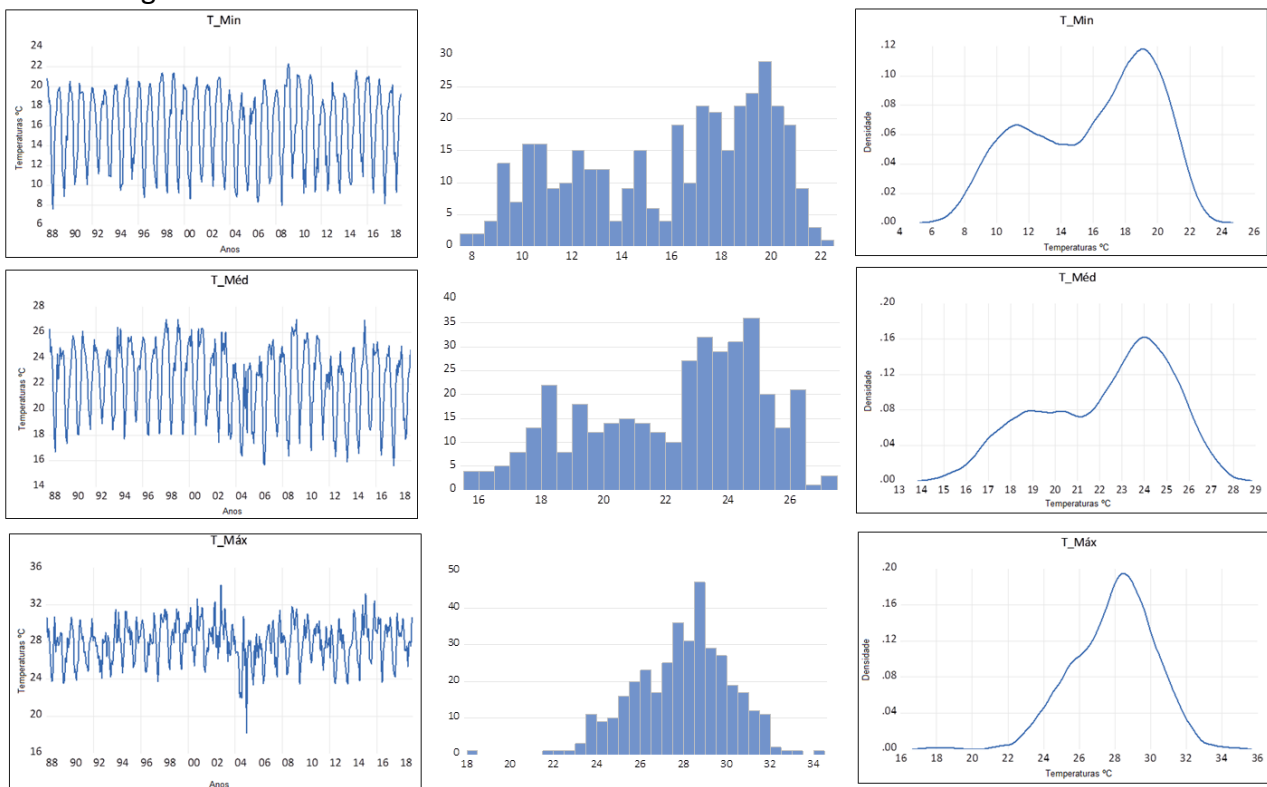
<sup>4</sup>O teste de Jarque-Bera tem como hipótese nula a normalidade. Assim, se o p-valor for menor do que 5% (ou 10%),  $p < 0,05$  ( $p < 0,10$ ), então o autor rejeita a normalidade. Já se  $p > 0,05$ , aceita-se a normalidade.

<sup>5</sup>O coeficiente de variação, em boa parte dos casos, é apresentado em forma de porcentagem e sua expressão é definida como a divisão do desvio padrão pela média. O coeficiente de variação fornece a variação dos dados obtidos em relação à média. Quanto menor for o seu valor, mais homogêneos serão os dados. O coeficiente de variação é considerado baixo (apontando um conjunto de dados bem homogêneos) quando for menor ou igual a 25% (FERRARI, 2012; SILVA; FERNANDES; DE ALMEIDA, 2015).

De forma a analisar a dispersão dos dados, elaborou-se um histograma e as respectivas estatísticas de curtose, assimetria e o teste de Jarque-Bera para verificar a normalidade da distribuição dos dados.

A Figura 4 também traz a função densidade de probabilidade da distribuição dos dados, na tentativa de verificar se estes assemelham-se a uma distribuição normal para a série temporal univariada em relação a temperatura mínima no município de Pirassununga.

Figura 4 – Séries de temperatura e distribuição hipotética dos dados para o município de Pirassununga – SP entre 1988 e 2018



Fonte: Elaboração dos autores.

## 4.2 Estacionariedade

A fim de verificar a estacionariedade de uma série temporal, Dickey e Fuller (1979) desenvolveram um arcabouço analítico capaz de testar a significância de um parâmetro do componente autorregressivo da série, ou seja, ausência de raiz unitária. Para realizar o teste ADF, devemos verificar em seis etapas: i) Presença de constante; ii) Presença de constante e tendência linear; iii) Ausência de constante e tendência linear; iv) Diferença e presença de constante; v) Diferença e presença de constante e tendência linear; vi) Diferença e ausência de constante e tendência linear.

A abordagem ADF possui críticas principalmente ao baixo poder do teste, ou seja, possui maior probabilidade em acometer um erro do tipo II (não se rejeita a hipótese nula, quando ela é falsa) na presença de termos determinísticos. Uma versão mais eficiente para a análise de presença de raiz unitária em uma série temporal é proposta por Elliott, Rothenberg e Stock (1996).

O teste conhecido como DF-GLS tem uma abordagem igual ao teste ADF, mas se diferencia na estimação ao transformar a série por um procedimento de Mínimos Quadrados Generalizados (Generalized Least Squares – GLS) antes de realizar o teste sobre os parâmetros, portanto, é considerado mais potente que o antecessor. Argumenta-se que a extração dos termos determinísticos aumenta o poder do teste (Elliott; Rothenberg; Stock, 1996).

O teste KPSS, desenvolvido pelos autores Kwiatkowski et al. (1992), também realiza uma crítica ao poder do teste ADF na presença de termos determinísticos. Entretanto a hipótese do teste é inversa ao teste ADF e DF-GLS, uma vez que a hipótese nula do teste é que a série é estacionária contra a presença de uma raiz unitária, com uma modificação, o teste não ocorre sobre os parâmetros, mas sobre a variância do termo estocástico.

O Quadro 1 sintetiza os resultados obtidos nos três testes. Uma vez que os resultados não foram conclusivos, isto é, todos na mesma direção, optou-se pela estimação do modelo ARIMA completo como será descrito a seguir.

Quadro 1 – Testes de estacionariedade das séries de temperatura para o município de Pirassununga-SP entre 1988 e 2018

Variável Exógena	Mínima	Média	Máxima
<b>Dickey-Fuller Aumentado</b>			
Constante	Estacionária	Não estacionária	Não estacionária
Constante e Tendência linear	Estacionária	Não estacionária	Não estacionária
Sem variável	Não estacionária	Não estacionária	Não estacionária
Uma diferença e Constante	Estacionária	Estacionária	Estacionária
Uma diferença, Constante e Tendência linear	Estacionária	Estacionária	Estacionária
Uma diferença, sem variável	Estacionária	Estacionária	Estacionária
<b>DF-GLS</b>			
Constante	Não estacionária	Não estacionária	Não estacionária
Constante e Tendência linear	Não estacionária	Não estacionária	Não estacionária
Uma diferença e Constante	Não estacionária	Não estacionária	Não estacionária
Uma diferença, Constante e Tendência linear	Não estacionária	Não estacionária	Não estacionária
Duas diferenças e constante	Não estacionária	Estacionária	Estacionária
<b>KPSS</b>			
Constante	Estacionária	Estacionária	Estacionária
Constante e Tendência linear	Estacionária	Estacionária	Estacionária
Uma diferença e Constante	Estacionária	Estacionária	Estacionária
Uma diferença, Constante e Tendência linear	Estacionária	Estacionária	Não estacionária

Fonte: Elaboração dos autores. \* $\alpha=5\%$ .

#### 4.3 Estimação e verificação dos modelos ARIMA e SARIMA

Nessa etapa, serão determinados os parâmetros que serão utilizados para os modelos adotados. Para a seleção do melhor valor para o parâmetro p, foram utilizados a abordagem de Yule-Walker e o algoritmo de Burg. Esse valor será fixado nos modelos AR e ARMA, variando, assim, apenas o valor do parâmetro q.

Sabe-se que a classe de modelos ARIMA possuem características próprias e a estimação ocorre conjuntamente. Assim, apesar de verificar-se presença de raiz unitária nos testes selecionados, a

identificação do modelo pelo programa Eviews® indicou ausência de raiz unitária seguindo o critério de informação de Akaike.

Nessa etapa, é necessário verificar a adequação do modelo encontrado com os dados utilizados. Para isso, pode-se aplicar alguns testes estatísticos, verificar se o conjunto de todas as correlações dos resíduos pode ser considerado estatisticamente igual a zero.

O teste adotado será realizado através do cálculo da estatística  $Q(K)$  de Ljung-Box ou através da estatística  $Q$  de Box-Pierce.

Ljung desenvolveu um teste que verifica se os resíduos presentes na série são ruídos brancos ou não. Se o valor da estatística qui-quadrado tabelado (no intervalo de confiança) for maior que o valor  $Q(K)$ , onde  $K$  é o valor do lag do resíduo, aceita-se a hipótese que os resíduos dos dados, em seu conjunto, são estatisticamente iguais a zero. Com isso, o modelo adequa-se aos dados.

#### 4.3.1 Série Temperaturas Mínimas

Para o caso da série de temperatura média foi realizado uma estimativa, aplicando o critério de informação de Akaike sendo portanto realizado 1521 estimativas de modelos sendo selecionado o modelo ARMA (9,9)(0,0), sendo, uma parte auto regressiva (AR), o que indica que a série em estudo na pesquisa é regressada em seus próprios valores defasados e apresenta ainda uma parte de média móvel (MA) o que pode indicar erro de regressão, que na verdade é uma combinação linear dos erros, assim sendo, os valores da série várias situações em um mesma época em vários momentos do passado.

Foi verificado através da aplicação do critério de informação de Akaike o modelo que melhor se ajusta a essa série que não possui componentes sazonais, nem autorregressivos, nem médias móveis.

É perceptível observar na Figura 5 (próxima página) o modelo autorregressivo de médias móveis com as características ARMA (9,9)(0,0). Este modelo escolhido para a análise implica na inclusão de até nove termos

autorregressivo e nove termos de médias móveis, sendo relevante apontar a ausência de componentes sazonais nesta modelagem.

<sup>6</sup>O Critério de Informação de Akaike (AIC) admite a existência de um modelo “real” que descreve os dados que é desconhecido, e tenta escolher dentre um grupo de modelos avaliados, o que minimiza a divergência de Kullback-Leibler (K-L). O valor de K-L para um modelo com parâmetros, em relação ao modelo “real”. Esta divergência está relacionada à informação perdida por se usar um modelo aproximado e não o “real”. O modelo com menor valor de AIC é considerado o modelo de melhor ajuste (BOZDONGAN, 1987).

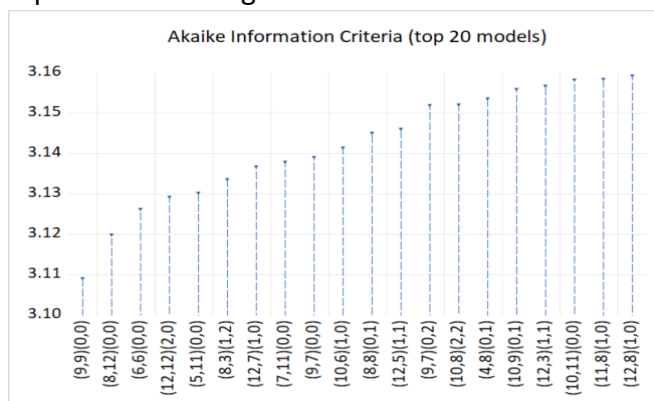
Figura 5 – Estrutura do modelo ARMA para os valores da série histórica de temperaturas mínimas para Pirassununga – SP entre 1988 e 2018

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15.94749	0.161900	98.50228	0.0000
AR(1)	0.620926	0.005140	120.7977	0.0000
AR(2)	0.664070	0.000440	1510.785	0.0000
AR(3)	-0.890131	0.004756	-187.1740	0.0000
AR(4)	-0.119127	0.000316	-377.1952	0.0000
AR(5)	-0.021060	0.000175	-120.2580	0.0000
AR(6)	0.892195	0.002014	443.0520	0.0000
AR(7)	-0.653995	0.006178	-105.8633	0.0000
AR(8)	-0.756750	0.005969	-126.7894	0.0000
AR(9)	0.863879	0.006008	143.7993	0.0000
MA(1)	-0.382665	2.847626	-0.134380	0.8932
MA(2)	-0.626070	0.533410	-1.173712	0.2413
MA(3)	0.718846	2.419618	0.297091	0.7666
MA(4)	0.297749	0.632737	0.470574	0.6382
MA(5)	0.202217	0.203132	0.995499	0.3202
MA(6)	-0.776447	0.210951	-3.680694	0.0003
MA(7)	0.489901	2.838097	0.172616	0.8631
MA(8)	0.764992	0.847588	0.902552	0.3674
MA(9)	-0.571607	1.841732	-0.310364	0.7565
SIGMASQ	1.105299	3.634398	0.304122	0.7612
R-squared	0.924147	Mean dependent var	15.93761	
Adjusted R-squared	0.920052	S.D. dependent var	3.822406	
S.E. of regression	1.080787	Akaike info criterion	3.108313	
Sum squared resid	411.1711	Schwarz criterion	3.319006	
Log likelihood	-558.1463	Hannan-Quinn criter.	3.191985	
F-statistic	225.7121	Durbin-Watson stat	1.959275	
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.87	.87+ .50i	.87- .50i	.50- .86i
	.50+ .86i	-.50- .86i	-.50+ .86i	-.99- .11i
	-.99+ .11i			
Inverted MA Roots	.86- .50i	.86+ .50i	.63	.49- .83i
	.49+ .83i	-.50+ .86i	-.50- .86i	-.98+ .11i
	-.98- .11i			

Fonte: Elaboração dos autores

Os vinte modelos superiores, conforme determinado pelo critério de informação de Akaike, pode-se observar na Figura 6 a seguir, onde foram realizados 1521 estimativas referentes a série temporal para o modelo ARMA (9,9)(0,0) devido à sua capacidade de estimativa superior em relação às demais alternativas de modelagem propostas.

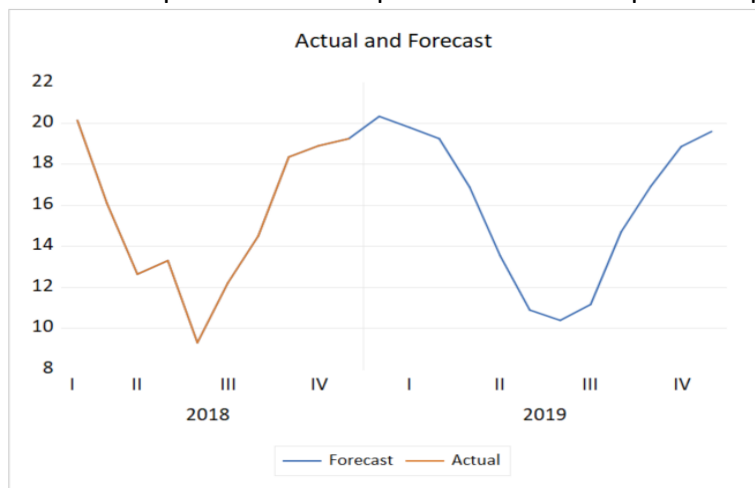
Figura 6 – Critério de informação Akaike para os valores da série histórica de temperaturas mínimas para Pirassununga – SP entre 1988 e 2018



Fonte: Elaboração dos autores

Através da Figura 7 é possível observar uma projeção prospectiva do comportamento da temperatura para o ano de 2019, bem como as características da série histórica temporal para a temperatura mínima que foi registrada em Pirassununga no ano de 2018.

Figura 7 – Característica da série histórica de temperaturas mínimas de Pirassununga para o ano de 2018 e uma previsão do comportamento da temperatura para o ano de 2019



Fonte: Elaboração do autores

#### 4.3.2 Série Temperaturas Máximas

Para o caso da série de temperatura máxima foi realizado uma estimativa, aplicando o critério de informação de Akaike, sendo portanto realizado 1521 estimativas de modelos, sendo selecionado o modelo ARMA (8,7)(0,0), o mesmo apresenta uma parte auto regressiva (AR), o que indica que a série em estudo na pesquisa é regressada em seus próprios valores defasados e apresenta ainda uma parte de média móvel (MA), o que pode indicar um erro de regressão, que na verdade é uma combinação linear dos erros, ou seja, os valores da série ocorreram em um mesma época em vários situações do passado.

Foi verificado através da aplicação do critério de informação de Akaike o modelo que melhor se ajusta a essa série possui componentes sazonais, nem autorregressivos, nem médias móveis. É perceptível observar na Figura 8 (próxima página) o modelo autorregressivo de médias móveis com as características ARMA (8,7)(0,0). Este modelo escolhido para a análise implica na inclusão de até oito termos autorregressivo e sete termos de médias móveis, sendo relevante apontar a ausência de componentes sazonais nesta modelagem.

Figura 8 – Estrutura do modelo ARMA para os valores da série histórica de temperaturas máximas para Pirassununga – SP entre 1988 e 2018

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	27.96880	0.250543	111.6327	0.0000
AR(1)	2.052812	0.007626	269.1878	0.0000
AR(2)	-1.180006	0.003829	-308.1449	0.0000
AR(3)	-0.834942	0.000628	-1330.556	0.0000
AR(4)	0.979976	0.000129	7578.028	0.0000
AR(5)	0.934311	0.005872	159.1061	0.0000
AR(6)	-2.053074	0.002435	-843.2432	0.0000
AR(7)	1.145552	0.004322	265.0350	0.0000
AR(8)	-0.101073	0.001042	-96.98732	0.0000
MA(1)	-1.810422	3.192019	-0.567172	0.5710
MA(2)	0.847430	5.125130	0.165348	0.8688
MA(3)	0.921831	1.235619	0.746048	0.4561
MA(4)	-0.737567	4.085216	-0.180545	0.8568
MA(5)	-1.026570	2.281362	-0.449981	0.6530
MA(6)	1.810963	5.020204	0.360735	0.7185
MA(7)	-0.813502	3.410453	-0.238532	0.8116
SIGMASQ	1.904883	2.913959	0.653710	0.5137

R-squared	0.606825	Mean dependent var	27.96126
Adjusted R-squared	0.589105	S.D. dependent var	2.204073
S.E. of regression	1.412835	Akaike info criterion	3.632147
Sum squared resid	708.6166	Schwarz criterion	3.811236
Log likelihood	-658.5794	Hannan-Quinn criter.	3.703268
F-statistic	34.24417	Durbin-Watson stat	1.995234
Prob(F-statistic)	0.000000		

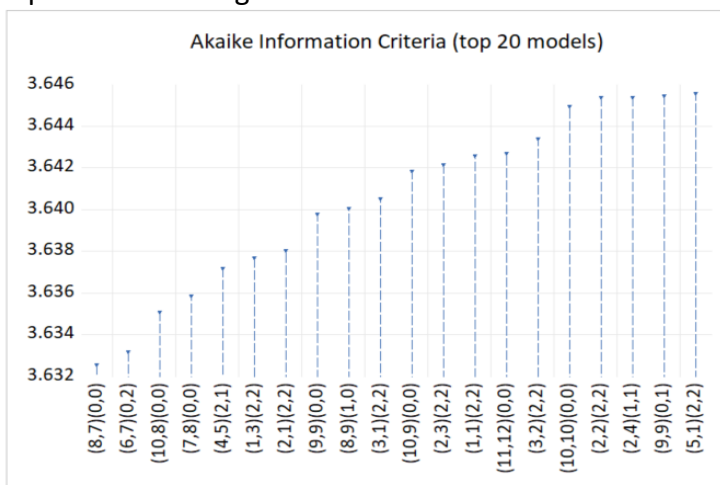
  

Inverted AR Roots	.94	.87+ .50i	.87- .50i	.50- .87i
	.50+ .87i	.11	-.86+ .51i	-.86- .51i
Inverted MA Roots	.86- .51i	.86+ .51i	.81	.50+ .87i
	.50- .87i	-.86- .51i	-.86+ .51i	

Fonte: Elaboração dos autores

Os vinte modelos superiores, conforme determinado pelo critério de informação de Akaike, pode-se observar na Figura 9 a seguir, onde foram realizados 1521 estimativas referentes a série temporal para o modelo ARMA (8,7)(0,0) devido à sua capacidade de estimativa superior em relação às demais alternativas de modelagem propostas.

Figura 9 – Critério de informação Akaike para os valores da série histórica de temperaturas máximas para Pirassununga – SP entre 1988 e 2018

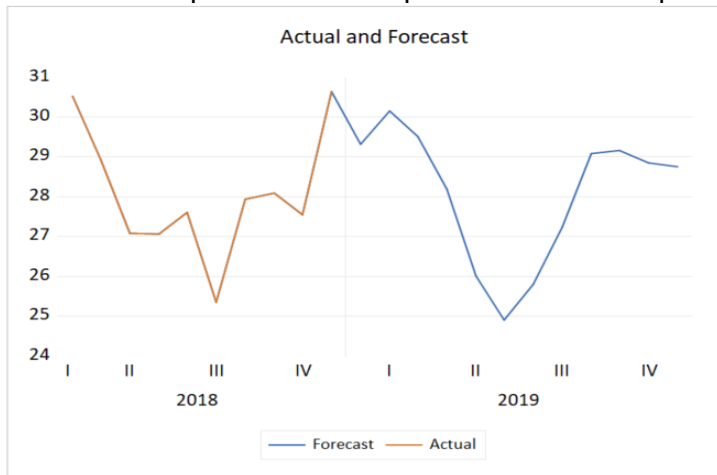


Fonte: Elaboração dos autores



Através da Figura 10 é possível observar uma projeção prospectiva do comportamento da temperatura para o ano de 2019, bem como as características da série histórica temporal para a temperatura máxima que foi registrada em Pirassununga no ano de 2018.

Figura 10 – Característica da série histórica de temperaturas máximas de Pirassununga para o ano de 2018 e uma previsão do comportamento da temperatura para o ano de 2019



Fonte: Elaboração dos autores.

#### 4.3.3 Série Temperaturas Médias

Para o caso da série de temperatura média foi realizado uma estimativa, aplicando o critério de informação de Akaike, sendo portanto realizado 1521 estimativas de modelos, sendo selecionado o modelo ARMA (10,6)(0,1), o mesmo apresenta uma parte auto regressiva (AR), o que indica que a série em estudo na pesquisa é regressada em seus próprios valores defasados e apresenta ainda uma parte de média móvel (MA), o que pode indicar um erro de regressão, que na realidade é uma combinação linear dos erros, assim sendo, esses valores da série ocorrem em um mesma época em vários situações do passado.

Foi verificado através da aplicação do critério de informação de Akaike que o modelo que melhor se ajusta a essa série possui componentes sazonais, autorregressivo de ordem 1 - SAR(1), mas não apresenta componente médias móveis.

É perceptível observar na Figura 11 (próxima página) o modelo autorregressivo de médias móveis com as características ARMA (10,6)(0,1). Este modelo escolhido para a análise implica na inclusão de até dez termos autorregressivo e 6 termos de médias móveis, sendo relevante apontar a presença de componente sazonal nesta modelagem.

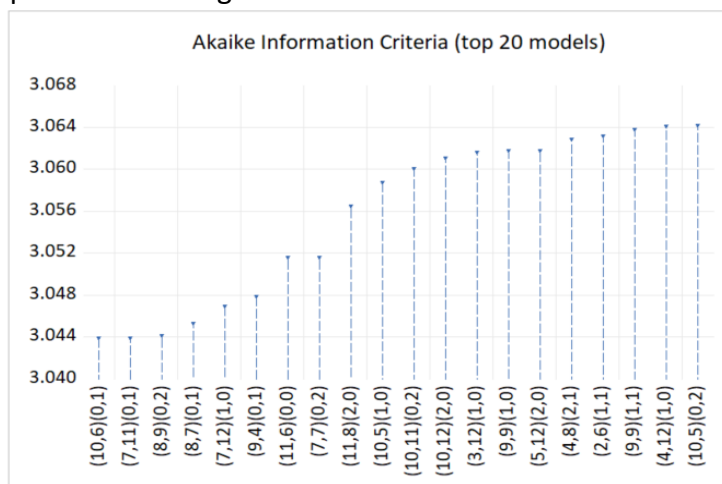
Figura 11 – Estrutura do modelo ARMA para os valores da série histórica de temperaturas médias para Pirassununga – SP entre 1988 e 2018

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	22.26065	0.205205	108.4798	0.0000
AR(1)	1.171543	0.002139	547.6120	0.0000
AR(2)	0.371345	0.001363	272.4884	0.0000
AR(3)	-1.984125	0.002725	-728.1452	0.0000
AR(4)	1.159966	0.001639	707.7450	0.0000
AR(5)	0.823871	0.001056	780.0620	0.0000
AR(6)	-1.488091	0.000981	-1516.617	0.0000
AR(7)	0.475002	0.003635	130.6621	0.0000
AR(8)	0.167077	0.001812	92.20423	0.0000
AR(9)	-0.216237	9.69E-05	-2231.263	0.0000
AR(10)	0.200363	0.001191	168.1843	0.0000
MA(1)	-0.807213	2.473559	-0.326337	0.7444
MA(2)	-0.488158	3.408405	-0.143222	0.8862
MA(3)	1.665519	6.309076	0.263988	0.7919
MA(4)	-0.488158	2.605072	-0.187388	0.8515
MA(5)	-0.807213	5.287775	-0.152656	0.8788
MA(6)	1.000000	7.574705	0.132018	0.8950
SMA(12)	0.095300	0.063029	1.511984	0.1314
SIGMASQ	1.030527	5.469806	0.188403	0.8507
R-squared	0.869408	Mean dependent var	22.25191	
Adjusted R-squared	0.862749	S.D. dependent var	2.812909	
S.E. of regression	1.042110	Akaike info criterion	3.042561	
Sum squared resid	383.3559	Schwarz criterion	3.242720	
Log likelihood	-546.9164	Hannan-Quinn criter.	3.122050	
F-statistic	130.5597	Durbin-Watson stat	2.007596	
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.87-.50i	.87+.50i	.84	.50+.87i
	.50-.87i	.09-.58i	.09+.58i	-.72
	-.93-.30i	-.93+.30i		
Inverted MA Roots	.86-.50i	.86+.50i	.79-.21i	.79+.21i
	.58-.58i	.58+.58i	.50-.87i	.50+.87i
	.21+.79i	.21-.79i	-.21+.79i	-.21-.79i
	-.58+.58i	-.58-.58i	-.79-.21i	-.79+.21i
	-.96-.29i	-.96+.29i		
Estimated MA process is noninvertible				

Fonte: Elaboração dos autores

Os vinte modelos superiores, conforme determinado pelo critério de informação de Akaike, pode-se observar na Figura 12 a seguir, onde foram realizados 1521 estimativas referentes a série temporal para o modelo ARMA (10,6)(0,1) devido à sua capacidade de estimativa superior em relação às demais alternativas de modelagem propostas.

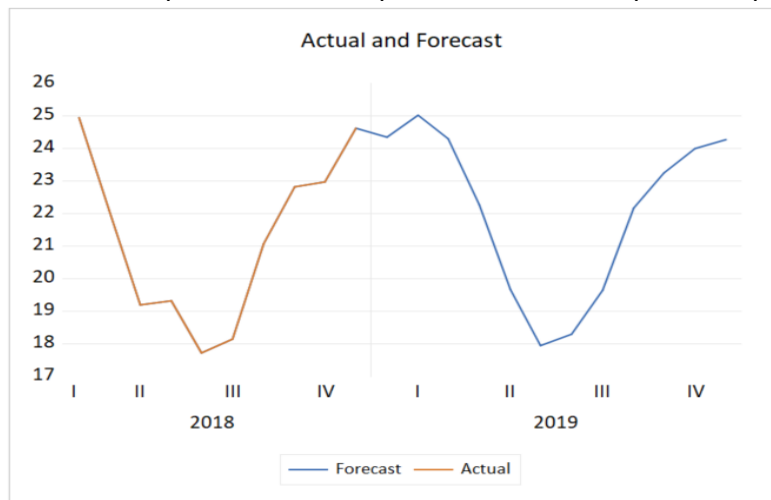
Figura 12 – Critério de informação Akaike para os valores da série histórica de temperaturas médias para Pirassununga – SP entre 1988 e 2018



Fonte: Elaboração dos autores

Através da Figura 13 é possível observar uma projeção prospectiva do comportamento da temperatura para o ano de 2019, bem como as características da série histórica temporal para a temperatura média que foi registrada em Pirassununga no ano de 2018.

Figura 13 – Característica da série histórica de temperaturas médias de Pirassununga para o ano de 2018 e uma previsão do comportamento da temperatura para o ano de 2019



Fonte: Elaboração dos autores

## 5 CONCLUSÕES

O presente estudo tem por hipótese que: “A temperatura diária da microrregião de Pirassununga no interior do estado de São Paulo está sofrendo modificações ao longo dos anos” e, assim sendo, objetivou analisar o comportamento da temperatura na microrregião de Pirassununga – São Paulo por meio de dados históricos.

Com o intuito de responder se as mudanças são significativas a ponto de considerar que há mudança provocada pelas alterações climáticas, analisou-se o comportamento de três variáveis de temperatura: i) média; ii) mínima; e iii) máxima.

Para melhor entender o comportamento referente a cada mês e verificar se há algum tipo de alteração histórica ao longo da série, foi utilizado o método descrito como análise do coeficiente de variação (CV). Mesmo apresentando características de uma ferramenta simples, foi possível verificar significativa alteração entre as séries analisadas, sendo assim, a hipótese nula de alteração foi corroborada por este índice.

Para que fosse possível apresentar uma maior confiabilidade da interpretação, deu-se prosseguimento para uma análise estatística de séries temporais, através da utilização do método Box Jenkins para séries univariadas de estimação. Através da utilização do procedimento proposto, há a possibilidade de não estimação, quando da presença de raiz unitária ou estimação, como suas derivações conseguintes as quais podem apresentar componentes médias móveis e autorregressivos. Como foi observado existe a presença de componentes autorregressivos, o que faz muito sentido em séries temporais devido à relação de frequência dos eventos naturais, ou seja, espera-se que todo mês tenha temperatura típica com pequenas alterações ao longo da série. Além disso o estudo também demonstra a possibilidade de analisar a presença de médias móveis, isto é, justamente componentes que permitem analisar se há alteração da média ao longo da série, o que reforça a corroboração ou não da hipótese nula.

Durante o estudo das séries as mesmas foram submetidas inicialmente a uma análise de raiz unitária, já que a presença dessa raiz unitária temporal pode fazer com que as estatísticas sejam

invalidadas ou de baixo teor de significância. decorrer do estudo.

Com esse intuito realizou-se, vários testes para verificar a presença das raízes e mesmo que os testes demonstraram a presença de raiz unitária e a possibilidade de trabalhar com a série defasada em um tempo (-1), o modelo Box Jenkins, aplicado com o auxílio do programa Eviews®, mostrou que a presença de componentes autorregressivos e médias móveis expurgam o efeito da raiz unitária, logo verificou-se apenas modelos ARMA e não ARIMA (integrados com ordem diferente de 0).

Assim neste sentido, descartou-se a possibilidade de que a série possa ser um passeio aleatório puro, fato este esperado para uma série de temperatura, mas a presença de médias móveis nas três séries pode demonstrar um indicativo de interferência das mudanças climáticas.

A análise feita nesse estudo vem demonstrar através da hipótese nula que: “A temperatura diária da microrregião de Pirassununga no interior do estado de São Paulo está sofrendo modificações ao longo dos anos”. Assim sendo a pesquisa pode adicionar evidências dos efeitos das mudanças climáticas para a microrregião em estudo.

Para Diedrich, Ferreira e Eckhardt (2007), Back (2001), Ferrari (2012), demonstram em suas pesquisas as informações importantes que podem ser analisadas através de series históricas.

Assim como corroborado através das análises da revisão de literatura e dos estudos apresentados pelos mais diversos autores que afirmam que os estudos de series temporais e da temperatura e do clima de uma região interferem de direto e indireto na tomada de decisão para sistemas de gestão pública e privada.

Conforme observado pelos autores Back (2001) e Medeiros et. al (2005), demonstram em seus estudos as importâncias de sistemas matemáticos de análises de informações de sistema de clima e temperatura. Vale ressaltar e concluir ainda que a importância dos estudos estatísticos e matemáticos fortalecem a importância da pesquisa de forma geral e específica, conforme foi demonstrado em todo

## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: PARZEN, E.; TANABE, K.; KITAGAWA, G. **Selected Papers of Hirotugu Akaike**. Nova Iorque: Springer, 1998, cap. 4, p. 199-214.

ALMEIDA, Daniela de. **Espécies de abelhas (Hymenoptera, apoidea) e tipificação dos méis por elas produzidos em área de cerrado do município de Pirassununga, estado de São Paulo**. 2002. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. doi:10.11606/D.11.2002.tde-09012003-075838. Acesso em: 2020-01-31.

BABAI, M. Z. et al. Forecasting and inventory performance in a two-stage supply chain with ARIMA(0,1,1) demand: Theory and empirical analysis. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 143, n. 2, p.463-471, jun. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.09.004>

BABU, C. N; REDDY, B. E. Prediction of selected Indian stock using a partitioning– interpolation based ARIMA–GARCH model. **Applied Computing And Informatics**, [s.l.], v. 11, n. 2, p.130-143, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aci.2014.09.002>.

BACK, Álvaro José. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001.

BANDURA, E.; BUENO, J. C. M.; JADOSKI, G. S.; JUNIOR, G. F. R.; aplicações do modelo ARIMA para estatística na análise de dados em série temporal. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava-PR, v.12, n.3, p.145-150, Set-Dez., 2019. DOI: 10.5935/PAeT.V12.N3.15

BANDURA et al. Aplicações do modelo ARIMA para estatística na análise de dados em série temporal. **Pesqui Aplic Agrotec**, v. 12, n. 3, p. 145-50, 2019.

BARDIN, Ludmila; PEDRO JÚNIOR, Mário J.; DE MORAES, Jener FL. Estimativa das temperaturas máximas e mínimas do ar para a região do Circuito das Frutas, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 618-624, 2010.

BATALHA, Marco Antonio; ARAGAKI, Sônia; MANTOVANI, Waldir. Variações fenológicas das espécies do cerrado em Emas - Pirassununga, SP. **Acta Bot. Bras.**, Feira de Santana, v. 11, n. 1, p. 61-78, 1997. BAYER, Débora Missio; CASTRO, NM dos R.; BAYER, Fábio Mariano. Modelagem e previsão de vazões médias mensais do rio Potiribu utilizando modelos de séries temporais. **Revista brasileira de recursos hídricos**, v. 17, n. 2, p. 229-239, 2012.

BEZERRA JÚNIOR, José Gilberto Olimpio; DA SILVA, Nubelia Moreira. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA MICRORREGIÃO DO SERIDÓ ORIENTAL DO RIO GRANDE DO NORTE. **HOLOS**, [S.l.], v. 2, p. 78-91, mar. 2007. ISSN 1807-1600. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/102/104>>. Acesso em: 10 maio 2021. doi:<https://doi.org/10.15628/holos.2007.102>.

BOX, G. E.; PIERCE, D. A. Distribution of residual autocorrelations in autoregressive-integrated moving average time series models. **Journal of the American statistical Association**, Londres, v. 65, n.332, p. 1509-1526, 1970.

BOX, G.; JENKINS, G. **Time series analysis, forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, p. 575, 1976.

BOZDONGAN. H. Model selection and Akaike's Information Criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. **Psychometrika**. v.52, n.3, 345-370, Sep. 1987.

BUENO, R. de L. da S. **Econometria de séries temporais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CARGNELUTTI FILHO, Alberto; MALUF, Jaime Ricardo Tavares; MATZENAUER, Ronaldo. Coordenadas geográficas na estimativa das temperaturas máxima e média decendiais do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2448-2456, 2008.

CARVALHO, José Ivanildo Felisberto de. **Média aritmética nos livros didáticos dos anos finais do ensino fundamental**. 2011. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

CAVALCANTI, Enilson P.; SILVA, Vicente de PR; DE SOUSA, Francisco de AS. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

CAZORLA, Irene Mauricio. Média aritmética: um conceito prosaico e complexo. **Anais do IX Seminário de Estatística Aplicada**, 2003.

CHECHI, Leonardo; BAYER, Fábio M. Modelos univariados de séries temporais para previsão das temperaturas médias mensais de Erechim, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 12, p. 1321-1329, 2012.

CHIANG, Mung. **Geometric programming for communication systems**. Now Publishers Inc, 2005.

COLABONE, Rosângela de Oliveira. **Nevoeiro e dinâmica atmosférica: uma contribuição ao estudo sobre ocorrências de nevoeiro no aeródromo da Academia da Força Aérea - Pirassununga/SP**. 2011. Tese Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

CONFALONIERI, Ulisses EC. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra livre**, v. 1, n. 20, p. 193-204, 2015.

DA SILVA, Josmila Fernandes et al. **Zoneamento Geoambiental para o uso sustentável de aquíferos no município de Pirassununga-SP**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 04, p. 1277-1290, 2019.

DE MATTOS, Rogério Silva. **Tendências e Raízes Unitárias**. 2018.

DE SOUZA, Werônica Meira; DE AZEVEDO, Pedro Vieira. Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: mudanças climáticas ou variabilidade?. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 3, 2009.

DEMO, Mauriceia Aparecida de Oliveira. **A formação de oficiais e as políticas educacionais da**

**Academia da Força Aérea Brasileira.** 2006.

DICKEY, D.A FULLER, W.A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica**, v. 49, n. 4, p.1057-1072, July 1981.

DICKEY, D.A; FULLER, W.A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 4, n. 366, p. 427-431, June 1979.

DIEDRICH, Vianeil L.; FERREIRA, Everaldo R.; ECKHARDT, Rafael R. Espacialização das estimativas das temperaturas máximas, médias e mínimas anuais para o Vale do Taquari-RS-Brasil, pelo método de regressão linear. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, v. 13, 2007.

DOS SANTOS, Fábio Sandro. **Modelos de Séries Temporais Aplicados a Dados de Precipitação da Região do Cariri Paraibano.** 2015.

ELLIOTT, Graham, Thomas J. ROTHENBERG, and James H. STOCK. “**Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root.**” *Econometrica* 64, no. 4 (1996): 813-36. Accessed March 11, 2021. doi:10.2307/2171846.

ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series.** 2nd ed. New York: John Wiley & Sons Inc. 2004. 460p.

EVANGELISTA, Dilson Henrique Ramos. **Educação estatística crítica na formação do engenheiro ambiental.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2015.

FERRARI, Antônio Luiz. **Variabilidade e tendência da temperatura e pluviosidade nos municípios de Pirassununga, Rio Claro, São Carlos e São Simão (SP):** estudo sobre mudança climática de curto prazo em escala local. 2012. Tese Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

FERRARI, Antonio Luiz; VECCHIA, Francisco Arthur da Silva; COLABONE, Rosângela de Oliveira. TENDÊNCIA E VARIABILIDADE ANUAIS DA TEMPERATURA E DA PLUVIOSIDADE EM PIRASSUNUNGA-SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.10, n.1, 2012.

FLOHN, H. **Some aspects of man made climate modification and desertification.** *Applied Sciences and Development*, n.10, p. 44-57, 1977.

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; DE AGUIAR, Ananda Virgínia. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.

GALINA, Márcia Helena. **Mudanças climáticas de curto prazo: tendência dos regimes térmicos e hídricos e do balanço hídrico nos municípios de Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente (SP) no período de 1969-2001.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2002.

GAMA, Dráuzio Correia; DE JESUS, Janisson Batista. Aspecto geomorfológico, hidroclimático e ambiental da microrregião de Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil. **Geoambiente On-Line**, n. 32, 2018.

GODOI, Fabricio Ribeiro dos Santos. **Territórios universitários: o Campus em Pirassununga.** 2017.

Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GRATON, Marco A.; CASSIOLATO, César. Medição da Temperatura. **Mecatrônica Atual**, Ano, v. 9, 2010.

GREENE, William H. A abordagem econométrica para análise de eficiência. **A medição da eficiência produtiva e do crescimento da produtividade**, v. 1, n. 1, pág. 92-250, 2008.

HAMILTON, James D. State-space models. **Handbook of econometrics**, v. 4, p. 3039-3080, 1994.

HARVEY, Andrew C. **The econometric analysis of time series**. Mit Press, 1990.

IZOLA, D. T. **Ninho das águias**: Academia da Força Aérea. São Paulo: FATEC-SP, Lenda de Pesquisa Educativa. Departamento de Mecânica. USP-EESC. Laboratório de Aeronaves, 1999. 109p.

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. **Economics Letters**, Londres, v. 6, n.3, p. 255-259, 1980.

KIBUNJA, H. W. et al. Forecasting Precipitation using SARIMA Model: A Case Study of Mt. Kenya Region. **Mathematical Theory and Modelling**. v.4, n..11, p. 50 – 59, 2014.

KUINCHTNER, Angélica. **Variabilidade da temperatura atmosférica superficial no planalto meridional-riograndense**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências. Porto Alegre, 2006.

KWIATKOWSKI, Denis et al. Testando a hipótese nula de estacionariedade contra a alternativa de uma raiz unitária: Quão certos temos de que as séries de tempo econômicas têm uma raiz unitária?. **Journal of econometrics**, v. 54, n. 1-3, pág. 159-178, 1992.

LIMA, Rosana Catarina Rodrigues de. **Introduzindo o conceito de Média Aritmética na 4ª série do Ensino Fundamental, usando o ambiente computacional**. 2005. 272 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005.

LJUNG, G. M.; BOX, G. E., On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, Londres, v. 65, n.2, p. 297-303, 1978.

LUNET, Nuno; SEVERO, Milton; BARROS, Henrique. Desvio padrão ou erro padrão. **Arquivos de Medicina**, 2006, 20.1-2: 55-59.

MACKINNON, James G. Funções de distribuição numérica para raiz unitária e testes de cointegração. **Jornal de econometria aplicada**, v. 11, n. 6, pág. 601-618, 1996.

MACKINNON, James G. Valores críticos para testes de cointegração. In: Eds.), **Relacionamento Econômico de Longo Prazo: Leituras em Cointegração**. 1991.

MEDEIROS, Salomão de S. et al. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 247-255, 2005.



MENDONÇA, Francisco de A.; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. **Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. A bacia do rio Tibagi** (ME Medri, E. Bianchini, OA Shibatta & JA Pimenta, eds.). Londrina, ME Medri, p. 63-66, 2002.

MENDONÇA, Francisco. Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias. **Terra Livre**, v. 1, n. 20, p. 205-221, 2015.

MENEZES, Hudson Ellen Alencar et al. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 2, p. 152-161, 2008.

MORETTIN, Pedro Alberto; TOLOI, Clélia M. de Castro. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo, ABE, 2004.

NAZARETH, Luciane Maris Urvaneja et al. **Avaliação do ensino de língua inglesa**: um estudo na academia da Força Aérea. 2011.

NERY, Jonas Teixeira. DINÂMICA CLIMÁTICA DA REGIÃO SUL DO BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n.1, 2005.

PIRASSUNUNGA. **Prefeitura A Cidade**. Disponível em: <http://pirassununga.sp.gov.br/a-cidade/>. Acesso em: 07 maio 2021.

PIRES, Denise Prazeres Lopes; AFONSO, Júlio Carlos; CHAVES, Francisco Artur Braun. Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1393-1400, 2006.

REIS, Marília Freitas de Campos Tozoni. Pesquisa-ação em educação ambiental. **Pesquisa em educação ambiental**, 2008.

RONDERO, Carlos; FONT, Vicenç. Articulación de la complejidad matemática de la media aritmética. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 33, n. 2, p. 29-49, 2015.

SCHNEIDER, Heverton; DA SILVA, Charlei Aparecido. O uso do modelo box plot na identificação de anos-padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 131-146, 2014.

SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model. **The annals of statistics**, p. 461-464, 1978.

SENTELHAS, Paulo Cesar; PEREIRA, Antonio Roberto; ANGELOCCI, Luiz Roberto. **Meteorologia agrícola**. ESALQ-Depto de Física e Meteorologia, 2000.

SILVA, Jorge Luiz de Castro; FERNANDES, Maria Wilda; DE ALMEIDA, Rosa Livia Freitas. **Estatística e Probabilidade**. 3. ed. Fortaleza: EdUECE, 2015.

SILVA, Maria IS; GUIMARÃES, Ednaldo C.; TAVARES, Marcelo. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 480-485, 2008.

---

SILVA, Luiza da. **Análise da aplicação do modelo ARIMA**: estudo em uma instituição federal de ensino superior. 2017.

SIMON, Carl P.; BLUME, Lawrence; DOERING, Claus Ivo. **Matemática para economistas**. Bookman, 2004.

SOUZA, R. C. Modelos Estruturais para Previsão de Séries Temporais: Abordagens Clássica e Bayesiana. **17º Colóquio Brasileiro de Matemática**. Rio de Janeiro, 1989.

SPANOS, Aris. **Statistical foundations of econometric modelling**. Cambridge University Press, 1986.

STEIDLE NETO, Antonio J.; ZOLNIER, Sérgio. Avaliação de circuito eletrônico para medição de temperatura em instalações agrícolas por meio da porta paralela de um computador. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 335-343, 2006.

VARGAS, Flávia Carolina et al. Monitoramento populacional de capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris* Linnaeus, 1766) em Pirassununga, SP, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1104-1108, 2007.

XAVIER, Jorge Manuel Nunes. **Análise e previsão de séries temporais com modelos ARIMA e análise espectral singular**. 2016. Dissertação de Mestrado.