Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

COMPORTAMENTO DAS SÉRIES TEMPORAIS DE TEMPERATURA DO AR, UMIDADE E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES (RONDÔNIA-BRASIL)

CARVALHO, Roberto Luís da Silva – roberto.carvalho@ifro.edu.br
Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - *Campus* Ariquemes; Doutorando em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária – (PPGCTIA/UFRRJ)

NASCIMENTO, Bruno Irineu Silva do - irineubruno@hotmail.com
Discente de Curso Técnico em Informática (IFRO); Bolsista do Programa de Iniciação a Pesquisa (IFRO)

QUERINO, Carlos Alexandre Santos – carlos.querino@sipam.gov.br
Analista em Ciências e Tecnologia/Meteorologista do Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM; Doutorando em Física ambiental (PPGFA/UFMT);

SILVA, Marcelo José Gama da – marcelo.gama@sipam.gov.br
Analista em Ciências e Tecnologia/Meteorologista do Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM; Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (UNIR);

DELGADO, Angel Ramon Sanchez – asanchez@ufrrj.br
Professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação (COPPE/UFRJ);

RESUMO: Variáveis meteorológicas são extremamente importantes para o entendimento do clima de uma determinada região, pois com o estudo delas é possível, por exemplo, mapear os riscos de eventos extremos climáticos ou identificar melhores épocas de plantio. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é analisar as séries temporais referentes à temperatura do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica, no município de Ariquemes (RO), verificando os aspectos de sazonalidade e/ou tendência. Foram utilizados os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e registrados pela estação Meteorológica Automática de Ariquemes/RO, no período de dezembro de 2010 até fevereiro de 2014. Os dados foram tratados e posteriormente analisados por softwares apropriados para a tabulação e análise estatística. Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória de dados para identificar os valores médios observados, bem como os valores de máximo e mínimo para o período. A seguir, foram ajustados modelos individuais sazonais autoregressivos integrados de médias móveis – SARIMA para as séries temporais. Dentre os resultados, foi possível identificar os padrões existentes nas séries temporais que ajudarão a compreender a climatologia da região. Constatou-se ainda, que o modelo SARIMA é apropriado para o trabalho com as séries temporais de temperatura e umidade relativa do ar, não observando a mesma eficiência para a precipitação.
Palavras-Chaves: clima, função autoregressiva, técnica sazonal

AIR TEMPERATURE, HUMIDITY AND RAINY PRECIPITATION TIME SERIES BEHAVIOR IN ARIQUEMES TOWN (RONDÔNIA, BRAZIL)

ABSTRACT: Meteorological variables are extremely important to understand the climate of certain region. The study of those variables allows, for example, mapping the risks of extreme weather events and identify the best planting season. Thus, the main objective of this paper is to analyze the air temperature, relative humidity and rainy precipitation time series at Ariquemes (RO) town, observing the aspects of seasonality and/or trend. Were used data downloaded from the National Institute of Meteorology (INMET) website, and registered by the Automatic Meteorological station of Ariquemes / RO, through the period of December 2010 until February 2014. Data tabulation and statistical analysis were done by proper a statistical software. Firstly, an exploratory data analysis was

performed to identify the average daily values, as well as the maximum and minimum values for the entire period. Later, single Seasonal Autoregressive Integrated of Moving Average – SARIMA, were adjusted for time series. The results had shown that is possible to identify the standard in the time series that helps to understand the climate of the region. It was also noticed that SARIMA,s model is adequate to simulate air temperature and relative humidity, but not efficient to estimate precipitation.
Key-words: climate, autoregressive function, seasonal technique

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o estado de Rondônia apresenta uma grande expansão agrícola, tendo como principais culturas: arroz, banana, café, mandioca e soja. Segundo as projeções do IBGE (2014), espera-se que as mesmas tenham um crescimento de 7,29%, 12,08%, 14,53%, 21,23% e 7,00% respectivamente.

Nesse cenário, Ariquemes contribui com a produção do estado, com seus principais cultivos: milho, café, feijão e soja, esta última vem apresentando um crescimento significativo em seu cultivo, visto que em 2009 a produção era de 1200 Toneladas chegando a 4926 toneladas em 2013. Outro aspecto importante da economia local, segundo dados da Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE (2013), é a consolidação da piscicultura na região, que chegou, em 2013, a produzir 3228 Toneladas de Tambaqui, sendo este município o maior produtor do estado nesse ano. No entanto, estudos envolvendo as variáveis do clima, que interferem diretamente em toda agricultura regional ainda são escassos para a região, seja ele na forma direta de aquisição de dados meteorológicos ou na modelagem numérica ou estatística.

Nas últimas décadas, a busca por fatores que interferem nas condições climáticas e suas consequências para a humanidade, tem sido objeto de estudo por diversos pesquisadores (MENDONÇA, 2005; CASAGRANDE *et al*., 2011; QUEIROZ e COSTA, 2012; SIQUEIRA JÚNIOR, TOMASELLA e RODRIGUEZ, 2015). Entender os comportamentos climáticos de uma determinada região é de suma importância para o desenvolvimento de diversos setores da atividade humana; por exemplo, o setor agrícola, ambiental ou econômico. Com isso, as técnicas de análise de séries temporais para identificar as componentes que interferem no comportamento da série, resultam um meio de entender tais relações existentes.

Folhes e Fisch (2006) sugerem a análise do comportamento das séries temporais, para a identificação do melhor período, e consequentemente um correto planejamento da produção agrícola. Já Blain *et al*. (2009) identificaram tendências concomitantes de elevação nos dados de temperatura do ar em diversas localidades e atrelaram o fato a fenômenos de escala global. As séries temporais são também utilizadas em estudos de tendências temporais do saldo radiação (SILVA *et al.*, 2010); a avaliação do gerenciamento de doenças infecciosas e não infecciosas (SATO, 2013); as relações entre a asma e poluentes ambientes (AMÂNCIO e NASCIMENTO, 2012); ajustes de modelos

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

univariados de séries temporais para previsão de temperaturas médias de Erechin (CHECHI e BAYER, 2012); a produção de rações e suplementos vitamínicos e suas relações com o abate bovino, suíno e de aves, (CARVALHO *et al*., 2012); dentre outros.

As análises de séries temporais vêm sendo desenvolvidas desde os anos 70 com o objetivo de previsão. Neste sentido, Box e Jenkins (1976) sugerem ajustes dos modelos para séries estacionárias através da avaliação dos padrões funções de autocorrelação (FAC's) e funções de autocorrelação parcial (FACP's), pois de acordo com as características da série será possível diagnosticar se esta possui componente autoregressivo (AR), média móvel (MA), autoregressivo média móvel (ARMA) ou sazonal autoregressivo integrado média móvel (SARIMA), dentre outros modelos (TSAY, 2005).

Segundo Bressan e Lima (2002) e Bressan (2004), as técnicas de previsão auxiliam a tomada de decisões em atividades que precisam de planejamento e avaliação constante, além de propiciarem a redução da incerteza por parte dos elos envolvidos numa determinada área de interesse.

Neste sentido, o presente trabalho procura identificar os padrões nas séries temporais referentes à temperatura do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica, no município de Ariquemes (RO), verificando os aspectos de sazonalidade e/ou tendência no período de dezembro de 2010 até fevereiro de 2014, no intuito de aprimorar e/ou contribuir com o zoneamento agrícola de risco climático para a região de Ariquemes – RO. Da mesma forma, pretende-se ajustar modelos estatísticos para séries temporais no intuito de facilitar a compreensão da climatologia bem como na identificação de comportamentos futuros.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O município de Ariquemes localiza-se na região tropical, próximo a linha do Equador, entre as latitudes 09° 41' S e 10° 18' S e longitudes de 62° 24' W e 63° 37' W. Situa-se na mesorregião do Leste Rondoniense – Microrregião de Ariquemes (Figura 1). O município possui uma área territorial de 4.426,6 Km^2, em 2010 sua população era de 90.353 habitantes, mas segundo projeções do IBGE, em 2015 sua população chegará a 104.401 habitantes. Sua economia é baseada principalmente na agricultura de grão com destaque na produção de soja.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

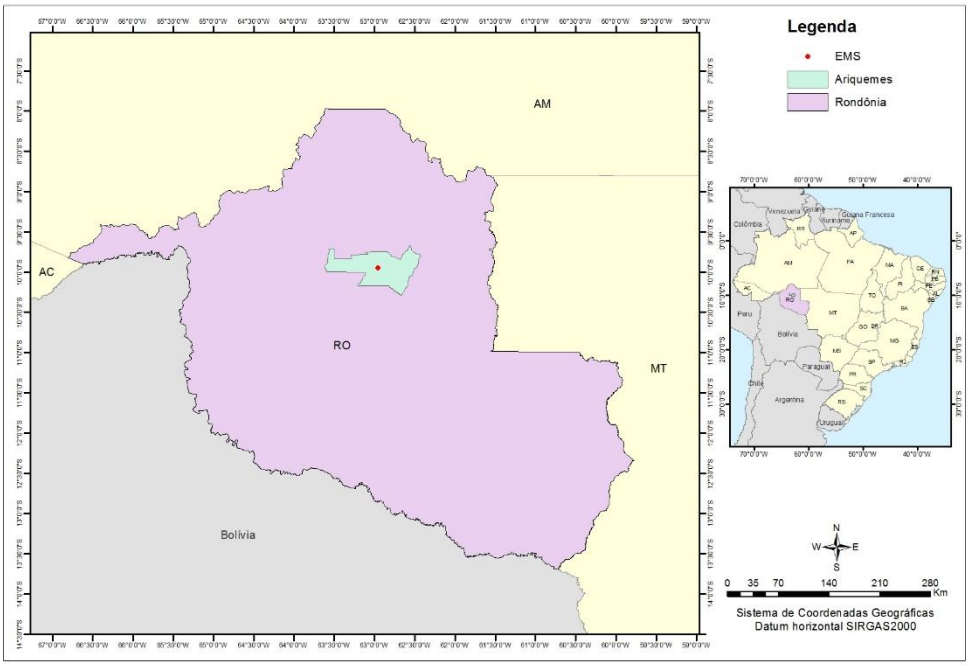


Figura 1. Mapa da Localização da estação meteorológica automática de Ariquemes

2.2. Dados

Foram utilizados os dados de temperatura do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. As variáveis foram obtidas na estação Meteorológica Automática de Ariquemes/RO (09º 56' S e 62º 57' W, 140 m) (Figura 1), no período de dezembro de 2010 até fevereiro de 2014. Os dados do período de 01 de dezembro de 2010 a 7 de fevereiro de 2014 foram utilizados para o ajuste dos modelos. Já para a verificação da confiabilidade das previsões foram utilizados os dados do período de 08 a 28 de fevereiro de 2014.

2.3 Tratamento e análise de dados

Para caracterização das séries temporais foi realizada, inicialmente, uma análise exploratória de dados para identificar os valores médios observados, bem como os valores de máximo e mínimo para o período. Posteriormente, foram plotados os gráficos referentes às séries para identificação de possíveis sazonalidades ou tendência no período estudado. Após essa análise prévia, foram ajustados modelos individuais para as séries temporais segundo a técnica SARIMA (MORETTIN e TOLOI, 2006; BOX e JENKINS, 1976). Para a análise de dados foi utilizado o *software* IBM SPSS versão 20, para construção de alguns gráficos o *Microsoft Excel* 2013 e para construção do banco de dados foi utilizado o *MySQL.*

A análise de séries temporais, segundo Box e Jenkins (1976), tem como objetivo principal a realização de previsão que servirão de base para diversas atividades: planejamento econômico, controle de sistemas de produção e otimização de processos. Essa metodologia permite que valores futuros de uma

série sejam previstos tomando por base apenas seus valores presentes e passados. Ela consiste em quatro etapas (SOARES *et al.*, 2008; CORDEIRO *et al.* 2010):

a) **Identificação:** Conjunto de procedimentos que visam obter uma ideia apropriada da estrutura do modelo (FISHER, 1982). Nesta fase um dos procedimentos é analisar o comportamento nas funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP), pois para cada tipo de modelo será identificado um comportamento específico.

Segundo Rocha (2003), tem-se as seguintes classes de modelos:

• Média Móvel (MA): No modelo MA a série temporal Z_t é resultado da combinação linear dos termos aleatórios em t e em períodos anteriores. Em sua forma geral ou um MA(q), leva em consideração q valores defasados de ϵ (equação 1):

$$Z_t = \epsilon_t - \theta_1\epsilon_{t-1} - \theta_2\epsilon_{t-2} - \cdots .. - \theta_q\epsilon_{t-q} \quad (1)$$

Em que θ_t = parâmetro; ϵ_t = termos aleatórios.

• Autoregressivo (AR): No modelo AR, a série temporal Z_t é descrita somente pelos seus valores realizados e pelos termos aleatórios. O referido modelo de ordem p, AR(p) será o resultado da soma ponderada de seus p valores passados e dos termos aleatórios (equação 2):

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \cdots \phi_q Z_{t-p} + \epsilon_t$$

(2)

Em que ϕ_t = parâmetro; ϵ_t = termos aleatórios.

• Média Móvel Autoregressivo (ARMA): No modelo ARMA, a série temporal Z_t é função de seus valores históricos e pelos termos aleatórios correntes e passados. Generalizando, este modelo é representado como (equação 3):

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \cdots \phi_q Z_{t-p} + \epsilon_t - \theta_1\epsilon_{t-1} - \theta_2\epsilon_{t-2} - \cdots .. - \theta_q\epsilon_{t-q} \quad (3)$$

• Média Móvel, Autoregressivo e Integrado (ARIMA): Se a série temporal analisada não for estacionária em nível, devem-se aplicar diferenças até que a condição de estacionariedade se torne válida. O número de diferenças necessárias (d) é denominado ordem de integração (I). Sendo Z_t estacionária após ser diferenciada d vezes, com a série derivada deste processo podendo ser descrita como um modelo ARMA (p, q), diz-se que a série temporal Z_t segue um modelo ARIMA (p, d, q) (equação 4):

$$W_t = \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \cdots \phi_q W_{t-p} + \epsilon_t - \theta_1\epsilon_{t-1} - \theta_2\epsilon_{t-2} - \cdots .. - \theta_q\epsilon_{t-q} \quad (4)$$

Em que $W_t = \Delta^d Z_t$. Na estrutura ARIMA (p, d, q) significa que esta possui p parâmetros autoregressivos, d diferenciações a partir da série original e q parâmetros de médias móveis.

• Modelos Sazonais:

- Modelo sazonal autoregressivo (SAR(P)): O Modelo $SAR(P)_S$ corresponde à versão sazonal do AR(p) (equação 5):

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-s} + \Phi_2 Z_{t-2s} + \cdots .. + \Phi_p Z_{t-ps} + \epsilon_t$$

(5)

- Modelo sazonal de média móvel (SMA(Q)): O modelo $SMA(Q)_S$ é equivalente à versão sazonal do MA(q) (equação 6):

$$Z_t = \epsilon_t - \Theta_1\epsilon_{t-s} - \Theta_2\epsilon_{t-2s} - \cdots .. - \Theta_q\epsilon_{t-qs}$$

(6)

- Modelo sazonal autoregressivo de média móvel (SARMA $(P,Q)_S$): O Modelo SARMA$(P,Q)_S$ é a versão sazonal do ARMA (p,q) (equação 7):

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-s} + \Phi_2 Z_{t-2s} + \cdots .. + \Phi_p Z_{t-ps} + \epsilon_t - \sum_{j=1}^{qs} \Theta_j \epsilon_{t-j} \quad (7)$$

- Modelo sazonal autoregressivo integrado de média móvel (SARIMA $(P,D,Q)_S$): O SARIMA$(P,D,Q)_S$ dedica-se a séries originais não estacionárias, que após D diferenças sazonais podem ser descritas por um processo estocástico sazonal estacionário SARMA(P,Q). O referido modelo em sua forma generalizada pode ser representado como (equação 8):

$$W_t = \Phi_1 W_{t-s} + \Phi_2 W_{t-2s} + \cdots .. + \Phi_p W_{t-ps} + \epsilon_t - \sum_{j=1}^{qs} \Theta_j \epsilon_{t-j} \quad (8)$$

Quando se considera, em conjunto, as correlações temporais entre observações em períodos de tempo sucessivos, encontram-se o modelo sazonal multiplicativo geral SARIMA (p, d, q) x $(P, D, Q)_S$ que combina os modelos ARIMA sazonal e não sazonal (SILVA *et al*., 2010).

As principais ferramentas da identificação são a função de autocorrelação (FAC) (equação 9), a função de autocorrelação parcial (FACP) (equação 10) e os correlogramas resultantes, que são as representações gráficas das FAC's e FACP's (GUJARATI, 2006; ENDERS, 1995).

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$$

(9)

Em que ρ_k = coeficiente de autocorrelação na defasagem k; γ_k = covariância na defasagem k; γ_0 = variância.

$$\widehat{\rho_k} = \frac{\widehat{\gamma_k}}{\widehat{\gamma_0}}$$

(10)

Em que: $\widehat{\gamma_k} = \frac{\sum(Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{n}$ e $\widehat{\gamma_0} = \sum \frac{(Z_t - \bar{Z})^2}{n}$. $\widehat{\gamma_k}$ = Covariância amostral na defasagem k; $\widehat{\gamma_0}$ = variância amostral e $\widehat{\rho_k}$ = função de autocorrelação amostral. O intervalo de confiança de 95% para qualquer $\widehat{\rho_k}$, seguindo uma distribuição normal padrão é dado por (equação 11):

$$IC = \pm 1{,}96 * \frac{1}{n}$$

(11)

Em que IC = intervalo de confiança; $\frac{1}{n}$ = variância; e n = número de observações. Se um $\widehat{\rho_k}$ se localizar dentro do intervalo de confiança, podemos aceitar a hipótese de que o verdadeiro valor de ρ_k é zero e vice-versa.

b) **Estimação:** Estimar os parâmetros dos termos autoregressivos e de média móveis incluídos no modelo, sazonais e não-sazonais. Nesta fase, deve-se garantir a parcimônia do modelo, selecionando aquele mais simples com um pequeno número de parâmetros (SILVA *et al*., 2010).

c) **Avaliação:** A avaliação consiste em checar se o modelo escolhido é adequado para os fins desejados. Isso pode ser verificado pelo comportamento da FAC e da FACP dos resíduos do modelo estimado. Para que o modelo estimado seja considerado adequado é necessário que os seus resíduos, sejam

estimativas do ruído branco, ou seja, suas autocorrelação devem se comportar de maneira aleatória e devem ser não significativas (GUJARATI, 2006).

d) **Previsão:** Nesta etapa realiza-se a checagem da confiabilidade da previsão do modelo.

Algumas premissas devem ser atendidas na utilização da metodologia de Box e Jenkins, destacando-se o tamanho da amostra, que deve ser de no mínimo 50 observações; a série deve ser estacionária, ou seja, a série deve variar em torno de uma média constante, para isso a mesma pode ser diferenciada para obter tal premissa; e a série deve ser homocedástica, ou seja, deve possuir uma variância constante ao longo do tempo (SANTOS e LIMA, 2006, YAFFEE e MCGEE, 2000).

No modelo SARIMA seguido neste trabalho, em cada instante de tempo t, existe um conjunto de valores que a série pode assumir e aos quais estão associadas possibilidades de ocorrência. O modelo SARIMA é adequado para a previsão de séries temporais cujo processo estocástico não é estacionário. Logo, a série original passará por algumas diferenciações a fim de torná-la estacionária (BOX e JENKINS, 1976). O número necessário de diferença para tornar uma série estacionária é denominado ordem de integração (d). A estrutura geral SARIMA (p, d, q) x (P, D, Q)s é expressa por:

$$\phi_P(B)\Phi_P(B^s)\nabla^d\nabla_s^D Z_t = \theta_q(\mathrm{B})\theta_{\mathrm{Q}}(B^s)\epsilon_t \quad (13)$$

Em que:

B - representa um operador de defasagem;

B^s - representa um operador sazonal de defasagem;

$\phi_p(B)$ - representa o componente autoregressivo de ordem p;

$\theta_q(\mathrm{B})$ - representa o componente de média móvel de ordem q;

$\Phi_P(B^s)$ - representa o componente sazonal autoregressivo de ordem P;

$\Theta_Q(B^s)$ - representa o componente sazonal média móvel de ordem Q;

$\epsilon_t = \phi_P(B)Z_t$ ruído branco.

d - representa o número de diferenças.

$\nabla^d = (1-B)^d$ – representa diferença ordinária.

$\nabla_s^D = (1-B^s)^D$ - representa diferença sazonal.

Este operador diferença é definida como:

$$Z_t - Z_{t-1} = Z_t - BZ_t = (1-B)Z_t = \nabla Z_t$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Climatologia de Ariquemes

As medidas de resumo das séries temporais climáticas para o período de dezembro de 2010 a fevereiro de 2014 são apresentadas na Tabela 1. Observa-se que a temperatura média diária para o município do Ariquemes no período do estudo foi de 25,62°C (s = 1,23°C). A temperatura máxima de 40,1°C foi observada no dia 20/05/2013, enquanto que a mínima para do período da pesquisa foi observada em 24/07/2013, chegando a 15,3°C.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

A umidade relativa do ar média é de 81,02% (s = 8,52%), variando de 39,79% na época de seca e 94,33% na época chuvosa. No estudo realizado por Costa *et al.* (2004), referente à avaliação agronômica de genótipos de Leucena em Ariquemes, os autores afirmaram que a precipitação anual fica em torno de 2.200 mm, a temperatura média anual em 25,5ºC e 89% de umidade relativa do ar. Na tabela, a curtose é uma medida de dispersão que caracteriza o pico ou "achatamento" da curva da função de distribuição de probabilidade e a assimetria quantifica o desvio de uma distribuição em relação a uma distribuição simétrica. O sinal resultante do seu cálculo nos dá o tipo de assimetria da distribuição.

Tabela 1. Estatísticas descritivas das séries temporais climáticas do Município de Ariquemes (RO) no período de dezembro de 2010 a fevereiro de 2014.

Séries Climáticas	Média	Erro padrão	Mediana	Moda	s	Curtose	Assimetria	Mín.	Máx.	n
Precipitação por dia (mm)	6,44	0,41	0,400	0,00	14,24	16,223	3,643	0,00	120,80	1186
Umidade Relativa (%)	81,02	0,25	83,33	85,92	8,52	1,990	-1,340	39,79	94,33	1186
Temperatura Média diária (°C)	25,62	0,04	25,67	25,59	1,23	2,973	-0,717	17,86	29,08	1186
Temperatura máxima (°C)	32,05	0,07	32,10	33,00	2,52	0,389	-0,194	23,90	40,10	1186
Temperatura Mínima (°C)	23,75	0,04	23,90	23,90	1,51	3,336	-1,025	15,30	28,10	1186

O clima no município é caracterizado por apresentar uma homogeneidade espacial e sazonal da temperatura média do ar, o mesmo não ocorrendo em relação à precipitação pluviométrica, que apresenta uma variabilidade temporal, e em menor escala espacial, devido aos diferentes fenômenos atmosféricos que atuam no ciclo anual da precipitação.

Segundo a classificação de Köppen, a região de Ariquemes, apresenta um clima do tipo Aw - Clima Tropical Chuvoso com média climatológica da temperatura do ar durante o mês mais frio superior a 18°C (megatérmico), e um período seco bem definido durante a estação de inverno, quando ocorre na região um moderado *déficit* hídrico, com índice pluviométrico inferiores a 50 mm / mês. (Figura 2). Os principais fenômenos atmosféricos ou mecanismos dinâmicos que provocam chuva na região são: A alta convecção diurna; as convecções diurnas associadas aos efeitos da Alta da Bolívia (AB); os aglomerados convectivos de meso e grande escala, associados com a penetração de sistemas frontais advindos da região Sul e Sudeste do Brasil, que causam chuvas de baixas intensidade no inverno e a brisa fluvial (SILVA, 2010; SANTOS NETO *et al*., 2014).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Ainda ao observar a figura 2, nota-se que a precipitação total anual é em torno de 2290 mm/ano com duas estações bem definidas no decorrer do ano: uma estação chuvosa com sete meses de duração, compreendida entre os meses de outubro a abril, na qual se concentra aproximadamente 88% da precipitação anual e uma estação seca, onde as chuvas são escassas, representando menos de 3% do total anual. Os meses de maio e setembro são meses de transição entre um regime e outro.

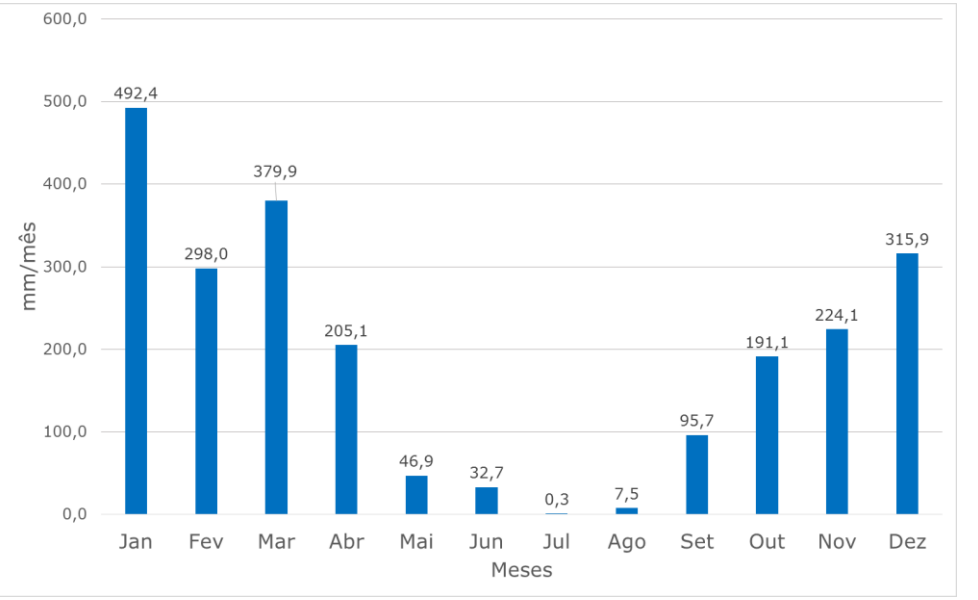


Figura 2. Distribuição da precipitação pluviométrica acumulada, por meses, durante o período de 2011 a 2013.

Na figura 3 verifica-se o comportamento da temperatura média mensal, bem como as médias máximas e mínimas no município de Ariquemes. Nota-se que temperatura do ar apresenta pouca variação, ao longo do ano, com média anual em torno de 25,5°C, sendo praticamente constante do decorrer do ano e apresentando uma amplitude térmica mensal em torno de 10°C. A temperatura máxima média varia entre 30°C e 34°C enquanto a temperatura mínima média é superior a 18°C durante todo o ano, com exceção de alguns dias durante o período de inverno quando ocorre o fenômeno denominado de "friagem". Da mesma forma, pode-se observar que nos meses de julho e agosto também ocorrem as maiores amplitudes térmicas anuais, sendo esta uma característica do clima Aw.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

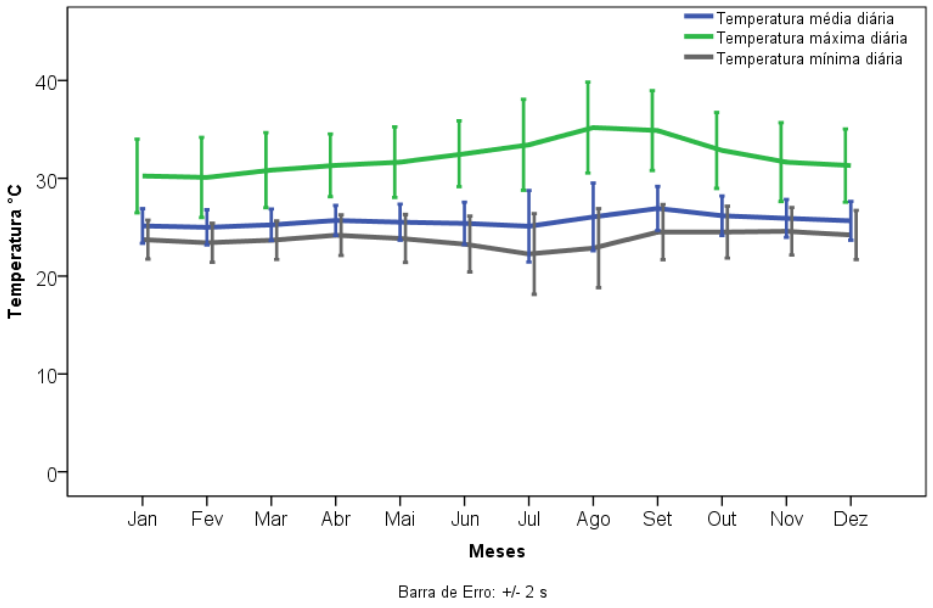


Figura 3. Distribuição temporal das temperaturas médias, máximas e mínimas; por meses, durante o período de 2010 a 2014.

Ao analisar o comportamento anual da umidade relativa percebe-se que a região apresenta um clima úmido, com média anual em torno de 82% podendo atingir valores médios abaixo dos 70% durante os meses de inverno (Figura 4). Dado a característica do regime pluvial local observa-se uma amplitude mais acentuada que a observada pela temperatura do ar e valores mais baixos são registrados durante o inverno (junho/julho/agosto).

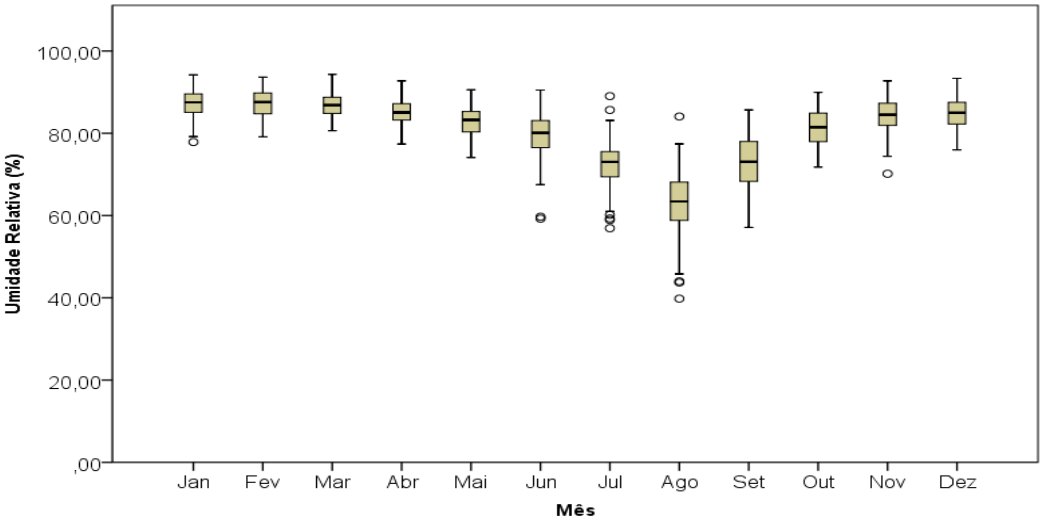
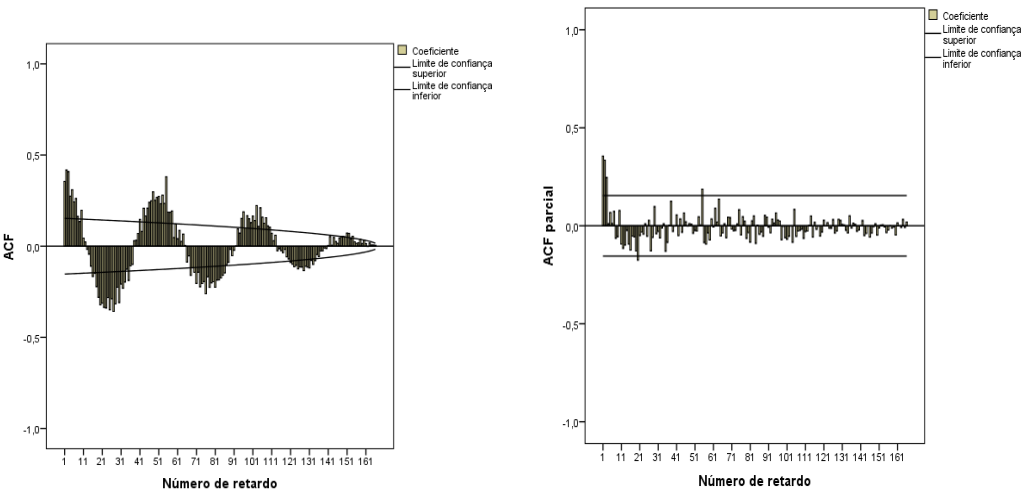


Figura 4. Distribuição temporal da umidade relativa do ar; por meses, durante o período de 2010 a 2014.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

3.2 Ajuste do Modelo SARIMA para precipitação pluviométrica

Incialmente para entender as componentes que influenciam a série temporal de precipitação pluviométrica acumulada por dia, nas Figuras, 5a e 5b são apresentados os gráficos das funções de autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (ACFP).



Figuras 5a e 5b. Gráficos da ACF e PACF, da série temporal de precipitação pluviométrica para o município de Ariquemes - RO.

Observa-se na Figura 5a que a série apresentou comportamento senoidal na função autocorrelação e na Figura 5b, verifica-se uma queda brusca nos valores da função de autocorrelação parcial e um comportamento sazonal representado pelos altos valores no lag 52 (semanas), ou seja, em 365 dias, sugerindo inicialmente os componentes de sazonalidade 365 e o componente autoregressivo sazonal. Durante o ajuste pelo método *Expert Modeler* do SPSS (YAFFEE e MCGEE, 2000), verificou-se a necessidade de incluir a periodicidade 7. Sendo assim o melhor modelo encontrado foi o SARIMA (1,0,1) x $(1, 0, 1)_7$, que apresentou um erro quadrado médio de 189,282. As Figura 6 mostra os gráficos das ACF e ACFP dos resíduos.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

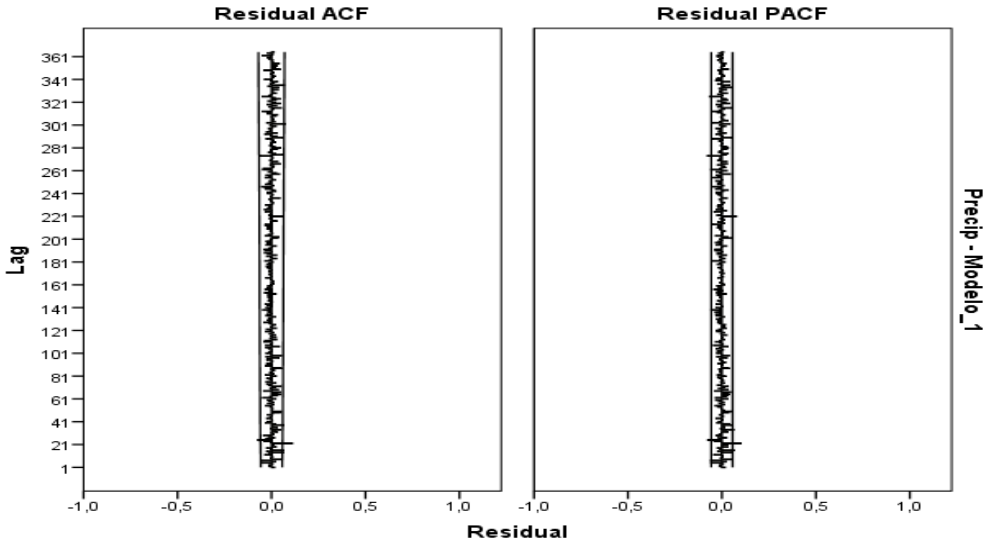


Figura 6**.** Gráficos da FAC e FACP, série precipitação pluviométrica, do modelo SARIMA (1,0,1) x (1, 0,1)$_7$.

Os coeficientes do modelo foram significativos, sendo essas informações descritas na Tabela 2 e um resumo das estatísticas do modelo apresentado na Tabela 3.

Tabela 2**.** Parâmetros estimados do modelo SARIMA (1, 0, 1) x (1, 0,1)$_7$ para a série de precipitação pluviométrica.

Parâmetro	Estimativa	Desvio padrão	t	p
Constante	6,700	1,680	3,988	0,000
Autoregressivo, Lag 1	0,985	0,009	107,071	0,000
Sazonal média móvel, Lag 1	0,943	0,018	53,535	0,000
Sazonal autoregressivo, Lag 7	0,853	0,291	2,933	0,003
Sazonal média móvel, Lag 7	0,836	0,305	2,743	0,006

Tabela 3**.** Resumo das estatísticas do modelo SARIMA (1, 0, 1) x (1, 0, 1)$_7$ para a série de precipitação pluviométrica.

Estatísticas do ajuste	Valor
Mean square error	190,799
Root mean square error	13,813
Mean absolute percent error	902,693
Mean absolute error	7,863
R-square	0,071

O modelo SARIMA (1, 0, 1) x (1, 0, 1)$_7$ para a série precipitação pluviométrica ficou dado por:

$$(1 + 0{,}985B)(1 + 0{,}853B^7)Z_t = (1 + 0{,}943B)(1 - 0{,}836B^7)\epsilon_t.$$

Na Figura 7 são apresentados os valores ajustados e os intervalos de confiança para o modelo.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

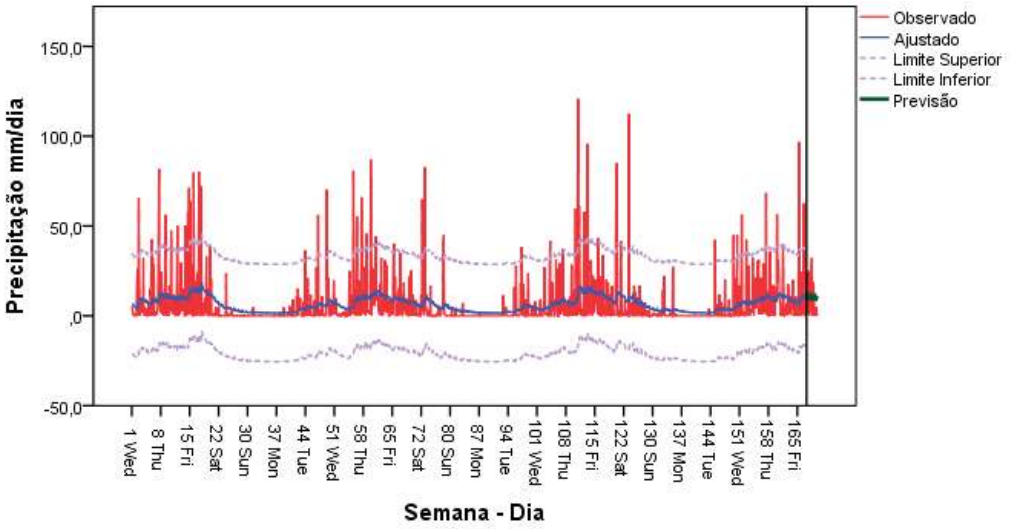
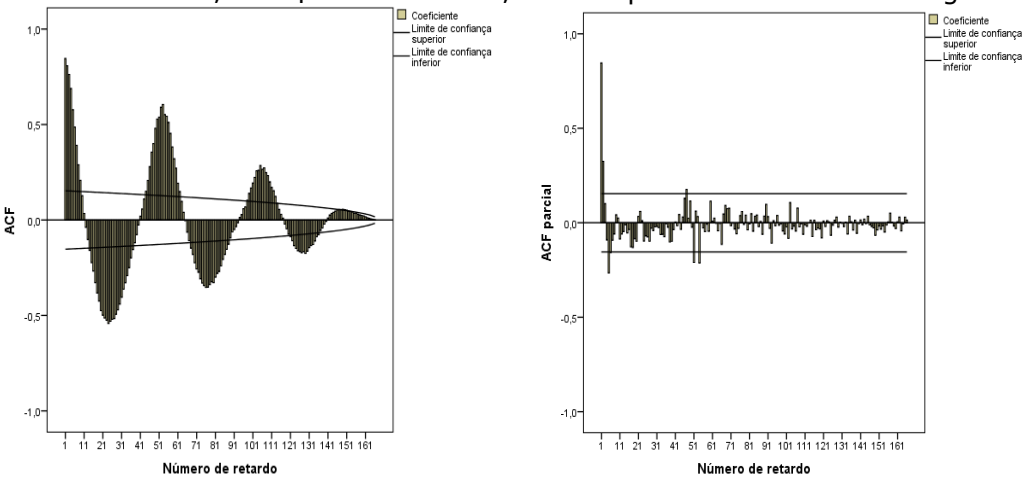


Figura 7**.** Valores ajustados e observados para a série temporal de precipitação pluviométrica no Município de Ariquemes (RO), para o período de dezembro de 2010 a fevereiro de 2014.

3.3 Ajuste do Modelo SARIMA para umidade

Em relação ao ajuste do modelo para a série temporal da umidade média por dia, nas Figuras 8a e 8b são apresentados os gráficos das funções de autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (ACFP). Novamente pode se observar que a série apresentou comportamento senoidal na função autocorrelação, uma queda brusca nos valores da função de autocorrelação parcial e um comportamento sazonal, representado pelos altos valores no lag 52 (semanas) ou 365 (dias), sugerindo inicialmente os componentes de sazonalidade 365, com periodicidade 7, e o componente sazonal autoregressivo.



Figuras 8a e 8b. Gráficos de AFC e ACFP da série umidade média no Município de Ariquemes (RO).

Verificou-se que o melhor modelo ajustado foi o SARIMA (0, 1, 3) x (1, 0, 1)$_7$, que apresentou um erro quadrado médio de 16,777. A seguir os gráficos das ACF e ACFP (Figura 9).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

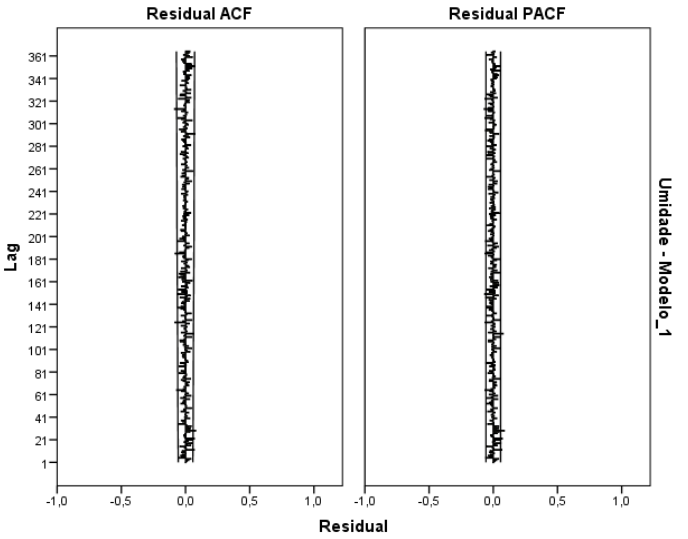


Figura 9. Gráficos da ACF e ACFP, série precipitação pluviométrica, do modelo final, SARIMA (0, 1, 3) x $(1, 0, 1)_7$

Os coeficientes do modelo foram significativos, sendo essas informações descritas na Tabela 4 e um resumo das estatísticas do modelo na Tabela 5.

Tabela 4**.** Parâmetros estimados do modelo SARIMA (0, 1, 3) x $(1, 0, 1)_7$ para série umidade média

Parâmetro	Estimativa	Desvio padrão	t	p
Média movél, Lag 1	0,398	0,029	13,65	0,000
Média movél, Lag 2	0,223	0,031	7,282	0,000
Média movél, Lag 3	0,128	0,029	4,399	0,000
Autorregressivo sazonal, Lag 7	0,990	0,025	36,636	0,000
Média movél sazonal, Lag 7	0,998	0,045	22,024	0,000

Tabela 5**:** Resumo das estatísticas do modelo SARIMA (0, 1, 3) x $(1, 0, 1)_7$ para série umidade

Estatísticas do ajuste	Valor
Mean square error	16,777
Root mean square error	4,096
Mean absolute percent error	3,943
Mean absolute error	3,058
R-square	0,771

O modelo encontrado para a série precipitação pluviométrica SARIMA (0, 1, 3) x $(1, 0, 1)_7$ pode ser equacionado como:

$$(1 + 0,990\ B^7)Z_t = (1 + 0,398B + 0,223B^2 + 0,128B^3)(1 - 0,998B^7)\epsilon_t$$

Na figura 10 são apresentados os valores ajustados e os intervalos de confiança para o modelo da série de precipitação pluviométrica.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

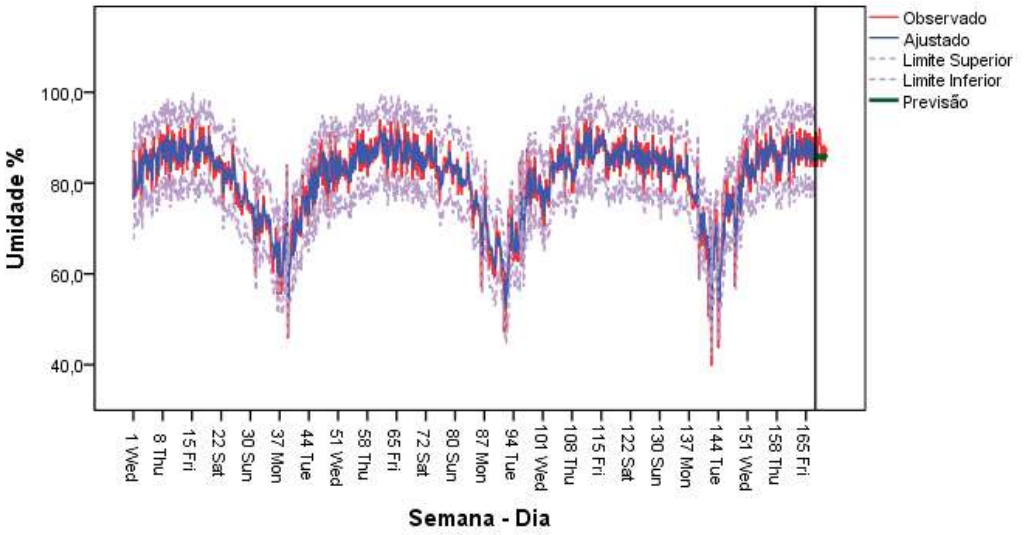
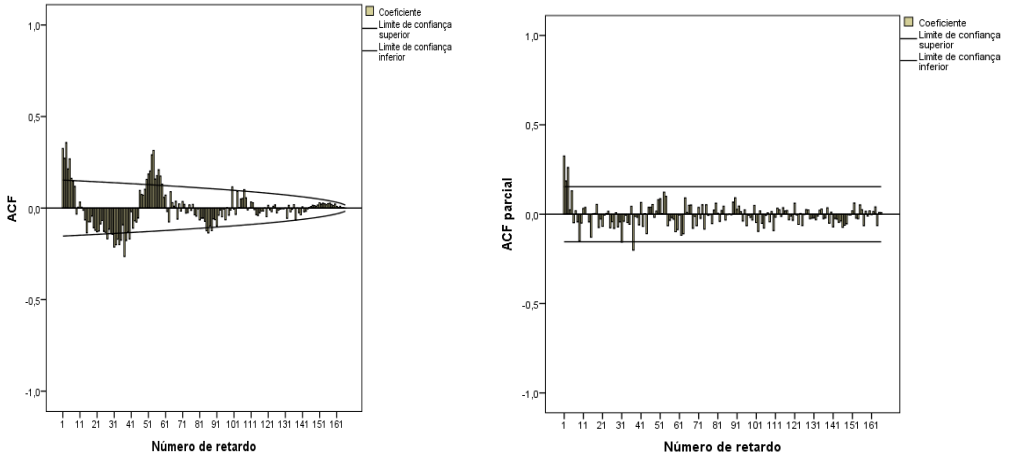


Figura 10. Valores ajustados e observados para a série temporal da umidade no Município de Ariquemes (RO). Período dezembro de 2010 a fevereiro de 2014

3.4 Ajuste do Modelo SARIMA para temperatura

Nas Figuras 11a e 11b são apresentados os gráficos das funções de autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (ACFP), para a série temporal da temperatura média por dia.



Figuras 11a e 11b. Gráficos da FAC e FACP, série temperatura média no Município de Ariquemes (RO)

Verificou-se que o melhor modelo encontrado foi o SARIMA (3, 0, 0) x (1, 0, 1)$_7$, que apresentou um erro quadrado médio de 0,851. Na Figura 12 os gráficos das FAC e FACP.

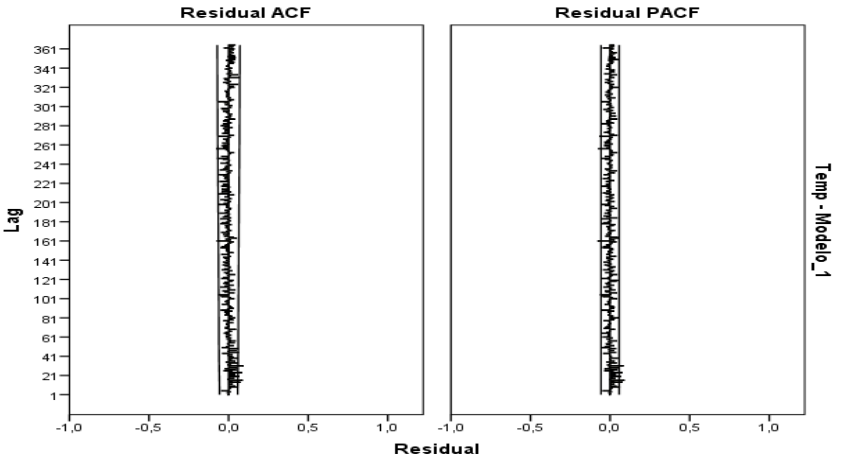


Figura 12. Gráficos da FAC e FACP, série precipitação pluviométrica, do modelo final, SARIMA (3, 0, 0) x $(1, 0, 1)_7$

Os coeficientes do modelo foram significativos, sendo essas informações descritas na Tabela 6 e um resumo das estatísticas do modelo apresentado na Tabela 7.

O modelo encontrado para a série precipitação pluviométrica SARIMA (3, 0, 0) x $(1, 0, 1)_7$ pode ser equacionado como:

$$(1 - 0,934\,B^7)(1 + 0,702B - 0,093B^2 + 0,069B^3)Z_t = (1 - 0,928B^7)\epsilon_t$$

Na figura 13 são apresentados os valores ajustados e os intervalos de confiança para o modelo da série de precipitação pluviométrica.

Tabela 6. Parâmetros estimados do modelo SARIMA (3, 0, 0) x $(1, 0, 1)_7$ para a série de temperatura média

Parâmetro	Estimativa	Desvio padrão	t	p
Constante	25,631	0,084	304,971	0,000
Autoregressivo, Lag 1	0,702	0,029	23,928	0,000
Autoregressivo, Lag 2	-0,093	0,036	-2,591	0,010
Autoregressivo, Lag 3	0,069	0,029	2,364	0,018
Autoregressivo sazonal, Lag 7	-0,928	0,302	-3,077	0,002
Média móvel sazonal, Lag 7	-0,934	0,291	-3,203	0,001

Tabela 7**.** Resumo das estatísticas do modelo SARIMA (3, 0, 0) x $(1, 0, 1)_7$ para série temperatura média

Estatísticas do ajuste	Valor
Mean square error	0,851
Root mean square error	0,923
Mean absolute percent error	2,780
Mean absolute error	0,703
R-square	0,450

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

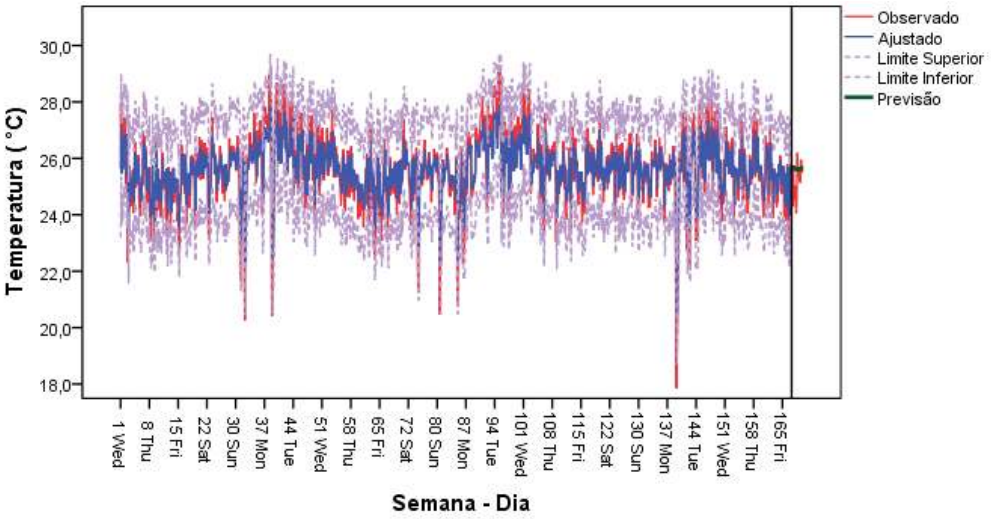


Figura 13**.** Valores ajustados e observados para a série temporal de Temperatura média no Município de Ariquemes (RO). Período dezembro de 2010 a fevereiro de 2014

3.5 Validação das previsões

Os modelos foram ajustados com os dados do período de 01 de dezembro de 2010 a 08 de fevereiro de 2014 e para as devidas comparações de valores observados e previstos foram separados os dados entre 09 e 28 de fevereiro de 2014. Observou-se uma periodicidade 7 nos ajustes dos modelos, com isso, optou-se em comparar estes valores somente no período de 09 a 15 de fevereiro de 2014, visto que estes deveriam ser realimentados nos próximos períodos de 7 dias. Na Tabela 8 são apresentados os valores observados e previstos, bem como os limites inferiores e superiores das previsões. Verifica-se que os valores observados se encontram dentro do intervalo de confiança da previsão dos respectivos modelos, no entanto, os valores tendem a estabilizar no final do período para a Temperatura média diária, bem como o modelo pode estimar com precisão as variáveis em questão.

Tabela 8. Comparação dos valores previstos e observados no período de 09 a 28 de fevereiro de 2014 para as séries temporais ajustadas

	Temperatura °C				Umidade relativa %				Precipitação mm/dia			
Dia	Prev.	LS	LI	Obs.	Prev.	LS	LI	Obs.	Prev.	LS	LI	Obs.
09	25,7	27,5	23,9	25,3	84,8	92,8	76,7	89	10,7	37,8	-16,4	3,4
10	25,7	27,9	23,4	24,3	85,5	94,9	76,1	91,3	11,8	38,9	-15,4	22
11	25,6	28,0	23,3	25,4	86,0	95,9	76,2	85,3	11,2	38,3	-15,9	1
12	25,6	28,0	23,3	25,7	85,8	95,9	75,8	83,6	9,9	37,1	-17,3	22,8
13	25,7	28,1	23,3	24,5	86,0	96,2	75,7	90,3	10,1	37,3	-17,1	25
14	25,6	28,1	23,2	24,9	85,8	96,3	75,4	88,9	9,9	37,1	-17,4	0,2
15	25,6	28,1	23,2	25	85,6	96,2	74,9	88,3	9,7	37,0	-17,5	14

Obs.: Prev. – Previsto; LS – Limite Superior; LI – Limite inferior.

4. CONCLUSÕES

O Município de Ariquemes (RO) está situado na região sul da Amazônia com características marcantes e fenômenos específicos no clima; sendo assim, o

presente estudo contribuiu a identificar os padrões nas séries temporais referentes à temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica, verificando os aspectos de sazonalidade e/ou tendência no período de dezembro de 2010 até fevereiro de 2014. A temperatura média diária para o Município do Ariquemes (RO) no período do estudo foi de 25,62°C (s = 1,235°C). A umidade relativa do ar é de 81,02% (s = 8,52%), variando de 39,79% na época de seca e 94,33% na época chuvosa.

Em relação à precipitação pluviométrica, os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, apresentam maiores volumes. Encontra-se uma forte sazonalidade na distribuição da precipitação no período chuvoso (novembro-abril), apresentando totais mensais acima de 100 mm $mês^{-1}$.

Foram ajustados modelos individuais para as séries temporais segundo a técnica sazonal autoregressivo integrado de médias móveis – SARIMA (p, d, q) x $(P, D, Q)_S$. O modelo SARIMA é adequado para a previsão de séries temporais cujo processo estocástico não é estacionário. Em relação à umidade média verificou-se que o melhor modelo ajustado foi o SARIMA (0, 1, 3) x $(1, 0, 1)_7$, que apresentou um erro quadrado médio de 16,77. Já em relação à temperatura média verificou-se que o melhor modelo encontrado foi o SARIMA (3, 0, 0) x $(1, 0, 1)_7$, que apresentou um erro quadrado médio de 0,851.

Visando ampliar o conhecimento do comportamento das séries temporais climáticas em Ariquemes (RO) futuros estudos são sugeridos envolvendo o ajuste de modelos SARIMA para as medidas de máximo e mínimo das séries trabalhadas no presente estudo. Da mesma forma, sugere-se a comparação com outros modelos matemáticos ou estatísticos, de modo a minimizar os erros de previsão, como por exemplo Redes Neurais Artificias ou Modelos Estruturais.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus* Ariquemes pelo apoio financeiro e ao fornecimento de auxílio ao pesquisador iniciante - nível médio, através do Programa de Incentivo a Pesquisa – PIP – 2014/2015.

À Fundação de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e a Pesquisa de Rondônia - FAPERO, pelo auxílio financeiro através do Programa de bolsas de mestrado e doutorado para docentes (MS / DR / DOCENTE / FAPERO / CAPES - 07/2014).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÂNCIO, C. T.; NASCIMENTO, L. F. C. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. **Revista da Associação de Médica Brasileira**, v. 58, n. 3, p. 302-307, 2012.

BLAIN, G. C.; PICOLI, M. C.; LULU, J. Análises estatísticas das tendências de elevação nas séries anuais de temperatura mínima do ar no estado de São Paulo. **Bragantia**, v.68, n.3, p.807-815, 2009**.**

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. E. **Times series analysis: forecasting and control**. Revised edition. California: Holden-Day, 1976.

BRESSAN, A. A.; LIMA, J. E. Modelos de previsão de preços aplicados aos contratos futuros de boi gordo na BM&F. **Nova Economia**, v.12, n. 1, p.117-140, 2002.

BRESSAN, A. A. Tomada de decisão em futuros agropecuários com modelos de previsão de séries temporais. **RAE-eletrônica**, v. 3, n. 1, Art. 9, jan./jun. 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/raeel/v3n1/v3n1a04.pdf>. Acesso em 26/05/2015.

CASAGRANDE, A.; SILVA J. P.; MENDONÇA, F. Mudanças climáticas e aquecimento global: Controvérsias, Incertezas e a Divulgação Científica. **Revista Brasileira de Climatologia,** vol.8, Ano 7, p.30-44, 2011.

CARVALHO, A. L.; CARVALHO, R. L. S.; SOUZA, M. A. Utilização dos modelos SARIMA e estado de espaço para análise das séries de produção de rações e suplementos vitamínicos e suas relações com o abate bovino, suíno e de aves. **Revista de Ciências Exatas**, v.27/31, p.70 – 99; 2012.

CORDEIRO, S. A.; SOARES, N. S.; BRAGA, M. J.; SILVA, M. L. Previsões do preço de exportação da madeira serrada de *Pinus* no Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 205-214, 2010

COSTA, N. de L.; PAULINO, V. T.; MAGALHAES, J. A.; TOWNSEND, C. R.; OLIVEIRA, J. R. da C*.* **Avaliação agronômica de genótipos de Leucena em Ariquemes, Rondônia**. Comunicado técnico, 288. EMBRAPA - Porto Velho, RO, 2004. Disponível em <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item /57996/1/cot288-pastagem-1.pdf> Acesso em 25/03/2015.

CHECHI, L.; BAYER, F. 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.

ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series**. New York: John Wiley, 1995. 433p.

FISCHER, S. **Séries univariantes de tempo metodologia de Box e Jenkins**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 1982. 186 p.

FOLHES, M. T.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Revista Ambi-Água,** Taubaté, v. 1, n. 1, p. 61-71, 2006*.*

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. São Paulo: Elsevier, 2006, 4ª ed, 812 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA): Projeções**. 2014. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=1&z=t&o=26&u2=1&u3=1&u4=1&u1=11>. Acesso em 24/09/2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍTICA. **Pesquisa Pecuária Municipal**. 2014. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela /protabl.asp?c=3940&z=p&o=27&i=P >. Acesso em 14/08/2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Dados do Monitoramento da estação Automática de Ariquemes/RO. Comunicação pessoal via e-mail: <sadmet.df@inmet.gov.br> em 18 de jun. 2014.

MENDONÇA, F. Clima, tropicalidade e saúde: uma perspectiva a partir da intensificação do aquecimento global. **Revista Brasileira de Climatologia,** Vol. 1, No 1.p.100-112, 2005.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. **Análise de séries Temporais**. 2ª edição revisada e ampliada – São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

QUEIROZ; A. T.; COSTA, R. A. Caracterização e variabilidade climática em séries de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação em Ituiutaba – MG. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 43, p. 346–357, 2012.

ROCHA, F. G. **Contribuição de Modelos de Séries Temporais Para a Previsão da Arrecadação de ISS.** Campinas, SP: UNICAMP, 2003. 123 f. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SANTOS, C. M.; LIMA, J. E. Análise de Previsão da Arrecadação do ICMS no Estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Administração**, v. 5, n. 4, p. 413 - 423, 2006.

SANTOS NETO, L. A.; MANIESI, V.; SILVA, M. J. G.; QUERINO, C. A. S.; LUCAS, E. W.M.; BRAGA, A. P.; ATAÍDE, K. R. P. Distribuição horária da precipitação em Porto Velho – RO no período de 1998 – 2013. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, n.10, 2014.

SATO. R. C. Disease management with ARIMA model in time series. **Einstein**, v.11, n. 1, p.128-31, 2013.

SILVA, M. J. G. **Uso e Cobertura do Solo e a Variabilidade do Clima de Porto Velho-RO.** Porto Velho, Rondônia, 2010. 67f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Núcleo de Ciências e Tecnologia (NCT), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PGDR), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, 2010.

SILVA, R. A.; SILVA, V. P. R.; CAVALCANTI, E. P.; SANTOS, D. N. Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.14, n.5, p.501–509, 2010.

SIQUEIRA JÚNIOR, J. L.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D. A. Impacts of future climatic and land cover changes on the hydrological regime of the Madeira River basin. **Climatic Change**, v. 129, n. 1, p. 117–129, 2015.

SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; LIMA, J. E.; CORDEIRO, S. A. Análise de previsões do preço da borracha natural no Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 80, p. 285-294, 2008.

TSAY, R. S., **Analysis of financial time series**. 2ª ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2005, p.601.

YAFFEE, R. A.; MCGEE, M. **Introduction to Time Series Analysis and Forecasting with Applications of *SAS* and *SPSS***. New York: ACADEMIC PRESS, INC. 2000, p.528.

Texto submetido à RBClima em 23/09/2015