

## MODELO AUTORREGRESSIVO INTEGRADO DE MÉDIAS MÓVEIS (ARIMA) PARA A PREDIÇÃO DA SOMA HIDROTÉRMICA

Matheus Cavalheiro Camargo; Mauricio Fornalski Soares; Camille Flores Soares Michel Rocha da Silva<sup>4</sup>; Gabriel Martins Fortes<sup>5</sup>; Alencar Junior Zanon<sup>6</sup>)

Palavras-chave: Forecasting, brusone, variabilidade climática

### INTRODUÇÃO

As perdas na qualidade e produtividade do arroz (*Oryza sativa L.*) representam 30% do volume produzido globalmente devido incidência de brusone (*Pyricularia oryzae*). Considerada a principal doença da cultura, dependendo das condições do ambiente, as perdas podem chegar a 100% da lavoura (SHEUERMANN; NESI, 2021).

A variabilidade temporal e espacial da incidência e severidade da brusone é resultante das condições climáticas e do nível de resistência das cultivares (SILVA et al., 2021). A ausência de um manejo vinculado à probabilidade de ocorrência da doença, derivado de previsão e monitoramento agroclimático, induz os produtores a adotarem um manejo de controle padrão, normalmente com duas aplicações de fungicidas realizadas entre os estádios de emborrachamento e pleno florescimento, objetivando o controle da brusone do pescoço (MEUS et al, 2020).

Ainda de forma incipiente e restrita a alguns países, dados meteorológicos horários têm sido usados para monitorar e acessar a cadeia de infecção da brusone em arroz a partir da soma hidrotérmica acumulada (BREGAGLIO; DONATELLI, 2015). A soma hidrotérmica é uma variável meteorológica integrada, calculada de forma horária, usando uma função dependente da temperatura e um modelo de teor de umidade. O uso dessa abordagem na avaliação do risco da ocorrência de brusone em arroz irrigado tem demonstrado desempenho superior quando comparado a outras variáveis meteorológicas, como por exemplo, graus-dia, graus-hora e soma térmica (SILVA, 2021).

Atualmente existem diversos modelos matemáticos fundamentados em estimativas lineares aplicados para prever o comportamento de séries temporais com assertividade satisfatória. Dentre eles, o modelo ARIMA, processo univariado de parâmetros autoregressivos e médias móveis é um dos mais utilizados (WEI et al., 2016). O modelo ARIMA pode ser utilizado para a predição de variáveis meteorológicas, quando estas são armazenadas em forma de séries temporais, combinando linearmente seus valores históricos (DIMRI et al., 2020).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi prever a variabilidade anual e regional da soma hidrotérmica acumulada na safra 2020/2021 a partir do modelo autorregressivo integrado de médias móveis (ARIMA), utilizando séries temporais de soma hidrotérmica diária de dez anos para os municípios de Bagé, São Gabriel, Quaraí, Santa Maria e Torres.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com dados coletados de estações meteorológicas geolocalizadas nos municípios de Bagé, São Gabriel, Quaraí, Santa Maria e Torres, abrangendo áreas onde a maior parte da produção de arroz irrigado está concentrada no estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). O clima nesta região é um clima subtropical úmido, que apresenta algumas escalas de variabilidade durante a estação de cultivo do arroz, o que afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas. No RS, a temperatura aumenta 2,5°C de sul para norte, a radiação solar aumenta 17% de leste a oeste e a umidade relativa aumenta 10% de oeste para leste (SILVA et al., 2021).

Baseado em dados meteorológicos horários de cada estação meteorológica, incluindo temperatura do ar (T), umidade relativa (UR) e velocidade do vento, a soma hidrotérmica foi calculada usando um modelo de molhamento foliar relacionado à equação de temperatura aplicada ao período mais úmido do dia. As temperaturas base para  $T_{min}$ ,  $T_{opt}$  e  $T_{max}$  foram 11°C, 28°C e 33°C, respectivamente. (SILVA, 2021). Desta forma, os dados da soma hidrotérmica são fornecidos como uma série temporal em escala diária ( $C^{\circ} \text{ dia}^{-1}$ ). Para o trabalho atual, foram utilizados 3683 dados por estação meteorológica, que correspondem a dados hidrotermais somados diariamente de 1° de janeiro de 2010 a 1° de setembro de 2019.



Figura 1: Localização das estações experimentais utilizadas no estado do Rio Grande do Sul.

O modelo ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) geralmente é descrito de forma abreviada como  $[ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)s]$ , onde “p” é a ordem de auto-regressão; “d” é o grau de diferença; “q” a ordem da média móvel; “P” é a sazonalidade de auto-regressão; “D” é o grau de diferença sazonal; “Q”, o lag da média móvel sazonal e “s”, o comprimento do padrão cíclico. O modelo segue as seguintes etapas: Seleção e identificação do modelo; Estimativa de parâmetros de autoregressão (AR), integração ou diferenciação (I) e média móvel (MA); Verificação do modelo. Os valores atuais de uma série de dados são correlacionados aos valores passados na mesma série para produzir o componente AR (p). Os valores atuais de uma condição de erro aleatória são correlacionados aos valores passados para produzir o componente MA(q). Os valores de média e variância dos dados passados e atuais são considerados como estacionários e inalterados ao longo do tempo. Se necessário, um componente I (d) será adicionado para corrigir a falta de estacionariedade por meio de diferenciação. O segundo grupo de parâmetros entre parênteses são os valores sazonais. Os modelos sazonais ARIMA consideram o número de períodos de tempo em um ciclo. Para um ano, o número de períodos de tempo (t) é 12 (WEI et al., 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que o modelo ARIMA executou a predição dos dados da soma hidrotérmica de forma satisfatória, com algum grau de variação na eficiência preditiva entre os conjuntos de dados de cada estação meteorológica avaliada (Fig. 2). De acordo com os valores de ME, os dados estimados subestimam os valores observados para as séries de soma hidrotérmica nos municípios de Bagé, São Gabriel, Santa Maria e Torres (-3,71; -6,32; -6,83; 0,71) e superestima para o município Quaraí (1,63).

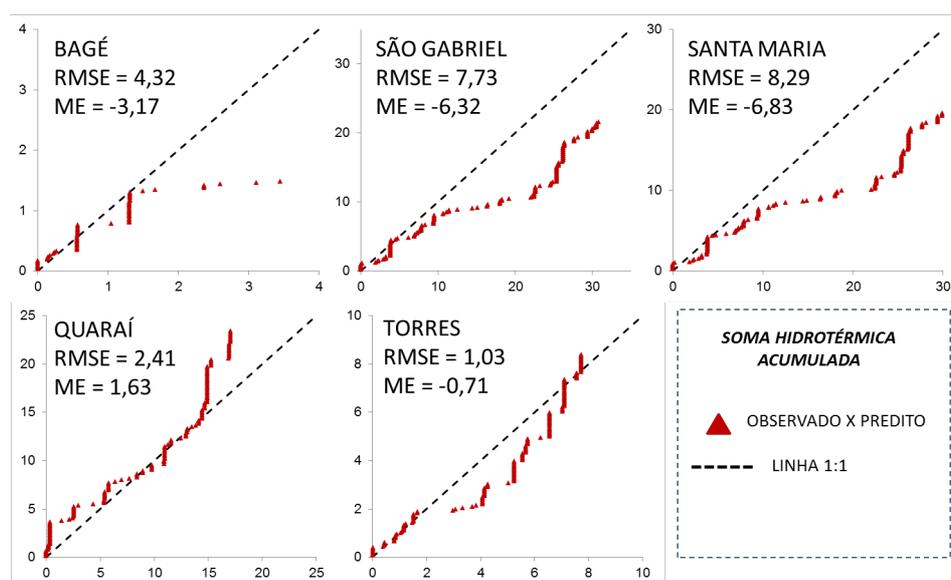


Figura 2: Linha 1:1 para os resultados de soma hidrotérmica acumulada com dados observados e preditos.

Os resultados comparativos de soma hidrotérmica acumulada para os dados observados e preditos apresentam valores de RMSE baixos no município de Torres e Quaraí (1,03 e 2,41) quando comparados com São Gabriel e Santa Maria (7,73 e 8,29), enquanto que para o município de Bagé, o RMSE pode ser considerado intermediário (4,32).

Os gráficos de linha 1:1 acima demonstram os resultados da predição de soma hidrotérmica acumulada para todos os locais avaliados, onde foi observado um desempenho superior para os dados provenientes da estação meteorológica de Torres, seguido por Quaraí.

O padrão não linear dos dados de soma hidrotérmica em algumas regiões pode ser uma das razões para a variabilidade da acurácia da predição do modelo. Dados climáticos geralmente contêm informações lineares e não lineares. O modelo ARIMA apenas analisa a parte linear do conjunto de dados. Para superar esse defeito inerente ao modelo ARIMA, um modelo de inteligência artificial que tenha capacidade de ajuste flexível e não linear, pode ser utilizado para complementar o modelo ARIMA (WEI et al 2016).

## CONCLUSÃO

Com base nas predições realizadas no estudo, concluímos que a acurácia da variabilidade anual e regional da soma hidrotérmica acumulada na safra 2020/2021 foram bem sucedidas com o modelo ARIMA. Deste modo, há um indicativo da viabilidade do uso da predição de soma hidrotérmica para avaliação do risco anual da ocorrência de brusone em arroz irrigado. É importante destacar que o aprimoramento do modelo ARIMA a partir da adaptação híbrida de inteligência artificial sugere uma maior eficiência da predição da soma hidrotérmica interanual.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREGAGLIO, S., DONATELLI, M. (2015). A set of software components for the simulation of plant airborne diseases. *Environmental Modelling & Software*, 72, 426-444.

DIMRI, T., AHMAD, S., SHARIF, M. (2020). Time series analysis of climate variables using seasonal ARIMA approach. *Journal of Earth System Science* 129, 149 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12040-020-01408-x>

MEUS, L. D., et al., (2020). *Ecofisiologia do arroz visando altas produtividades*. Santa Maria:

SCHEUERMANN, K.K., NESI, C.N. (2021). Chemical control of blast and brown spot in irrigated rice crop. *Summa Phytopathologica*, v. 47, p. 168-172,

SILVA, M.R, STRECK, N.A., YANG, H., OGOSHI, C., DRESSLER, I.F., ROSSATO, I.G., PEREIRA, V.F., MEUS, L.D., ZANON, A.J. (2021) Using hydro-thermal time for assessing rice blast risk in subtropical Brazil. *Agronomy Journal*, [S. l.], p. 2, 12

WEI, W., JIANG, J., LIANG, H., GAO, L., LIANG, B., HUANG, J., ZANG, N., LIAO, Y., YU, J., LAI, J., QIN, F., SU, J., YE, L, CHEN, H. (2016). Application of a Combined Model with Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) and Generalized Regression Neural Network (GRNN) in Forecasting Hepatitis Incidence in Heng County, China. *PLOS one*, [S. l.], p. 3, 3 jun. 2016.