

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO (UFES)

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL (PPGEA)

MICHEL TRARBACH BLEIDORN

**ESTUDO COMPARATIVO DAS METODOLOGIAS BOX E JENKINS E
ANÁLISE ESPECTRAL SINGULAR PARA PREVISÃO DE VAZÕES
MÉDIAS MENSAIS**

VITÓRIA

2023

MICHEL TRARBACH BLEIDORN

**ESTUDO COMPARATIVO DAS METODOLOGIAS BOX E JENKINS E
ANÁLISE ESPECTRAL SINGULAR PARA PREVISÃO DE VAZÕES
MÉDIAS MENSAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Antonio Sergio Ferreira Mendonça

VITÓRIA

2023

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

B646e Bleidorn, Michel Trarbach, 1994-
Estudo comparativo das metodologias Box e Jenkins e Análise Espectral Singular para previsão de vazões médias mensais / Michel Trarbach Bleidorn. - 2023.
138 f. : il.

Orientador: Antonio Sérgio Ferreira Mendonça.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Previsão Hidrológica. 2. Vazões Naturais. 3. Modelos Matemáticos. I. Mendonça, Antonio Sérgio Ferreira. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

MICHEL TRARBACH BLEIDORN

**ESTUDO COMPARATIVO DAS METODOLOGIAS BOX E JENKINS E
ANÁLISE ESPECTRAL SINGULAR PARA PREVISÃO DE VAZÕES
MÉDIAS MENSAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada em

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Sergio Ferreira Mendonça
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Dr. José Antonio Tosta dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador Interno

Prof. Dr. Gutemberg Hespanha Brasil
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador Interno

Prof. Dr. Wanderson de Paula Pinto
Faculdade da Região Serrana
Examinador Externo

Aos meus pais, Jaime e Diuza, razão do meu existir.

Ao meu querido irmão, Alex.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, sem Ele nada seria possível.

Aos meus pais, Jaime Bleidorn e Diuza Luzia Trarbach Bleidorn que tanto fizeram por mim e meu irmão, contribuindo para a nossa formação como cidadãos.

Ao amor da minha vida, Isamara Maria Schmidt por tudo que tens feito, pela inspiração, paciência, dedicação, carinho, cuidado e respeito. Faltam adjetivos para expressar tudo que você representa para mim. Obrigado por tudo!

Aos meus primos Luiz Carlos Bleidorn (*in memorian*), Simão Bleidorn, Wellington Bleidorn e ao meu irmão Alex Trarbach Bleidorn por serem fontes de inspiração. A expectativa por um futuro melhor foi fundamental para superar muitos paradigmas. Ao meu primo José Carlos Bleidorn pela preocupação com meus estudos. Aos meus padrinhos de estudo, Antônio Laurett e Almira Zaager Laurett por terem viabilizado meu caminho acadêmico.

Aos amigos, representados por Loécio, Diogo e José Matias. Aos queridos Marcos e Edilene que fizeram meus dias mais descontraídos. Aos professores e profissionais que contribuíram para a minha formação ao longo desses anos, representados por Edilson, Claudinei, Dalmácio e Sueli.

Ao Professor Msc. Maycon Patrício de Hollanda por ter sido o meu primeiro orientador de pesquisa. Ao Professor Dr. Wanderson de Paula Pinto por todas orientações, conselhos, contribuições, referência e inspiração. Ao Professor Dr. Edmilson Costa Teixeira e Gutemberg Hespanha Brasil pelos ensinamentos compartilhados.

Ao meu orientador, Professor Dr. Antonio Sergio Ferreira Mendonça e, de igual forma, ao Professor Dr. Jose Antônio Tosta dos Reis pelo acolhimento, orientação, paciência, conselhos e oportunidade confiada a mim. Ainda não tenho dimensão do que mais aprendi com vocês: ciência ou todos adjetivos que caracterizam uma pessoa do bem.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e todos seus colaboradores. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo. Aos professores que compuseram a banca de avaliação e contribuíram com a melhora do trabalho.

“Imagine uma nova história para sua vida e acredite nela.”

Paulo Coelho

RESUMO

Previsão de vazões é um dos maiores desafios da hidrologia. Da perspectiva de gerenciamento dos recursos hídricos, a previsão de vazões apresenta fundamental importância. O prognóstico de descargas líquidas pode auxiliar a tomada de decisão sobre a operação de reservatórios de geração de energia hidrelétrica e o gerenciamento dos usos múltiplos da água, fornecer informações que permitem computação de balanços entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, permitindo o contorno de potenciais conflitos de uso d'água e a indicação de metas de racionalização de uso. Vários métodos de previsão foram desenvolvidos e empregados ao longo do tempo. Dentre eles, destaca-se o proposto pelos estatísticos Box e Jenkins que, na década de 70, desenvolveram a classe de modelos Autorregressivo e de Médias Móveis (ARMA). Um dos mais empregados na modelagem de vazões de rios é o Autorregressivo Integrado e de Médias Móveis Sazonal (SARIMA) que incorpora a sazonalidade e a diferenciação para contorno da não-estacionariedade. O requerimento de suposições aos dados e aos resíduos, como normalidade, que em muitas vezes se torna necessário o uso de transformações matemáticas, dificultam o seu emprego. Em contrapartida, métodos que não requerem suposições distributivas aos dados ganharam destaque nas últimas décadas, como a Análise Espectral Singular (SSA). A SSA é considerada uma ferramenta poderosa de análise de séries temporais com o seu desenvolvimento atribuído aos autores Broomhead & King na década de 80. Apesar do potencial da técnica, poucas aplicações são observadas na literatura específica de previsão de vazões de rios. Diante disso, o estudo em questão objetivou avaliar o desempenho de modelos de séries temporais SARIMA e da técnica SSA na previsão de vazões, em uma aplicação holística para diferentes séries fluviométricas de rios do Brasil. Com base nos indicadores de desempenho utilizados no estudo (Viés, Raiz do Erro Quadrático Médio, Erro Absoluto Médio, Coeficiente de Nash e Sutcliffe, Índice de Concordância e Correlação de *Pearson*) e da Diferença Relativa Percentual desses indicadores, foi verificado na etapa de previsão, a superioridade da técnica SSA em relação aos modelos SARIMA. As constatações encontradas nesse estudo permitem inferir que, a SSA pode ser uma ferramenta útil para auxiliar a gestão de recursos hídricos.

Palavras-chave: Previsão de vazões; Box e Jenkins; Análise Espectral Singular.

ABSTRACT

Flow forecasting is one of the biggest challenges in hydrology. From the water resources management perspective, flow forecasting is of fundamental importance. The prognosis of liquid discharges can help decision-making about the hydroelectric power generation reservoirs operation and the water multiple uses management, providing information that allows balances computation between availability and future demands of water resources, allowing the contour of potential water use conflicts and the indication of rational use goals. Various forecasting methods have been developed and employed over time. Among them, the one proposed by the statisticians Box and Jenkins stands out, who, in the 1970s, developed the Autoregressive and Moving Averages (ARMA) class of models. One of the most employed in river flow modeling is the Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average model (SARIMA) which incorporates seasonality and differentiation to outline non-stationarity. The requirement of assumptions to data and residuals, such as normality, which often makes it necessary to use mathematical transformations, makes its use difficult. On the other hand, methods that do not require distributive assumptions to the data have gained prominence in recent decades, such as Singular Spectral Analysis (SSA). SSA is considered a powerful tool for time series analysis, with its development attributed to the authors Broomhead & King in the 1980s. Despite the technique potential, few applications are observed in the specific literature on forecasting river flows. Therefore, the present study aimed to evaluate the performance of SARIMA time series models and the SSA technique in forecasting flows, in a holistic application for different rivers fluvio-metric series in Brazil. Based on the performance indicators used in the study (Bias, Mean Squared Error, Mean Absolute Error, Nash and Sutcliffe Coefficients, Pearson Concordance and Correlation Index) and the Relative Percentage Difference of these indicators, it was verified at forecast stage, the superiority of SSA technique in relation to the SARIMA models. The study findings allow inferring that the SSA can be a useful tool to assist in the water resources management.

Keywords: Flow forecast; Box and Jenkins; Singular Spectral Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da metodologia Box e Jenkins.....	32
Figura 2 - Etapas da metodologia SSA.....	35
Figura 3 - Espacialização das estações de monitoramento selecionadas.....	42
Figura 4 - Séries temporais estudadas	45
Figura 5 - Vazões médias mensais para as séries fluviométricas estudadas	48
Figura 5 - Vazões médias mensais para as séries fluviométricas estudadas	49
Figura 6 - Histogramas das séries estudadas	51
Figura 7 - Histograma dos resíduos.....	56
Figura 8 - Correlogramas (ACF e PACF) dos resíduos	57
Figura 9 - Decomposição das séries	60
Figura 10 - Pares de Autovetores	64
Figura 11 - Matriz de correlação ponderada dos 52 primeiros autovetores	66
Figura 12 - Ajuste dos modelos SARIMA (em vermelho) aos dados observados (em preto) das estações estudadas.....	69
Figura 13 - Ajuste das séries reconstruídas pela SSA (em vermelho) aos dados observados (em preto) das estações estudadas	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais transformações em séries temporais.....	27
Tabela 2 - Fórmulas dos índices de desempenho	39
Tabela 3 - Características das estações fluviométricas selecionadas (Parte 1).....	41
Tabela 4 - Características das estações fluviométricas selecionadas (Parte 2).....	42
Tabela 5 - Medidas descritivas das estações fluviométricas selecionadas	45
Tabela 6 - Estatísticas dos modelos.....	53
Tabela 7 - Testes de normalidade e autocorrelação dos resíduos.....	55
Tabela 8 - Comprimento de L	59
Tabela 9 - Autovetores (Autotriplas) significativas e usadas para reconstrução.....	68
Tabela 10 - Indicadores de desempenho de ajuste dos modelos SARIMA e da técnica SSA das séries estudadas	74
Tabela 11 - Indicadores de desempenho de previsão dos modelos SARIMA e da técnica SSA das séries estudadas	75
Tabela 12 - Diferença relativa percentual dos indicadores de desempenho entre os modelos SARIMA e a técnica SSA para a etapa de previsão	76
Tabela 13 - Vantagens e desvantagens das abordagens SSA e SARIMA.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

ACF	Função de Autocorrelação
AIC	Critérios de informação de Akaike
AICC	Critério de informação de Akaike Corrigido
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANN-PSO	Abordagem de Otimização de Enxame de Partículas de Rede Neural Artificial
ARMA	Autorregressivos de Médias Móveis
ARIMA	Autorregressivos Integrado de Médias Móveis
BIC	Critério de informação Bayesiano
EAM	Erro Absoluto Médio
EMR	Erro Médio Relativo
EQM	Erro Quadrático Médio
GARCH	Generalizados Autorregressivos de Heterocedasticidade Condicional
HIDROWEB	Sistema de Informações Hidrológicas
KPSS	Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin
LBQ	Ljung-Box-Pierce
LS-SVR	Regressão Vetorial de Suporte de Mínimos Quadrados
MAPE	Porcentagem do Erro Quadrático Médio
NSE	Nash-Sutcliffe
PACF	Função de Autocorrelação Parcial
PAR	Periódico Autorregressivo
PARMA	Periódico Autorregressivo de Médias Móveis
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RACF	Função de Autocorrelação Residual
RPACF	Função de Autocorrelação Parcial Residual
RB	Ruído branco
REQM	Raiz do Erro Quadrático Médio
RF	Floresta Aleatória
RNA	Rede Neural Artificial
SARIMA	Autorregressivos Integrados de Médias Móveis Sazonal
SEQM	Soma dos Erros Quadráticos Médios
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SPI	Índice Padronizado de Precipitações
SSA	<i>Singular Spectral Analysis</i>
SVD	Decomposição de Valor Singular
SVR	Regressão Vetorial de Suporte

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
3.1 SÉRIE TEMPORAL	21
3.2 IMPORTÂNCIA DA PREVISÃO DE VAZÕES	22
3.3 APLICAÇÃO DE MODELOS BOX E JENKINS EM VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS.....	23
3.4 LIMITAÇÕES DOS MODELOS BOX E JENKINS.....	26
3.5 APLICAÇÃO DA TÉCNICA ANÁLISE ESPECTRAL SINGULAR (SSA) EM VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS	27
4 METODOLOGIA	31
4.1 MODELO SARIMA	31
4.1.1 Metodologia BOX & JENKINS	32
4.1.2 Semi-automatização da escolha do modelo.....	33
4.2 ANÁLISE ESPECTRAL SINGULAR.....	34
4.3 INDICADORES DE DESEMPENHO	38

4.4 DADOS	41
4.5 RECURSOS COMPUTACIONAIS	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 SARIMA	44
5.1.1 Identificação.....	44
5.1.2 Estimação	53
5.1.3 Diagnóstico.....	55
5.2 SSA	59
5.2.1 Decomposição da série original.....	59
5.2.2 Separação do sinal e ruído.....	66
5.2.3 Reconstrução da série	68
5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS PARA PREVISÃO	69
5.3.1 Análise visual das séries ajustadas e reconstruídas	69
5.3.2 Desempenho de ajuste.....	73
5.3.3 Desempenho de previsão.....	74
5.3.4 Diferença relativa percentual da previsão	76
5.4 DIFERENCIAÇÃO ENTRE AS ABORDAGENS SSA E SARIMA	77
5.5 ESTUDOS COMPARATIVOS DAS ABORDAGENS SSA E BOX E JENKINS.....	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	84

REFERÊNCIAS	86
APÊNDICES.....	96
APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DA SEMIAUTOMATIZAÇÃO DA ESCOLHA DO MODELO	96
ANEXOS	97
ANEXO A – SÉRIES TEMPORAIS ESTUDADAS.....	97

1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil, instituída pela Lei 9.433 de 1997, trouxe alguns aspectos inovadores de relevância para a gestão dos recursos hídricos. A definição da bacia hidrográfica como unidade planejadora exemplifica seu avanço estratégico, permitindo uma gestão adaptativa (BRASIL, 1997). Além disso, o emprego de instrumentos auxiliares contribui para o seu bom desempenho.

Dentre os instrumentos, a previsão de vazões de rios tem um papel fundamental em muitas aplicações práticas, incluindo a alocação de água disponível para a agricultura, geração de energia hidrelétrica, planejamento de navegação, avaliação de risco associados a secas e inundações (KHATIBI et al., 2012; ZHANG et al., 2015) e planejamento de infraestruturas hídricas, como sistemas de abastecimento de água municipal (ZUBAIDI et al., 2018). Portanto, a previsão de vazões auxilia na tomada de decisão (ZHANG et al., 2017), considerado como um instrumento essencial no suporte ao gerenciamento e controle dos recursos hídricos (BAYDAROĞLU et al., 2018), com benefícios significativos para muitos setores da economia e da sociedade, inclusive para gestão de riscos e diminuição de perdas de vidas humanas (CHEN et al., 2021). Sua importância é ainda maior em regiões que possuem um clima geopolítico muito sensível em torno deste valioso recurso (APAYDIN et al., 2021) e ao agravamento causado pelo risco das mudanças climáticas (ZUBAIDI et al., 2018), evidenciado pelo Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2017).

Conforme Apaydin et al. (2021), existem basicamente três metodologias aplicadas à previsão, classificadas em: físicas; conceituais; e, baseadas em dados. As duas primeiras são de difícil emprego, devido ao requerimento de variáveis complexas e de obtenção onerosa (ZHANG et al., 2015), principalmente as associadas à caracterização fisiográfica de bacias hidrográficas e de forçantes atmosféricas (PRASAD et al., 2017) que levam a suposições e erros indesejáveis (MOSAVI et al., 2018). Nesse contexto, estudos baseados em dados ganharam espaço, principalmente, pela facilidade de incorporação e obtenção dos dados (ZHANG et al., 2015).

Dentre as metodologias disponíveis, os modelos de séries temporais decorrentes da classe de modelos Autorregressivos de Médias Móveis (ARMA), proposto pelos estatísticos Box e Jenkins na década de 1970, apresentam destaque mundial (FERNÁNDEZ et al., 2009). Os modelos da classe ARMA possuem vantagens por considerar a correlação serial entre as observações e por serem métodos sistemáticos alicerçados em um processo iterativo,

baseado em quatro estágios: identificação do modelo, estimativa dos parâmetros, diagnóstico dos resíduos e previsão.

Baseando-se em sua abordagem, outros modelos foram desenvolvidos e aplicados na área de hidrologia, como Autorregressivos Integrados de Médias Móveis Sazonal (SARIMA), Periódico Autorregressivo (PAR), Periódico Autorregressivo de Médias Móveis (PARMA) e os que usam variáveis exógenas (ARIMAX, SARIMAX, PARMAX). Esses modelos foram usados para prever vazões de rios em diferentes locais do mundo (REISEN et al., 2008; FERNÁNDEZ et al., 2009; ABUDU et al., 2010; BAYER et al., 2012; JALALKAMALI et al., 2014; URSU e PEREAU, 2016; XIE et al., 2016; YEH e HSU, 2019).

Marques et al. (2006) relatam que, para um modelo da classe ARMA ser considerado apropriado, é essencial que os dados possuam uma estrutura estacionária, ou seja, com propriedades estatísticas invariáveis no tempo. No entanto, vazões de rios apresentam um caráter dinâmico nas escalas de tempo e espaço, consequência da complexa interação dos fatores bióticos e abióticos de uma bacia hidrográfica. Devido a isso, os dados de vazões de rios possuem uma estrutura não linear e estocástica que torna a previsão precisa pelos modelos clássicos de séries temporais difícil (COULIBALY e BALDWIN, 2005; AMENDOLA et al., 2006; KOMORNÍK et al., 2006; WANG, 2006; ZHANG et al., 2011; MODARRES e OUARDA, 2013; APAYDIN et al., 2021).

Para contornar tal situação é necessário o tratamento dos dados, sendo recorrente a aplicação de transformações matemáticas e aplicação de diferenciações nas séries temporais (WEI, 2006). Esses esforços aproximam os dados à distribuição normal, simétricos e constantes com o tempo (JIANG et al., 2021), ou seja, estacionários (MACHIWAL e JHA, 2012). Os autores Ebtehaj et al. (2020) resumem as principais transformações aplicadas, destacando-se a diferenciação, padronização e logaritmo natural. Adicionalmente, Xie et al. (2016) afirmam que é comum estudos aceitarem a hipótese de que os resíduos dos modelos possuem distribuição normal, o que não é correto porque, na prática, os resíduos não são constantes.

Esses fatores resultaram em esforços que culminaram no desenvolvimento de modelos híbridos de séries temporais, permitindo modelar os componentes lineares e não lineares da estrutura dos dados, tomando-se, como exemplo, os Modelos Generalizados Autorregressivos de Heterocedasticidade Condicional (GARCH) que foram aplicados na previsão de variáveis

hidrológicas (WANG et al., 2005; MODARRES e OUARDA, 2013; XIE et al., 2016; PANDEY et al., 2019). Além disso, metodologias que não requerem suposições estatísticas ganharam destaque nas últimas décadas, como as abordagens *Wavelet*, Inteligência Artificial e Análise Espectral Singular.

A Análise Espectral Singular, do acrônimo inglês *Singular Spectral Analysis* (SSA) foi introduzida por Broomhead e King (1986). Considerada uma técnica poderosa para análise de séries temporais, ela incorpora os elementos de estatística multivariada, análise de série temporal clássica, geometria multivariada, sistemas dinâmicos e processamento de sinal (GOLYANDINA e ZHIGLJAVSKY, 2013). Os problemas relacionados às suposições estruturais e distributivas restritivas não estão presentes no SSA devido ao fato da técnica não depender de nenhum modelo paramétrico para a componente tendência e suposições estatísticas relativas a sinal ou ruído durante a realização da análise (MARQUES et al., 2006; GOLYANDINA e ZHIGLJAVSKY, 2013).

Apesar do interesse crescente na aplicação dessa técnica, o seu emprego em hidrologia está limitado a decomposição de séries históricas para extrair informações de periodicidade, sazonalidade, tendência e ruído (DESTRO et al., 2012), sendo, muitas vezes, uma ferramenta de pré-processamento dos dados, aplicada para o aprimoramento do desempenho dos modelos clássicos de séries temporais (WU et al., 2009; ZHANG et al., 2011; WANG et al., 2013). Na literatura atual, há limitados registros do seu emprego em previsões de vazões de rios. Além disso, sua comparação com as abordagens clássicas de séries temporais se torna fundamental para o estabelecimento de avanços quanto a qualidade de previsões. Diante do exposto, as seguintes questões fundamentais são exploradas nesse trabalho:

- 1) A aplicação da SSA pode fornecer solução útil na previsão de vazões de rios? e,
- 2) O desempenho dessa metodologia produz resultados mais próximos aos dados observados na realidade se comparado aos correspondentes modelos SARIMA?

Com base nas questões discutidas acima, a principal contribuição dessa dissertação refere-se ao estabelecimento, por meio de uma aplicação holística a dados reais de vazões de rios brasileiros, do método que apresente melhor desempenho de previsão, uma vez que, estudos que comparam tais metodologias são primordiais, os quais constituem em avanços significativos pela busca de previsões mais precisas.

Diante do apresentado, a presente dissertação está estruturada da seguinte forma: além da introdução, o Capítulo 2 apresenta os objetivos da pesquisa. O capítulo 3, compreende a revisão de literatura. No capítulo 4 é apresentada a metodologia. No Capítulo 5, os resultados e discussão são apresentados. O Capítulo 6 destina-se às considerações finais. O Capítulo 7 apresenta as referências usadas. No Capítulo 8 apresenta-se a programação da semi-automatização da escolha dos modelos SARIMA e, por último, no Capítulo 9, é disposto na íntegra as séries históricas de vazões médias mensais estudadas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar, comparativamente, o desempenho de modelos de séries temporais SARIMA e da técnica SSA na previsão de vazões médias mensais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Utilizar diferentes séries temporais para avaliação das abordagens metodológicas.
- Analisar a influência da localização e dos tamanhos das áreas de drenagem relativas às séries fluviométricas nos desempenhos das metodologias de previsão consideradas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado a revisão da literatura sobre os principais temas abordados nessa dissertação. Inicialmente, destaque breve é dado a série temporal, com ênfase em seus componentes (seção 3.1). Em seguida (seção 3.2), discute-se como a previsão de vazões é importante na gestão de recursos hídricos. Na seção 3.3, são apresentados estudos de aplicações da metodologia Box e Jenkins em dados hidrológicos. Na seção 3.4, abordam-se as limitações da referida metodologia. Por fim, a seção 3.5 apresenta estudos da aplicação da técnica SSA em variáveis hidrológicas.

3.1 SÉRIE TEMPORAL

Ao monitoramento de qualquer fenômeno aleatório consistido de intervalos de tempo regular, dá-se o nome de série temporal (BAYER et al., 2012; PINTO et al., 2018). Baseando-se em Machiwal e Jha (2012), os objetivos da análise de séries temporais são:

- a) investigar o mecanismo gerador da série temporal;
- b) fazer previsões de valores futuros, a curto ou longo prazo, com base em valores passados;
- c) descrever apenas o comportamento da série, o padrão de tendência, existência de variação sazonal, observações discrepantes (*outliers*); e,
- d) procurar periodicidade relevante nos dados.

Uma série temporal é constituída por um aditivo de componentes, denominados como tendência, sazonalidade, ciclo e ruído. A Equação 1 apresenta os componentes de uma série temporal (S_t).

$$S_t = S_T + S_S + S_C + \varepsilon_t \quad (1)$$

em que, S_T representa a tendência, S_S representa a sazonalidade, S_C representa o ciclo e ε_t o ruído (também denominado como componente estocástico).

Baseando-se em Morettin e Tolo (2006) e Komorník et al. (2006), detalha-se os componentes como:

- a) componente tendência: componente de longo prazo que representa o crescimento, declínio ou estabilidade em uma série temporal pelo qual se identifica a velocidade com que essas mudanças acontecem;
- b) componente sazonal: um padrão cíclico de mudança nos dados que se repete de ano para ano (intra-anual). Os fenômenos sazonais estão associados, por exemplo, às estações do ano;
- c) componente periódico: flutuação ondulatória em torno da tendência (inter-anual). Os fenômenos *El Niño* e *La Niña*, tipicamente, apresentam ocorrências superiores de repetição (acima de um ano); e,
- d) componente ruído: os resíduos dos valores após a remoção dos outros componentes, caracterizados por movimentos ascendentes ou descendentes, de grande instabilidade e aleatórios.

3.2 IMPORTÂNCIA DA PREVISÃO DE VAZÕES

Uma série temporal de vazões apresenta informações históricas que, por meio de modelagens, permite a realização de previsões. As vazões, por sua vez, são classificadas conforme sua magnitude, sendo caracterizadas em mínimas, médias e máximas. As duas primeiras são importantes para a disponibilidade hídrica, análises de outorga de direito de uso e na delimitação de vazões ecológicas (OLIVEIRA, 2013). Por sua vez, a última é empregada, principalmente, para subsidiar alerta e atenuação de prejuízos sociais e econômicos (KARTAL et al., 2020).

Da perspectiva de gerenciamento dos recursos hídricos, a previsão de vazões possui notória importância. A partir do conhecimento dos valores futuros, é possível auxiliar a tomada de decisão sobre a operação de reservatórios de geração de energia hidrelétrica, gerenciar os usos múltiplos da água, apresentar informações que computem o balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, antecipar e contornar potenciais conflitos sobre o uso d'água e indicar metas de racionalização de uso. Sua importância é ainda maior em regiões que possuem um clima geopolítico muito sensível em torno deste valioso recurso (APAYDIN et al., 2021) e do agravamento causado pelo risco das mudanças climáticas (ZUBAIDI et al.,

2018), evidenciado pelo Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2017).

3.3 APLICAÇÃO DE MODELOS BOX E JENKINS EM VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

Yurekli et al. (2005) usaram o modelo SARIMA para modelagem de dados históricos de vazões médias mensais de cinco estações de monitoramento de uma bacia hidrográfica localizada na Turquia. A identificação dos modelos foi auxiliada pela Função de Autocorrelação (ACF) e da Função de Autocorrelação Parcial (PACF). Os critérios de informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC) foram utilizados para identificar qual modelo era mais acurado para cada série histórica. Os autores aplicaram testes estatísticos para verificar a estacionariedade da média e da variância entre os dados observados e os previstos pelos modelos. Os resultados mostram que os dados gerados pela previsão preservam as propriedades estatísticas básicas da série original.

Mishra e Desai (2005) aplicaram modelos ARIMA e SARIMA para prever secas por meio do Índice Padronizado de Precipitações (SPI) de uma porção da bacia hidrográfica do rio Kansabati, Índia. Conforme metodologia alicerçada no processo iterativo Box e Jenkins, as etapas de I) identificação; II) estimação dos parâmetros; e, III) verificação de diagnóstico dos modelos foram realizadas como se segue: I) uso da ACF, PACF e dos critérios de informação AIC e BIC; II) uso de indicadores estatísticos (erro padrão, razão- t e p -valor); e, III) uso das ACF e PACF residual, histograma dos resíduos, probabilidade normal dos resíduos, valores plotados dos resíduos *versus* valores previstos, verificação de periodicidade através do periodograma cumulativo e teste de Portmantateu para falta de ajustamento. Os resultados mostram que os modelos ARIMA e SARIMA são adequados para fazer previsões e que, de modo geral, a acurácia é reduzida ao aumentar os meses de previsão, sendo mais precisos para 1-2 meses de antecedência.

Abebe e Foerch (2008) identificaram um modelo estocástico para previsão a curto prazo da gravidade da seca hidrológica na bacia do rio Wabi Shebele, Etiópia. Após a análise realizada através de um algoritmo de Cluster Hierárquico usando o método de Ward, foi possível definir áreas homogêneas na bacia para serem estudadas. Entre as regiões identificadas, duas foram selecionadas: uma na região semiúmida, na porção alta da bacia, e, a outra na porção mais árida. O modelo SARIMA (0,1,1) (0,1,1)₁₂ foi considerado adequado para a etapa de

previsão, baseando-se nos indicadores de informação AIC e BIC, Soma dos Erros Quadráticos Médios (SEQM), Erro Quadrático Médio Percentual (MAPE), razão entre SEQM e número de observações, erro final de previsão de Akaike e critério de informação de Akaike Corrigido (AICC).

Reisen et al. (2008) verificaram o comportamento dos modelos da classe SARIMA em dois cenários: com e sem a presença de observações atípicas (*outliers*) em um estudo de caso com dados de vazão máxima do Rio Jucu, Brasil. A identificação dos modelos foi auxiliada pela análise dos correlogramas (ACF e PACF). Os critérios de AIC e BIC foram utilizados para escolha do modelo e os resíduos comprovaram sua adequacidade. Além da análise visual do modelo ajustado à série sob os dois cenários, o MAPE e o Erro Quadrático Médio (EQM) foram utilizados. Os resultados evidenciaram que a incorporação das observações atípicas permitiu uma melhor representação da dinâmica da série em estudo, ao prever o ciclo anual de picos máximos de vazão, permitindo uma redução de 46% do indicador de qualidade EQM na previsão de doze meses.

Fernández et al. (2009) realizaram a previsão de vazões médias mensais de um rio localizado no noroeste da Espanha, através do uso de modelos ARIMA. A série histórica de vazões compreendeu o período entre janeiro de 1988 e dezembro de 2006. Adicionalmente, foi utilizado o Índice de Martonne, que reflete a razão entre a precipitação média mensal e os valores de temperatura acima de 10 °C como variável exógena. A identificação dos modelos foi feita com o auxílio da ACF e da PACF. O Critério AIC foi usado para selecionar o melhor modelo. Normalidade e homocedasticidade dos resíduos foram verificados através dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Breusch-Pagan, respectivamente. O ajuste dos modelos candidatos foi examinado por meio da correlação entre as séries observadas e previstas, coeficiente de eficiência, REQM, método da soma da classificação de Wilcoxon e, por último, teste não paramétrico para a qualidade dos resultados observados e variações dos valores previstos. Os dados previstos correspondem ao período entre janeiro e dezembro de 2007. Dois cenários de previsão foram examinados: o primeiro, entre janeiro de 2003 a dezembro de 2007 e, o segundo, entre janeiro de 2005 e dezembro de 2007. De forma geral, as qualidades das previsões diminuem quando o espaço de previsão é maior (primeiro cenário). A consideração da variável exógena permitiu o aumento da acurácia da previsão da variável vazão média mensal.

Lucas et al. (2009) usaram duas abordagens de modelagem hidrológica para previsão de vazões médias mensais de sub bacias do rio Xingu, Brasil: modelo hidrológico determinístico mensal e o modelo ARIMA. O modelo hidrológico determinístico aplicado possui uma estrutura simples e apresentou bons resultados, porém mostrou-se muito sensível a eventos extremos de precipitação. O modelo ARIMA conseguiu capturar a dinâmica das séries temporais, apresentando resultados muito satisfatórios na simulação da vazão mensal nas estações da bacia.

Figueiredo e Blando (2014) usaram o modelo SARIMA para modelar e realizar previsões com antecedência de 24 meses para dados de vazões médias mensais monitorados no rio Tapajós, Brasil. Inicialmente, a presença de dados faltantes motivou o seu tratamento por meio do método de Ponderação Regional baseado em Regressão Linear. Os autores analisaram a ACF e a PACF das séries para identificarem o comportamento da série. A seleção dos modelos foi realizada com o auxílio dos critérios de informação AIC, BIC e AICC. Para examinarem o ajuste e a validação dos modelos candidatos, os autores utilizaram o Coeficiente de Determinação (R^2), Nash-Sutcliffe (NSE) e REQM. O modelo SARIMA $(1,0,0)(1,1,1)_{12}$ obteve o melhor desempenho para as vazões médias mensais e vazões médias diárias, satisfazendo a não autocorrelação dos resíduos verificados pela análise da ACF e da PACF residual do modelo.

Pinto et al. (2015) utilizaram um modelo da classe ARIMA para estabelecer a modelagem de previsões de vazões médias mensais para os anos 2014 e 2015 do rio Doce, Brasil. O modelo escolhido foi o SARIMA $(1,1,1)(1,1,2)_{12}$, que representou bem a dinâmica da série em estudo e obteve os melhores resultados numéricos nas fases de calibração e validação. Com as previsões, foi possível sugerir medidas mitigatórias, devido à previsão ter sinalizado vazões críticas para o ano de 2015.

Os autores Ursu e Pereau (2016) desenvolveram um trabalho com séries de vazões fluviométricas do rio Garonne, França, que possuíam dados discrepantes (*outliers*), com duas perspectivas: a) estabelecimento de uma metodologia automática com capacidade de selecionar e estimar modelos autorregressivos periódicos (PAR) por meio de um algoritmo genético; e, b) aplicação de modelos PAR não robusto e robusto, este último, baseado em autocovariâncias residuais. O método foi aplicado às séries de vazões médias mensais e trimestrais para o período de 1959 a 2010. A precisão da previsão dos modelos foi avaliada com as seguintes medidas de qualidade: REQM, EAM, MAPE, índice relativo de

concordância (d), R^2 e NSE. Os resultados mostraram que a precisão das previsões é superior pelo modelo robusto em relação ao modelo não robusto, para os dados trimestrais. Este comportamento, no entanto, não foi verificado para os dados mensais, pois, de acordo com os autores, estes apresentavam uma quantidade menor de observações discrepantes.

Yeh e Hsu (2019) utilizaram modelos SARIMA para previsão da seca em sete bacias hidrográficas de Taiwan, com o uso da variável SPI. Dados compreendidos durante 1967 a 2006 foram usados para o estabelecimento dos modelos, que seguiu as seguintes etapas: I) identificação; II) estimativa dos parâmetros; e, III) diagnóstico. Na primeira etapa, os autores extraíram informações das séries em estudo através da análise da ACF e da PACF, testaram a hipótese de estacionariedade por meio da aplicação do teste de Kwiatkowski, Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS) e escolheram os modelos com os melhores ajustes através dos Critérios AIC e BIC. Na segunda etapa, os parâmetros foram estimados e suas significâncias comprovadas através de indicadores estatísticos: erro padrão, estatística-*t* e *p*-valor. Por fim, a última etapa empregou a análise da ACF e da PACF dos resíduos e do teste Ljung-Box-Pierce (LBQ). Adicionalmente, os autores utilizaram dados de 2007 e 2017 para validação dos modelos, utilizando-se dos indicadores de desempenho: R^2 , REQM e EAM. Os modelos ajustados foram utilizados na previsão de 2019 a 2022. Os resultados evidenciaram o bom ajuste dos modelos, perfazendo as condições de ruído branco e alcance de valores de R^2 superiores a 0,80.

3.4 LIMITAÇÕES DOS MODELOS BOX E JENKINS

As abordagens baseadas na metodologia Box e Jenkins requerem suposições de normalidade e a não autocorrelação dos resíduos do modelo, dificilmente alcançadas devido à complexidade não linear dos rios, decorrentes das interações bióticas e abióticas das bacias hidrográficas (ŞENGÜL e CAN, 2011; XIE et al., 2016; ZHU et al., 2016; BAYDAROĞLU et al., 2018). Devido a isso, transformações são frequentemente aplicadas em dados hidrológicos. Esses esforços são necessários para tornar as séries estacionárias. Baseando-se em Ebtehaj et al. (2020) e Petropoulos et al. (2022), a Tabela 1 resume as principais transformações.

Tabela 1 - Principais transformações em séries temporais

Método	Objetivo
Diferenciação	Um dos métodos mais utilizados e diretos para estacionar séries temporais é a diferenciação, que é usada tanto em formas sazonais quanto não sazonais. A diferenciação permite eliminar as correlações em séries temporais que contêm tendências e variações sazonais. A diferenciação torna as séries estacionárias omitindo as mudanças no nível das séries e estacionando-as na média.
Padronização	O uso dessa técnica reduz os saltos em uma série temporal por meio da transformação da série com média zero e desvio padrão igual a 1.
Logaritmo	Uma transformação logarítmica é uma transformação substancial que tem um impacto significativo na distribuição dos dados, que se aproxima da normal.
Box-Cox	Considerada como a transformação mais comum em séries temporais hidrológicas, é uma técnica de transformação de dados útil para estabilizar a variância, aproximando os dados à distribuição normal.

3.5 APLICAÇÃO DA TÉCNICA ANÁLISE ESPECTRAL SINGULAR (SSA) EM VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

De forma alternativa, metodologias que não possuem suposições estatísticas ganharam destaque nas últimas décadas, como as abordagens *Wavelet*, Inteligência Artificial e Análise Espectral Singular. A técnica Análise Espectral Singular, do acrônimo inglês *Singular Spectral Analysis* (SSA) é uma ferramenta poderosa de análise de séries temporais por incorporar os elementos de estatística multivariada, análise de série temporal clássica, geometria multivariada, sistemas dinâmicos e processamento de sinal (GOLYANDINA e ZHIGLJAVSKY, 2013). Os problemas relacionados às suposições estruturais e distributivas restritivas não estão presentes na SSA devido ao fato de a técnica não depender de nenhum modelo paramétrico para o componente tendência e suposições estatísticas relativas a sinal ou ruído durante a realização da análise (MARQUES et al., 2006).

Marques et al. (2006) usaram a SSA para realizar a extração de componentes em três variáveis, dentre elas, vazões, em uma bacia localizada em Portugal. Foi possível verificar a capacidade da SSA de extrair um componente de variação lenta (ou seja, tendência) da série temporal de precipitação, tendência e componentes oscilatórios da série temporal de

escoamento e todo sinal da série temporal temperatura d'água. A SSA também foi capaz de prever com precisão os componentes extraídos dessas séries temporais, com desvio máximo igual a $1 \times 10^7 \text{ m}^3$ (cerca de 10% da amplitude média da série reconstruída) e desvio quadrático médio igual a $0,3 \times 10^7 \text{ m}^3$.

Zhang et al. (2011) comprovou, por meio de um estudo de caso com dados de vazão anual de dois reservatórios na China, a melhora do desempenho de previsão quando considerada a modelagem híbrida da técnica SSA e ARIMA. Neste modelo, as séries temporais de vazão anual são decompostas em várias subséries correspondentes a alguns movimentos tendenciosos e periódicos por meio do emprego da SSA e, posteriormente, cada subsérie é prevista por meio de um modelo ARIMA apropriado. Por último, um procedimento de correção foi conduzido para que a soma dos resultados da predição sobreposta aos resíduos fosse uma série aleatória pura.

Destro et al. (2012) apresentam como o método SSA pode ser utilizado na análise de tendências e efeitos sazonais de séries temporais de vazão média mensal. O método foi aplicado para analisar o comportamento dos valores das vazões médias mensais registradas nas estações fluviométricas Acorizal e Cuiabá, localizadas no rio Cuiabá, Brasil. Os resultados mostraram que o método é capaz de extrair os componentes tendência, harmônicos e ruídos das séries temporais. As séries reconstruídas (apenas com os componentes tendência e harmônicos) reproduziram, satisfatoriamente, o comportamento das séries observadas, observado pelos indicadores EAM e Erro Médio Relativo (EMR).

Baydaroglu et al. (2018) apresentaram uma metodologia de previsão de vazão do rio por meio de modelos híbridos de Regressão Vetorial de Suporte (SVR). O fluxo mensal entre 1940 e 2012 observado para o rio Kızılırmak, Turquia, foi usado para aplicar o método, para realizar previsões durante um período de 3 anos. A matriz de entrada foi produzida por transformadas *Wavelet*, SSA e uma abordagem caótica aplicada à série temporal. Esses três métodos de produção da matriz de entrada para o SVR mostraram-se bem-sucedidos, com valores de coeficiente de determinação e EAM apreciáveis.

Unnikrishnan e Jothiprakash (2018) na busca de previsões precisas, aplicaram a SSA na série temporal diária de precipitação, localizada na bacia Koyna, Índia. Após extração de vários componentes da série temporal de precipitação, como tendência, oscilatório e ruído, os componentes sinal (tendência e oscilatório) e ruído da série foram previstos separadamente e,

após isso, procedeu-se a soma das previsões. Os resultados mostraram que o método SSA permite extrair os componentes de forma eficaz e prever com precisão razoável as séries temporais diárias de precipitação sob períodos mais longos.

Zubaidi et al. (2018) relatam que a qualidade da previsão de demanda d'água é um elemento importante da expansão efetiva e sustentável das infraestruturas hídricas municipais. O estudo propôs uma nova abordagem para quantificar a demanda de água através da avaliação de fatores climáticos, usando uma combinação da técnica de pré-tratamento (SSA) com uma abordagem de Otimização de Enxame de Partículas de Rede Neural Artificial (PSO-ANN). Uma área de captação na Austrália, localizada na cidade de Melbourne, foi usada para avaliar o modelo. A técnica SSA foi adotada para decompor e reconstruir o consumo d'água em relação a seis variáveis meteorológicas, a fim de criar uma série temporal sazonal e estocástica. Os resultados revelaram que a SSA é uma técnica poderosa, capaz de decompor a série original em muitos componentes independentes, como tendência, comportamentos oscilatórios e ruído.

Wang et al. (2019) procederam duplo pré-processamento de dados de vazões dos reservatórios de Caojiahu e Shibalipu na Bacia do rio Gulang, China. O primeiro estágio foi realizado por meio da técnica SSA. O principal interesse foi possibilitar a remoção do ruído dos dados. Os autores destacaram a capacidade da técnica no aumento da eficácia dos modelos propostos para a previsão.

Bojang et al. (2020) examinaram o acoplamento da SSA com Aprendizado de Máquina, Regressão Vetorial de Suporte de Mínimos Quadrados (LS-SVR) e Floresta Aleatória (RF), para previsão mensal de chuva nos reservatórios Deji e Shihmen, Taiwan. Acoplando SSA (como técnica de pré-processamento dos dados) com LS-SVR e RF, os modelos híbridos (SSA-LSSVR e SSA-RF) foram desenvolvidos e comparados com os modelos padrão (LS-SVR e RF). Os modelos propostos foram ajustados e validados com 70% dos dados e 30% dos dados para avaliação das previsões. O desempenho do modelo foi investigado usando duas medidas de precisão, REQM e NSE. Os resultados mostraram que os modelos híbridos conseguiram prever com eficiência as chuvas mensais, porém, os desempenhos dos modelos híbridos variaram em ambas as bacias hidrográficas. Devido a isso, os autores sugerem que o conhecimento prévio sobre o comportamento hidrológico da bacia é útil para implementar o modelo adequado.

Os autores Li et al. (2020) avaliaram modelos híbridos para previsão do nível de água de rios. Como estudo de caso, foram usados dados dos rios Xiangjiang e Yuanjiang, China. Os modelos, Método de Grupo de Tratamento de Dados, RNA, Integração Ponderada baseada em Precisão e Diversidade e algoritmo *Kernel Extreme Learning Machine* foram acoplados à técnica SSA. Os resultados apontaram que a previsão é satisfatória e que a SSA pôde extrair eficientemente o componente principal da série original, que conforme o estudo, refere-se à tendência.

4 METODOLOGIA

Este capítulo está dividido em cinco seções e duas subseções. Na seção 4.1, é apresentada a descrição e formulação do modelo de séries temporais SARIMA e em suas subseções 4.1.1 e 4.1.2, são apresentadas a metodologia de modelagem Box e Jenkins e a semi-automatização do modelo SARIMA, respectivamente. Na seção 4.2, são apresentadas as descrições e formulações da técnica SSA. Na seção 4.3, apresentam-se os indicadores de desempenho usados para avaliação das acurácias das metodologias, para as fases de ajuste e previsão. Na seção 4.4, são apresentadas as séries temporais de vazões médias mensais estudadas e, na seção 4.5, são apresentados os recursos computacionais empregados.

4.1 MODELO SARIMA

De acordo com Bayer et al. (2012) a classe de modelos mais utilizada em análise de séries temporais é a dos modelos ARIMA. Contudo, em estudos de variáveis ambientais é comum encontrar sazonalidade nas séries. Devido a isso, remete-se a necessidade de utilizar modelos que incorporem essa característica, ampliando os modelos ARIMA para os modelos SARIMA. O modelo considerado, nesse caso, é o SARIMA $(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$. Seja, $Z_t = \{Z_t; t \in \mathbb{Z}\}$ um processo linear, com representação dada pela Equação 2:

$$\Phi(B^s)\phi(B)\nabla^d Z_t = \Theta(B^s)\theta(B)\varepsilon_t, \quad (2)$$

em que, s é chamado de período sazonal do processo e $\varepsilon_t \sim RB(0, \sigma_\varepsilon^2)$, no qual $\varepsilon_t \sim RB$ é ruído branco (RB), definido como uma sequência de variáveis aleatórias não-correlacionadas com média zero e variância constante ao longo do tempo (WEI, 2006). O operador ∇^d , em que $\mathbf{d} = (d, D)$ e d, D são números inteiros não negativos e representam o número de diferenças simples e sazonais, respectivamente, aplicadas no processo Z_t , definido pela Equação 3:

$$\nabla^d = (1 - B)^d (1 - B^s)^D. \quad (3)$$

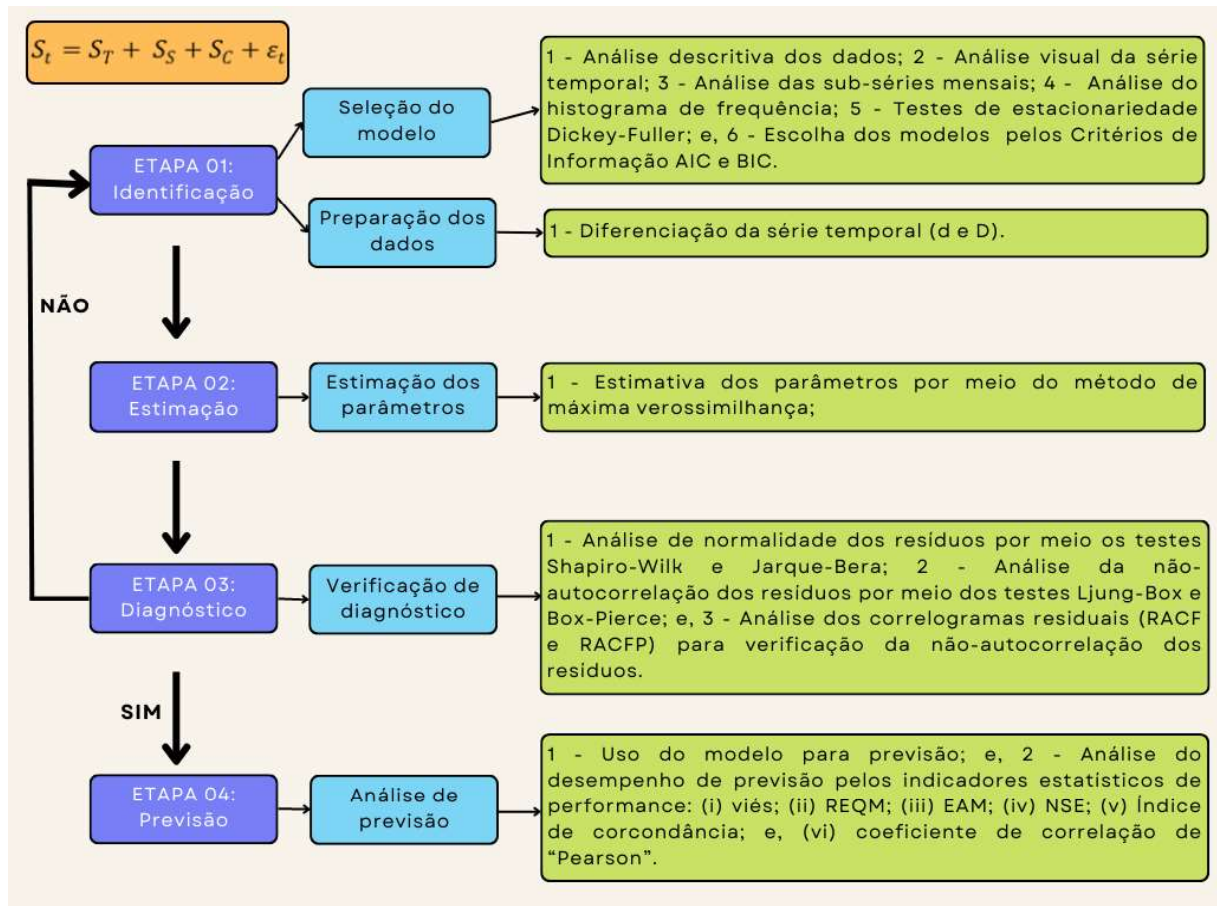
Temos que $\Phi(z^s) = 1 - \sum_{i=1}^P \Phi_i z^{is}$, $\phi(z) = 1 - \sum_{j=1}^p \phi_j z^j$, $\Theta(z^s) = 1 - \sum_{k=1}^Q \theta_k z^{ks}$ e $\theta(z) = 1 - \sum_{l=1}^q \theta_l z^l$ são polinômios de ordem $P, p, Q, q \in \mathbb{N}$, respectivamente, com $z \in \mathbb{C}$, em que \mathbb{C} representa o conjunto de números complexos, \mathbb{N} representa o conjunto dos números

naturais e $\{\Phi_i\}$, $\{\phi_j\}$, $\{\Theta_k\}$, $\{\theta_l\}$, são sequências de números reais. O processo Z_t com representação dada em (3) é denominado *ARIMA* sazonal multiplicativo (*SARIMA*) de ordem $(p, d, q) \times (P, D, Q)_S$.

4.1.1 Metodologia BOX & JENKINS

Para desenvolvimento da modelagem e da previsão por meio do modelo *SARIMA*, seguiu-se a metodologia Box e Jenkins (1976). O processo de construção e de ajuste do modelo proposto está alicerçado em um ciclo iterativo, que consiste nas seguintes etapas: (i) identificação do modelo; (ii) estimação dos parâmetros; (iii) diagnóstico dos resíduos; e, (iv) previsão. As etapas da metodologia Box e Jenkins empregada no presente estudo são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Etapas da metodologia Box e Jenkins



Fonte: Autoria própria (2023).

Identificação do modelo: O primeiro passo para identificação do modelo foi a análise da série de vazões por meio dos seguintes atributos: estatísticas descritivas, série temporal, subséries mensais e histograma de frequência dos dados. Considerando a suposição básica da modelagem estocástica de que a série temporal é estacionária, isto é, existe estabilidade nos índices estatísticos média, variância e covariância ao longo do tempo ou, em outras palavras, ausência de termos determinísticos, faz-se necessário o uso de testes estatísticos que permitam extrair informações das séries temporais a fim de embasar a identificação do modelo (EBTEHAJ et al., 2020). O teste de raiz unitária Dickey-Fuller, (DICKEY e FULLER, 1981) para estacionariedade na média foi utilizado, ao nível de significância de 95%. Quanto a aplicação do teste de estacionariedade na variância, apesar de Box e Cox (1964) apresentarem algumas transformações em função da estimativa do parâmetro λ , não será objeto desse estudo a aplicação de transformações na variância, devido ao fato do estabelecimento de condição equivalente de análise à metodologia SSA.

Estimativa dos parâmetros: Os parâmetros p , P , q e Q foram estimados por meio do método máxima verossimilhança.

Diagnóstico dos resíduos: Essa etapa permitiu verificar se os resíduos dos modelos ajustados estavam adequados. A teoria estatística estabelece suposições básicas das propriedades dos mesmos, tais como, não correlação e normalidade (WEI, 2006). Para tanto, utilizou-se os correlogramas residuais (ACF e PACF), testes Ljung-Box (LJUNG-BOX, 1978) e Box-Pierce (BOX-PIERCE, 1970) para verificar se os resíduos eram não autocorrelacionados e os testes Shapiro-Wilk (SHAPIRO-WILK, 1965) e Jarque-Bera (BERA-JARQUE, 1981) para verificar se os resíduos possuíam uma distribuição normal.

Previsão: Como uma etapa final da modelagem, as precisões das previsões foram avaliadas em relação às medidas de desempenho apresentadas pelas Equações 12 a 17.

4.1.2 Semi-automatização da escolha do modelo

Para remover a subjetividade na escolha dos modelos, procedeu-se a semi-automatização de sua escolha, conforme algoritmo de programação apresentado no Apêndice A. Para tanto, as combinações dos parâmetros definidos em p (Φ), q (Θ), P (ϕ) e Q (θ) = 3 e, d e D = 1 foram consideradas. O estabelecimento dos parâmetros limitados a 3, baseou-se no princípio de

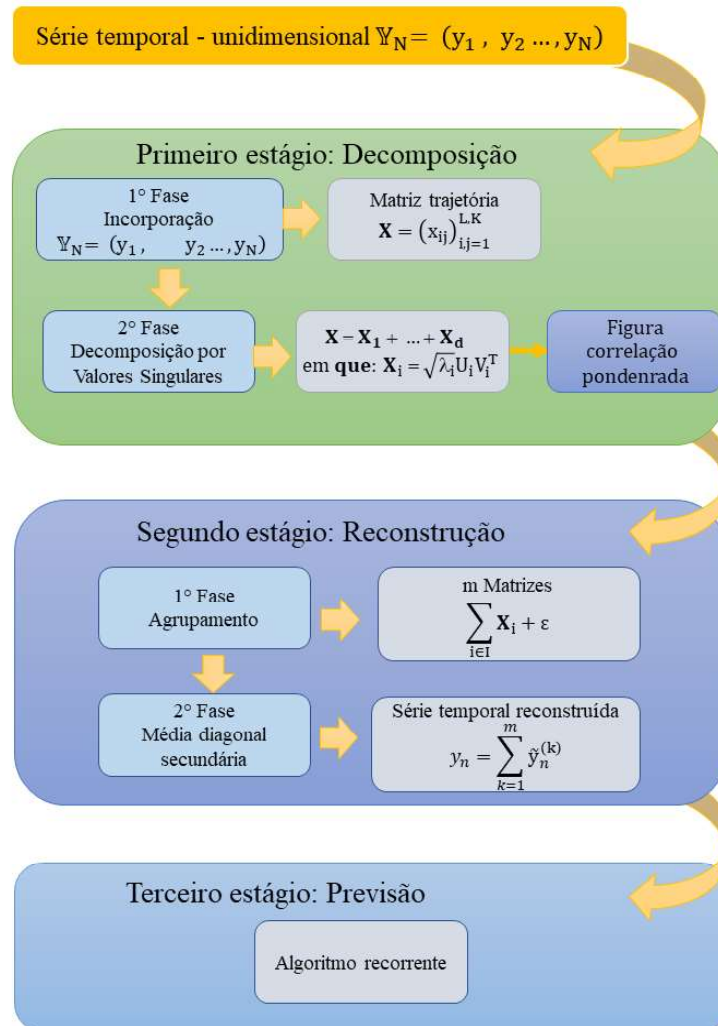
parcimônia (MORETTIN e TOLOI, 2006). Para cada estação, a combinação desses parâmetros resultou em 252 modelos candidatos. Em seguida, os modelos com menores valores do AIC (AKAIKE, 1974) e com parâmetros estatisticamente significativos foram escolhidos. Para isso, os valores de AIC de todos os modelos foram ordenados de forma crescente e cada modelo foi testado com o intuito de verificar a significância dos seus parâmetros ao nível de 99%. Os modelos cujos parâmetros não eram significantes foram descartados e, então, o próximo modelo candidato foi testado. O resultado permitiu a combinação do menor valor do AIC com os parâmetros significantes ao nível estabelecido. Adicionalmente, extraiu-se os valores do BIC (AKAIKE, 1978) de cada modelo.

4.2 ANÁLISE ESPECTRAL SINGULAR

A abordagem livre de modelo SSA (BOJANG et al. 2020), é uma metodologia para analisar séries temporais com sucesso em diferentes campos da ciência (ABREU et al. 2019). O algoritmo SSA decompõe a série temporal original em componentes de ruído, tendência e sazonalidade (ZHANG et al., 2017). A técnica SSA é composta por dois estágios: (a) decomposição e (b) reconstrução. Cada estágio possui duas etapas: A decomposição é composta por (i) incorporação e (ii) decomposição de valor singular (SVD). Já a reconstrução inclui o (i) agrupamento e a (ii) média diagonal. A etapa de previsão é feita por meio do algoritmo recorrente de previsão. A Figura 2 resume as etapas da técnica SSA.

Incorporação: Conforme Golyandina e Zhigljavsky (2013), a incorporação pode ser considerada como uma operação de mapeamento que transfere uma série temporal unidimensional $\mathbb{Y}_N = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ em uma série multidimensional X_1, \dots, X_K de vetores defasados $X_i = (y_i, \dots, y_{i+L-1})^T \in \mathbb{R}^L$ formando $K = N - L + 1$, (com $1 \leq i \leq K$) vetores defasados. O único parâmetro da etapa de incorporação é o comprimento de janela L , um número inteiro tal que $1 < L < N$. A escolha do comprimento da janela é importante, mas o resultado é estável em relação a pequenas mudanças de L . As condições de separabilidade (aproximada) produzem recomendações para a sua escolha: deve ser grande o suficiente ($L \sim \frac{N}{2}$) e, se é desejável extrair um componente periódico com período conhecido, então os comprimentos de janela que são divisíveis pelo período fornecem melhor separabilidade. Golyandina et al. (2001) discutem detalhadamente a escolha do parâmetro L .

Figura 2 - Etapas da metodologia SSA



Fonte: Autoria própria (2023).

Essa etapa resulta em uma matriz trajetória, como expressa pela Equação 4.

$$\mathbf{X} = [X_1, \dots, X_K] = (x_{ij})_{i,j=1}^{L,K} = \begin{bmatrix} y_1 & y_2 & y_3 & \dots & y_K \\ y_2 & y_3 & y_4 & \dots & y_{K+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_L & y_{L+1} & y_{L+2} & \dots & y_N \end{bmatrix} \quad (4)$$

Os vetores defasados X_i são as colunas da matriz trajetória \mathbf{X} . Ambos, linhas e colunas de \mathbf{X} , são subséries da série temporal original \mathbb{Y}_N . A matriz trajetória descrita em (4) é uma matriz especial do tipo Hankel, pois o (i, j) ésimo elemento da matriz \mathbf{X} é $x_{ij} = x_{i+j-1}$, resultando em elementos iguais nas antidiagonais $i + j = \text{const.}$

Decomposição de valor singular: Nesta etapa, é realizada a decomposição em valor singular (SVD) da matriz trajetória \mathbf{X} . Seja \mathbf{S} o produto entre a matriz trajetória \mathbf{X} e a sua transposta \mathbf{X}^T , isto é, $\mathbf{S} = \mathbf{X}\mathbf{X}^T$. Sejam os autovalores de \mathbf{S} denotados por $\lambda_1, \dots, \lambda_L$ dispostos em ordem decrescente de acordo com as suas magnitudes ($\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_L \geq 0$) e U_1, \dots, U_L o sistema ortonormal dos autovetores da matriz \mathbf{S} correspondentes a esses autovalores. O resultado da decomposição em valores singulares da matriz trajetória \mathbf{X} pode ser escrita como:

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_1 + \dots + \mathbf{X}_d \quad (5)$$

em que, $\mathbf{X}_i = \sqrt{\lambda_i} U_i V_i^T$ ($i = 1, \dots, d$), d é a quantidade de autovalores diferentes de zero da matriz \mathbf{S} , e V_1, \dots, V_d são as componentes principais definidas como $V_i = \mathbf{X}^T U_i / \sqrt{\lambda_i}$. A matriz \mathbf{X}_i é de posto unitário (rank-one), recorrentemente, denominada como matriz elementar. A coleção $\sqrt{\lambda_i} U_i V_i$ é denominada i -ésima autotripla da matriz trajetória \mathbf{X} e λ_i é o seu valor singular, ou espectro.

Agrupamento: O procedimento de agrupamento particiona o conjunto de índices $\{1, \dots, d\}$ em m subconjuntos de I_1, \dots, I_m . Fazendo $I = \{i_1, \dots, i_p\}$, então a matriz resultante \mathbf{X}_I correspondente ao grupo I é definida como $\mathbf{X}_I = \mathbf{X}_{i_1} + \dots + \mathbf{X}_{i_p}$. Estas matrizes são calculadas para os grupos $I = I_1 + \dots + I_m$ e a expansão denotada na Equação 5 leva a decomposição mostrada na Equação 6:

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_{I_1} + \dots + \mathbf{X}_{I_m} = \sum_{i \in I} \mathbf{X}_i + \varepsilon \quad (6)$$

O procedimento de escolha do conjunto de $I = I_1, \dots, I_m$ é chamado de agrupamento das autotriplas. Se $m = d$ e $I_j = \{j\}, j = 1, \dots, d$, então o agrupamento correspondente é chamado elementar.

A escolha dos conjuntos I_1, \dots, I_m é a segunda e última decisão necessária para a aplicação do método SSA. Essa escolha é baseada na propriedade denominada separabilidade. A separabilidade entre os conjuntos pode ser mensurada utilizando algum método, como pela análise de componentes principais, análise gráfica de vetores singulares ou agrupamento hierárquico. No presente trabalho, foi usada a correlação ponderada, calculada da seguinte forma: a correlação ponderada (ou comumente chamada de *w-correlation*) mensura a

dependência entre duas subséries $Y_N^{(i)}$ e $Y_N^{(j)}$, expressa pela Equação 7, conforme Golyandina et. al (2001).

$$\rho^{(w)}(Y_N^{(i)}, Y_N^{(j)}) = \frac{(Y_N^{(i)}, Y_N^{(j)})_w}{\left(\sqrt{(Y_N^{(i)}, Y_N^{(i)})_w} \sqrt{(Y_N^{(j)}, Y_N^{(j)})_w}\right)} \quad (7)$$

em que, $(Y_N^{(i)}, Y_N^{(j)})_w = \sum_{p=1}^N w_p y_p^{(i)} y_p^{(j)}$, $(i, j = 1, 2)$. Hassani e Mahmoudvand (2018) retratam que se o valor absoluto da correlação ponderada for pequeno, as séries correspondentes são quase ortogonais; no entanto, se for grande, as duas séries estão longe de serem ortogonais e são denominadas fracamente separáveis.

Média diagonal: A última etapa, denominada como média diagonal, conhecida também como diagonalização, tem o objetivo de transformar cada matriz X_{I_j} decomposta pela Equação 6 em uma nova série de comprimento N. Seja Y uma matriz $L \times K$ com elementos y_{ij} , $1 \leq i \leq L$, $1 \leq j \leq K$. Definindo $L^* = \min(L, K)$, $K^* = \max(L, K)$ e $N = L + K - 1$. Seja $y_{ij}^* = y_{ij}$ se $L < K$ e $y_{ij}^* = y_{ji}$ se $L > K$, fazendo a média diagonal, transferimos a matriz Y nas séries y_1, y_2, \dots, y_N usando a Equação (8):

$$y_k = \begin{cases} \frac{1}{k} \sum_{m=1}^k y_{m, k-m+1}^* & \text{para } 1 \leq k < L^*, \\ \frac{1}{L^*} \sum_{m=1}^{L^*} y_{m, k-m+1}^* & \text{para } L^* \leq k \leq K^*, \\ \frac{1}{N-k+1} \sum_{m=k-K^*+1}^{N-K^*+1} y_{m, k-m+1}^* & \text{para } K^* < k \leq N. \end{cases} \quad (8)$$

Isso corresponde a tomar a média dos elementos da matriz sobre as chamadas antiagonais. A diagonalização (8) aplicada à matriz resultante X_{I_k} produz uma série reconstruída do tipo $\tilde{Y}^{(k)} = (\tilde{y}_1^{(k)}, \dots, \tilde{y}_N^{(k)})$. Dessa forma, a série inicial $Y_N = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ é decomposta em uma soma de m séries reconstruídas, conforme apresentado pela Equação (9).

$$y_n = \sum_{k=1}^m \tilde{y}_n^{(k)}, \quad (n = 1, 2, \dots, N) \quad (9)$$

Se o agrupamento foi sensível suficiente, obtém-se uma decomposição razoável em componentes seriais identificáveis. Resultados comuns da decomposição são sinal mais ruído ou, tendência e sazonalidade mais ruído (GOLYANDINA et al., 2018).

Previsão: Neste trabalho, utilizou-se o algoritmo de previsão recorrente via SSA, conforme descrito por Golyandina et al. (2014). Considerando I como o conjunto de autotriplas escolhidas, $P_i \in \mathbb{R}^L, i \in I$, sejam os autovetores correspondentes, \underline{P}_i é sua primeira $L - 1$ coordenada, π_i é a última coordenada de P_i , $v^2 = \sum_{i \in I} \pi_i^2$, \tilde{Y}_N são as séries reconstruídas através de I . Definindo $R = (a_{L-1}, \dots, a_1)^T$ como

$$R = \frac{1}{1 - v^2} \sum_{i \in I} \pi_i \underline{P}_i \quad (10)$$

Dado o exposto, o algoritmo de previsão recorrente pode ser formulado conforme demonstração a seguir:

1. A série temporal $\mathbb{Y}_{N+M} = (y_1, \dots, y_{N+M})$ é dada por

$$y_i = \begin{cases} \tilde{x}_i & \text{para } i = 1, \dots, N. \\ \sum_{j=1}^{L-1} a_j \hat{y}_{i-j} & \text{para } i = N + 1, \dots, N + M. \end{cases} \quad (11)$$

2. Os números y_{N+1}, \dots, y_{N+M} formam os M termos da previsão recorrente.

Assim, a previsão recorrente é realizada com o uso direto da relação de recorrência linear com coeficientes $\{a_j, j = 1, \dots, L - 1\}$. Para mais detalhes, consultar Golyandina et al. (2014), Golyandina et al. (2018) e Hassani et al. (2009).

4.3 INDICADORES DE DESEMPENHO

Para avaliar o desempenho dos modelos SARIMA e da técnica SSA durante o ajuste e previsão de vazões, várias medidas de qualidade foram aplicadas, conforme descrição a seguir. A formulação matemática dos indicadores de desempenho (ID) é apresentada na Tabela 2, em que: n denota o número dos dados observados, x_i são os dados observados, \tilde{x}_i

são os dados ajustados ou previstos, \bar{x} é a média dos valores observados e \tilde{x} é a média dos dados ajustados ou previstos.

Tabela 2 - Fórmulas dos índices de desempenho

Índice de performance	Fórmula	Equação
Viés	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (x_i - \tilde{x}_i)$	(12)
REQM	$\frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \tilde{x}_i)^2}$	(13)
EAM	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left \frac{x_i - \tilde{x}_i}{x_i} \right \right)$	(14)
NSE	$1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2}$	(15)
r	$\frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(\tilde{x}_i - \tilde{\bar{x}})]}{\sum_{i=1}^n \hat{\sigma}(x_i) \hat{\sigma}(\tilde{x})}$	(16)
d_2	$1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x} + \tilde{x}_i - \tilde{x})} \right]$	(17)

Fonte: Autoria própria (2023).

- Viés: mede a tendência de superestimar ou subestimar a vazão em relação ao observado. Em termos estatísticos, a média dos erros individuais ou viés definido pela Equação 12 é o primeiro momento da distribuição das diferenças. O viés não traz informação a respeito dos erros individuais e, portanto, não pode ser usado como medida de acurácia da simulação. Além disso, apesar de fornecer uma ideia da tendência ou erro sistemático, o viés é afetado pelo fato de que erros individuais positivos e negativos de mesma magnitude se cancelam na somatória, o que geralmente leva à subestimação do erro das simulações.

- Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM): é comumente usada para expressar a acurácia dos resultados numéricos com a vantagem de que apresenta valores do erro nas mesmas dimensões da variável analisada.
- Erro Absoluto Médio (EAM): contorna o problema do Viés, por ser menos afetado por pontos com valores anormalmente extremos, também chamados de *outliers*. O EAM é considerado preciso e robusto como medida da acurácia de modelos.
- Nash e Sutcliffe (NSE): propostos por Nash e Sutcliffe (1970), possui uma faixa de valores de $-\infty$ a 1, em que $NSE = 1$ é ótimo. Se o desempenho estiver abaixo de 0, indica que a média da série temporal observada é um preditor melhor do que o valor previsto.
- Coeficiente de correlação de “Pearson” (r): descreve a semelhança entre os valores medidos e previstos. O valor de r varia de -1 a 1 . É um índice do grau da relação linear entre os dados. Se $r = 0$, não há relação linear. Se $r = 1$ ou -1 , então existe uma relação linear positiva ou negativa perfeita. Ou seja, quanto maior o valor, menor o erro. Em geral, valores de r superiores a 0,5 são considerados aceitáveis (MORIASI et al., 2007).
- Índice de Concordância (d_2): de acordo com Willmott (1981), o índice de concordância é uma medida descritiva que reflete a precisão dos valores preditos em relação aos valores observados. O índice pode assumir valor entre 0 e 1, em que $d = 1$ indica concordância perfeita e $d = 0$ discordância total.

Para auxiliar o entendimento e resumir as informações dos indicadores de desempenho, a equação 18 apresenta a diferença relativa percentual (DRP) dos respectivos resultados dos indicadores de desempenho obtidos pelas metodologias SARIMA e SSA. A referida equação foi baseada em Miller et al. (2004).

$$DRP = \left(\frac{ID_{SARIMA} - ID_{SSA}}{\frac{ID_{SARIMA} + ID_{SSA}}{2}} \right) \times 100 \quad (18)$$

em que, DRP representa a diferença relativa percentual entre as metodologias SARIMA e SSA, ID_{SARIMA} e ID_{SSA} são os valores dos indicadores de desempenho das metodologias SARIMA e SSA, respectivamente.

4.4 DADOS

No estudo, foram utilizadas séries temporais de vazões médias mensais disponibilizadas no Sistema Nacional de Informações Hidrológicas (HIDROWEB, 2022), obtidas por meio do monitoramento fluviométrico de estações gerenciadas pela ANA. Apresenta-se nas Tabela 3 e 4 características das séries estudadas. São apresentados, na Tabela 3, os nomes das estações, códigos de identificação da ANA, nomenclaturas de identificação no estudo (ID), nomes dos rios e nomenclatura das Unidades Federativas (ES: Espírito Santo; RJ: Rio de Janeiro; MT: Mato Grosso; MA: Maranhão; TO: Tocantins; SC: Santa Catarina; PE: Pernambuco e AM: Amazonas), coordenadas geográficas e suas respectivas Zonas e, por último, as áreas de drenagem. O uso de diferentes séries temporais com números de anos, magnitudes de áreas de drenagem e de vazões médias mensais, visou avaliação abrangente dos desempenhos das metodologias estudadas.

Tabela 3 - Características das estações fluviométricas selecionadas (Parte 1)

Estação	Código	ID	Rio/Estado	Coordenadas (UTM em metros)		Zona	Área de drenagem (km ²)
				N	E		
Colatina	56994500	E1	Rio Doce/ES	7550487	690360	24 S	76.400
Moura Brasil	58440000	E2	Rio Piabanha/RJ	7550487	690360	23 S	2.049
Xavantina	26100000	E3	Rio das Mortes/MT	8377459	354096	22 S	25.300
Santa Vitória	33260000	E4	Rio Mearim/MA	5019232	334217	23 S	15.400
Porto Nacional	22350000	E5	Rio São João/TO	4657926	393864	22 S	174.000
Córrego do Galo	57170000	E6	Rio Jucu/ES	7761041	327472	24 S	980
Cuiabá	66260001	E7	Rio Cuiabá/MT	8273383	595555	21 S	23.500
Armazém Cativari	84600000	E8	Rio Cativari/SC	6872331	694749	22 S	770
Engenho Itapissirica	39084020	E9	Rio Tracunhaém/PE	9157930	272214	25 S	1.230
Envira	12680000	E10	Rio Tarauacá/AM	9178795	387164	19 S	49.700

A Tabela 4 a seguir mostra os períodos das séries estudadas, os números de anos e meses e as porcentagens de dados faltantes. A imputação de dados faltantes nas séries temporais com presença de falhas foi realizada por meio da metodologia Mediana, adequada no preenchimento de falhas em séries temporais de vazões quando a porcentagem de dados

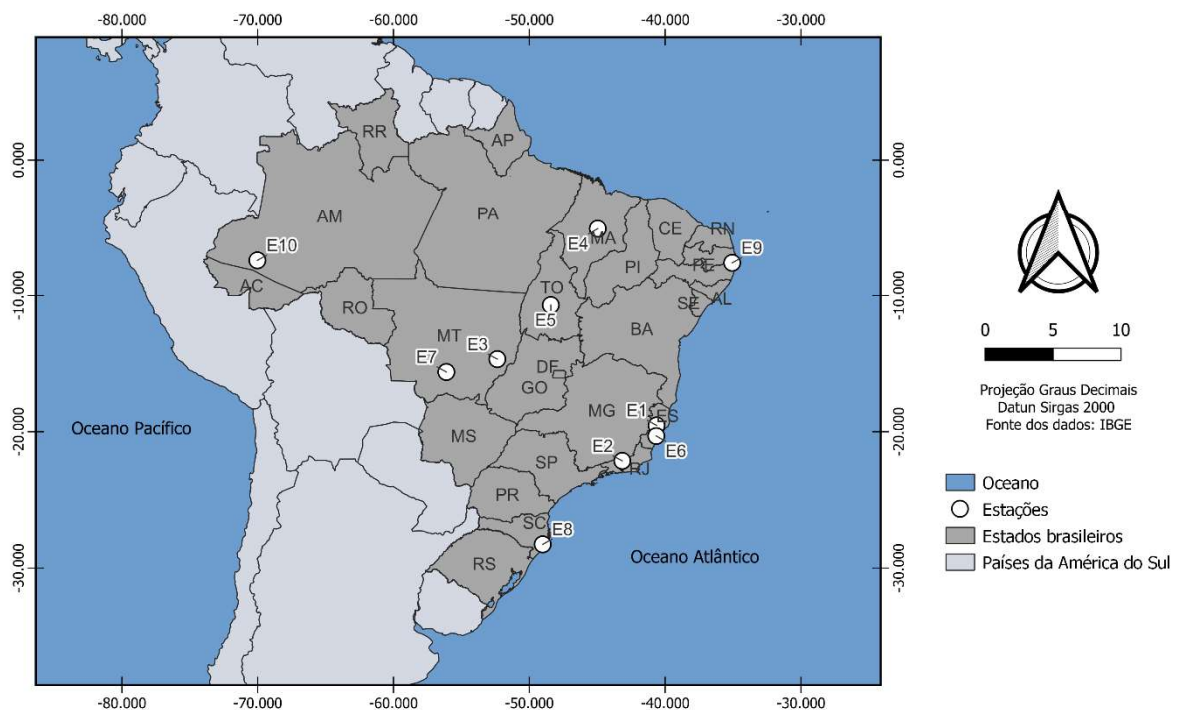
faltantes é inferior ou próxima a 5%, como evidenciado pelo estudo de Bleidorn et al. (2022). A Figura 3 apresenta a espacialização das estações das séries fluviométricas selecionadas para o estudo. Como pode ser observado, foram consideradas estações localizadas em todas as regiões do Brasil.

Tabela 4 - Características das estações fluviométricas selecionadas (Parte 2)

ID	Período temporal	Anos	Meses	Dados faltantes (%)
E1	01/1938 – 12/2020	83	996	0,80
E2	01/1931 – 12/2014	84	1012	0,00
E3	01/1969 – 12/2020	52	624	0,00
E4	01/1979 – 12/2020	49	588	0,00
E5	01/1972 – 12/2013	42	504	0,00
E6	01/1970 – 12/2020	51	612	0,00
E7	01/1933 – 12/2016	84	1008	4,86
E8	01/1943 – 12/2021	79	948	0,94
E9	01/1968 – 12/2021	48	576	1,06
E10	01/1978 – 12/2011	34	408	5,39

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 3 - Espacialização das estações de monitoramento selecionadas



Fonte: Autoria própria (2023).

4.5 RECURSOS COMPUTACIONAIS

Utilizaram-se planilhas eletrônicas para organização dos dados. As rotinas de análises foram realizadas por meio do *software* R 4.0.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2021). O sítio de Internet para acesso ao *software* R é <http://www.r-project.org>. R é uma linguagem e ambiente para computação estatística e gráficos que fornece ampla variedade de técnicas estatísticas (modelagem linear e não linear, testes estatísticos clássicos, análise de séries temporais, classificação, agrupamento, entre outros) e gráficas, além de ser altamente extensível. Está disponível como *Software* Livre sob os termos da GNU (*General Public License* da *Free Software Foundation*) na forma de código-fonte. Ele compila e executa em uma ampla variedade de plataformas UNIX e sistemas similares (incluindo FreeBSD e Linux), Windows e MacOS.

Para o modelo SARIMA, utilizou-se uma série de pacotes do R, destacando-se o *tseries* (TRAPLETTI e KURT, 2020). Para a SSA, utilizou-se o pacote *Rssa*. Este pacote fornece um conjunto de implementações rápidas e confiáveis de várias rotinas para decomposição, reconstrução e previsão. Descrição abrangente dos métodos e funções do *Rssa* pode ser encontrada em Golyandina et al. (2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, os resultados do estudo são explorados. Na seção 5.1, por meio de suas respectivas subseções (5.1.1 Identificação, 5.1.2 Estimação e 5.1.3 Diagnóstico) são apresentados os resultados das etapas de ajuste e diagnóstico dos modelos SARIMA. Na seção 5.2, através de suas respectivas subseções (5.2.1 Decomposição da série original, 5.2.2 Separação do sinal e ruído e 5.2.3 Reconstrução) apresentam-se os resultados da aplicação da técnica SSA. A seção 5.3 e as respectivas subseções (5.3.1 Análise visual das séries ajustadas e reconstruídas, 5.3.2 Desempenho do ajuste, 5.3.3 Desempenho de previsão e 5.3.4 Diferença relativa percentual da previsão) e a seção 5.4 e suas subseções (5.4.1 Diferenciação entre as abordagens SARIMA e SSA e 5.4.2 Estudos comparativos das abordagens SSA e Box e Jenkins) abordam os resultados centrais do estudo.

5.1 SARIMA

5.1.1 Identificação

Uma das etapas mais sensíveis na análise de séries temporais Box e Jenkins, identificação do modelo, é essencial para garantia de qualidade na modelagem. Para isso, vários atributos são necessários. Inicialmente, realizou-se uma análise preliminar dos dados através das medidas descritivas, da evolução dos dados ao longo do tempo (série histórica), gráfico de subséries mensais e do histograma das séries. Essas ferramentas extraem informações importantes que auxiliam na escolha do modelo.

Na Tabela 5, apresentam-se as medidas descritivas das séries estudadas. Observa-se que, de acordo com a amplitude dos valores máximos e mínimos, altos valores de desvio padrão e do coeficiente de variação, a média apresenta pouca representatividade. Essas informações sugerem, de modo geral, uma forte intra-variabilidade anual das variáveis estudadas, o que normalmente é associado a característica sazonal (BAYER et al., 2012). Além disso, os valores de assimetria e curtose indicam que as séries possuem caudas mais pesadas que a normal, o que é facilmente observado pelos histogramas das séries estudadas apresentados na Figura 6. Esses resultados corroboram com o encontrado pelos os autores Bayer et al. (2012), Pinto et al. (2015) e Bleidorn et al. (2019).

Tabela 5 - Medidas descritivas das estações fluviométricas selecionadas

M. descritivas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
V. mín. (m ³ /s)	104,68	6,91	173,82	26,17	410,60	2,25	46,06	4,61	0,03	79,51
V. máx. (m ³ /s)	4746,33	188,32	1636,89	202,37	15426,02	55,25	2232,65	90,02	105,93	3736,03
Média (m ³ /s)	892,78	38,19	495,12	60,24	2192,93	13,45	397,50	20,69	7,40	1184,83
Med. (m ³ /s)	662,74	29,99	419,65	50,65	1488,00	11,29	252,18	18,18	3,27	1001,72
D. pad. (m ³ /s)	658,65	26,79	247,04	28,69	1981,74	7,61	322,36	11,30	10,56	951,13
C. de vari. (%)	73,77	70,14	49,89	47,62	90,36	56,57	81,09	54,61	142,70	80,27
Assimetria	1,95	1,46	1,30	1,76	2,43	1,71	1,42	1,93	3,28	0,61
Curtose	4,72	2,61	1,89	3,50	8,30	4,11	2,20	5,93	16,95	-0,84

Legenda: M.: Medidas; V.: Valor; mín.: mínimo; máx.: máximo; Med.: Mediana; D.: Desvio; pad.: padrão; C.: Coeficiente; e, vari.: variação. Fonte: Autoria própria (2023).

Observa-se que os maiores valores mínimos e máximos correspondem à estação E5. Essa constatação está relacionada ao tamanho da bacia de contribuição, a maior dentre as estações estudadas. A menor vazão mínima é observada para a estação E9. Isso porque, nos meses em que se observa o período de estiagem (Figura 5), as vazões são próximas de zero. A menor vazão média máxima, por sua vez, refere-se à estação E6, o que é coerente por apresentar a segunda menor área de drenagem.

A Figura 4 indica a variabilidade das séries, uma vez que se observa períodos de cheias seguidos por períodos de estiagem. Pode-se observar que as séries possuem diferentes magnitudes de valores de vazões médias mensais, possuindo estações com valores mais baixos, como a E6, E8, E9 e outras, com valores maiores, destacando-se a estação E5. Esse fato já era esperado, uma vez que a área de drenagem associada a cada estação influencia na magnitude de sua vazão. Adicionalmente, observa-se picos de cheias nas séries, como as que ocorreram nos anos de 1979 e 2013 para as estações localizadas no Sudeste do Brasil (E1, E2 e E6).

Figura 4 - Séries temporais estudadas

(continua)

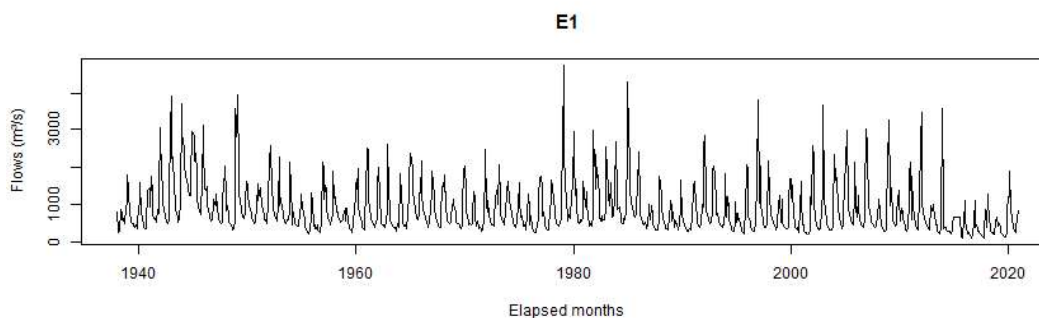


Figura 4 – Séries temporais estudadas

(continuação)

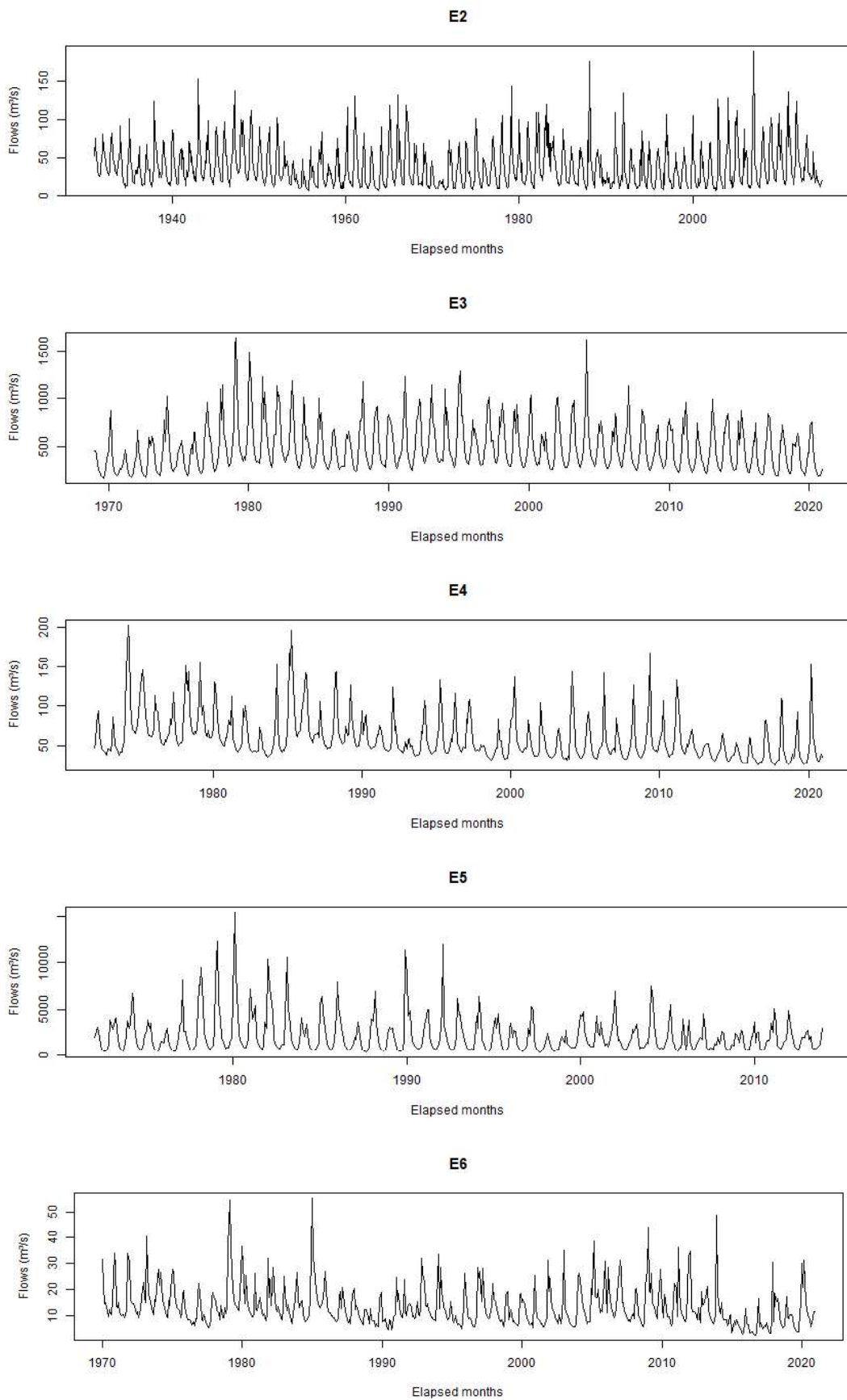
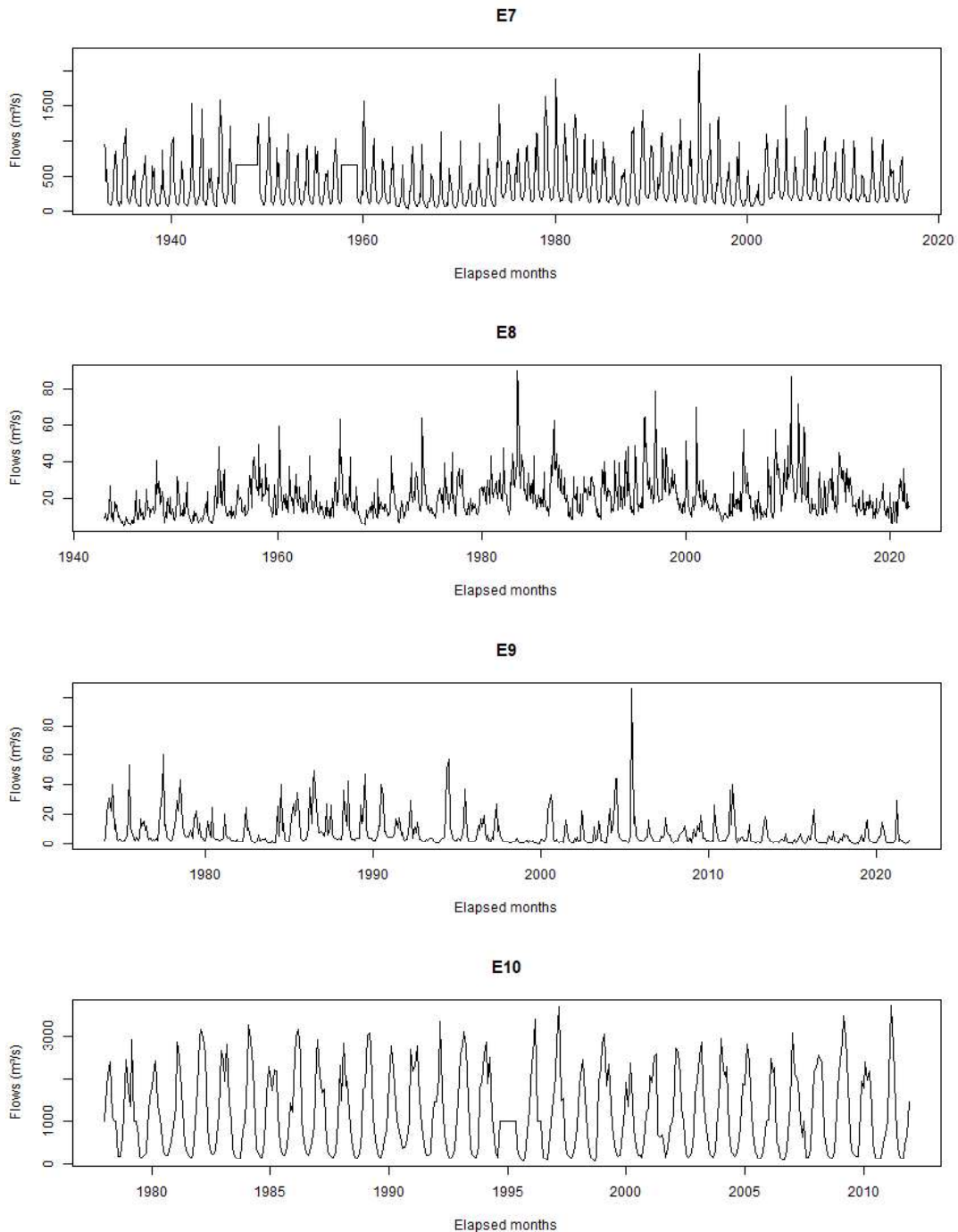


Figura 4 – Séries temporais estudadas

(conclusão)



Fonte: Autoria própria (2023).

Para detalhamento do regime fluviométrico, a Figura 5 apresenta os gráficos das subséries mensais. Pode-se observar as diferenciações do comportamento hidrológico existente no território brasileiro. Séries com sazonalidade bem definida no Sudeste, Centro Oeste, Nordeste e Norte do país, contrastam com distribuições mais regulares na região Sul,

corroborando com as informações apresentadas no Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2017). Detzel et al. (2014), ao observarem o comportamento das séries de vazões mensais de 146 usinas hidrelétricas que compõem o Sistema Interligado Nacional Brasileiro, também constataram comportamentos fluviométricos distintos entre as regiões do Brasil. É possível observar que na maioria das séries, o início do período chuvoso (aumento das vazões) e consequente início do ano hidrológico, ocorre no mês de novembro. Exceções podem ser visualizadas nas séries E4, E8 e E9, localizadas nas regiões brasileiras Centro Oeste, Sul e Nordeste, respectivamente.

Figura 5 - Vazões médias mensais para as séries fluviométricas estudadas

(continua)

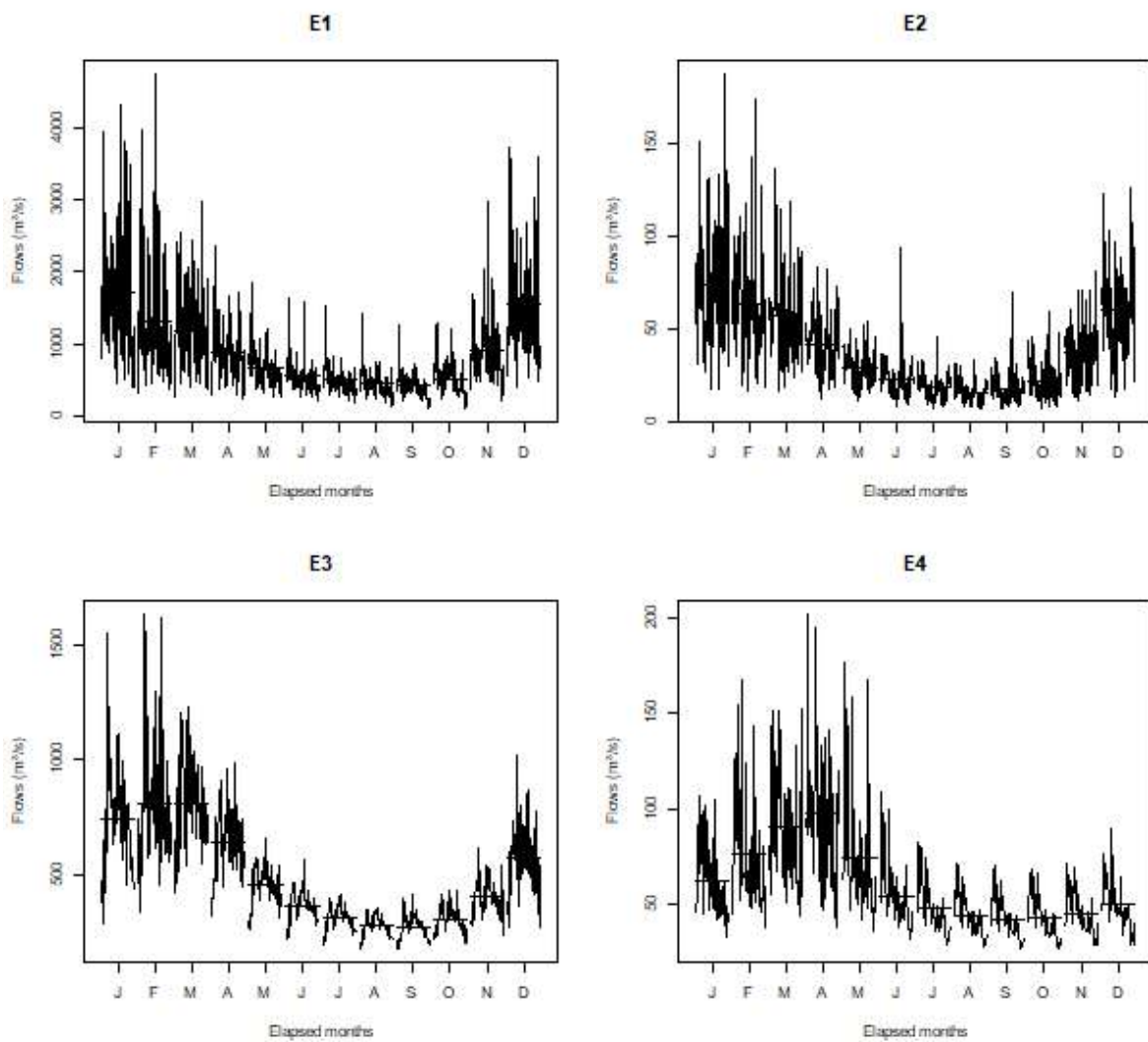
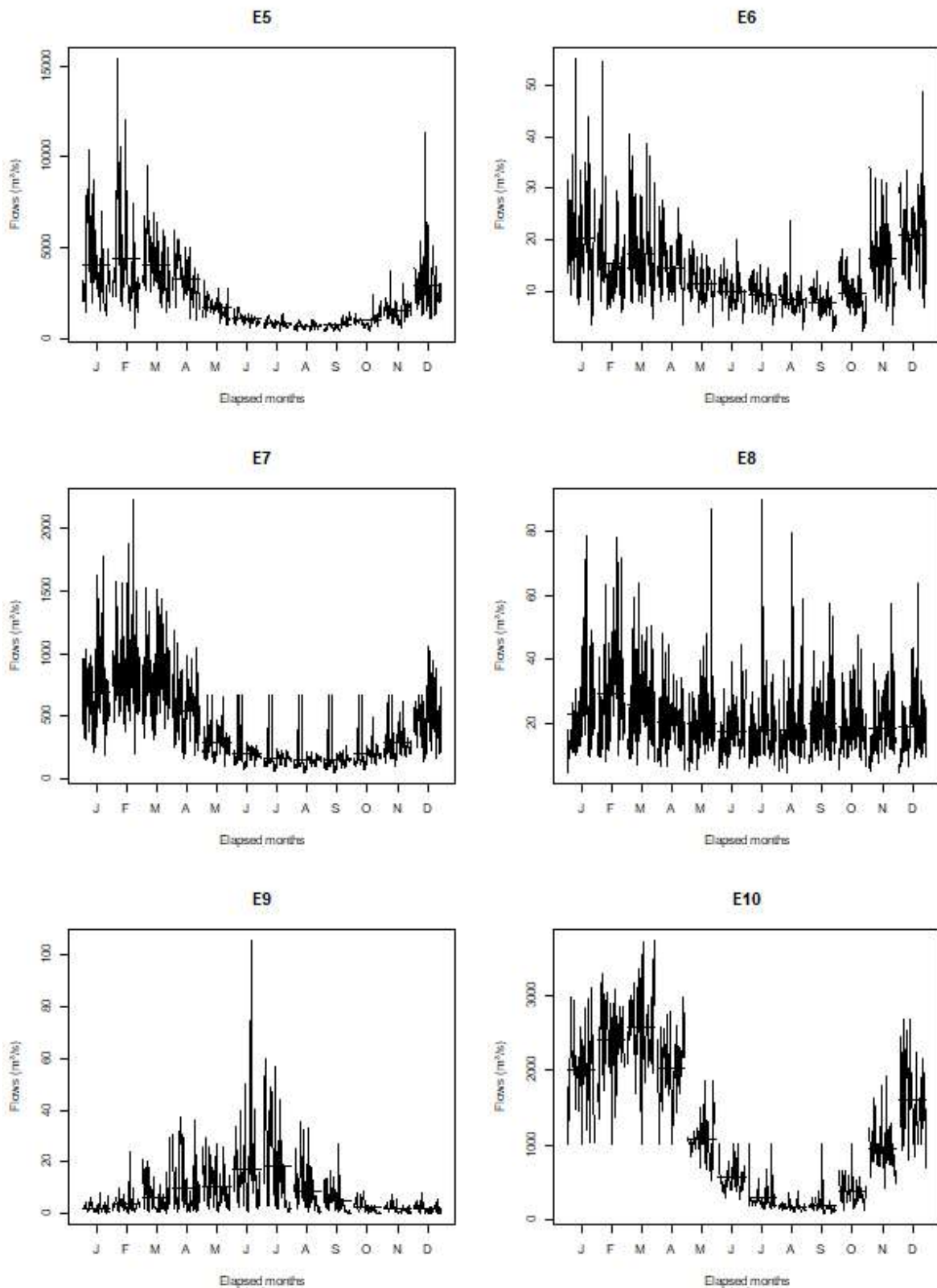


Figura 5 - Vazões médias mensais para as séries fluviométricas estudadas

(conclusão)



Fonte: Autoria própria (2023).

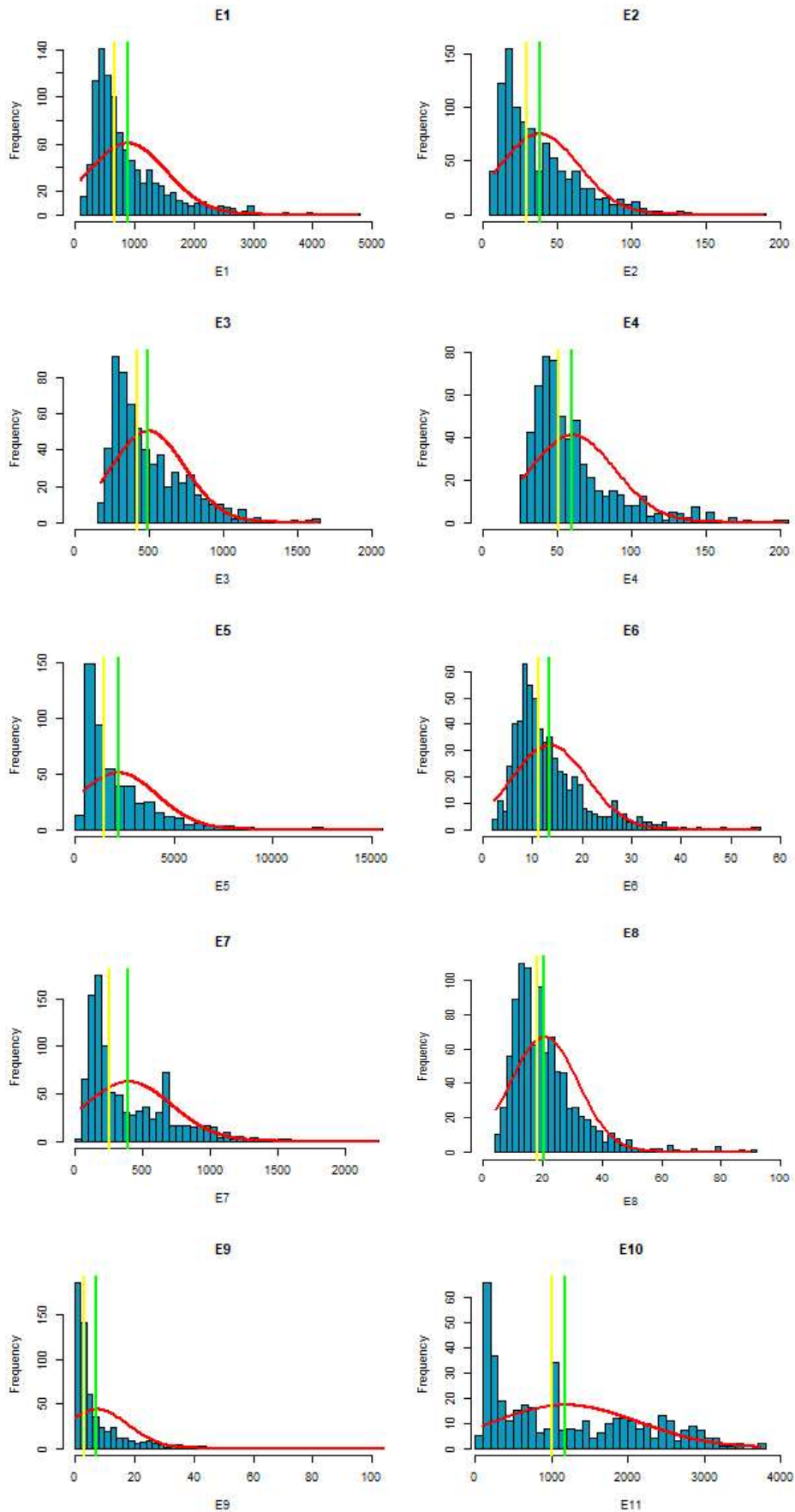
Apesar da estação E4 apresentar ano hidrológico diferente de outras estações, com início de cheias no mês de janeiro e término em maio, as estações E8 e E9 também apresentam características específicas em seus comportamentos. A estação E8 possui regime fluviométrico sem muitas variações ao longo do tempo (regular) e a estação E9, por sua vez, concentra alguns meses de cheia (entre abril e setembro) e, os demais meses, com vazões próximas a zero são observadas. Conforme o Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2017), no Sul do Brasil, o regime fluviométrico apresenta menor variação. Já no Nordeste do país, existe um período seco e de cheia bem definido. O período de meses mais secos inicia-se entre agosto e setembro se estendendo até janeiro e abril, com totais médios mensais de precipitação podendo ficar abaixo de 25 mm. Já no período de cheias (início entre março e maio), os totais médios mensais podem atingir valores mensais superiores a 300 mm.

A análise nos histogramas (Figura 6) permite constatar a diversidade do comportamento hidrológico existente no território brasileiro, como já observado pelas subséries de vazões médias mensais dispostas na Figura 5. Como mencionado nas estatísticas descritivas, os resultados dos valores de assimetria e curtose refletem no comportamento dos Histogramas. Baseando-se em Naghettini (2007), se o valor da curtose for superior a 0 (encontrado para todas as estações, exceto para E10), então as distribuições das séries em questão é mais alta (afunilada) e concentrada que a distribuição normal, caracterizando-as como leptocúrtica, ou simplesmente que a distribuição tem caudas pesadas. Para a estação E10, observa-se aspecto específico, uma vez que o valor da curtose foi menor que 0. Logo, a função de distribuição é mais "achatada" que a distribuição normal, denominada de platicúrtica. Dados que se afastam da distribuição normal, recorrentemente são associados a variáveis ambientais, como reportado por Reisen et al. (2008).

Para verificar a estacionariedade das séries na média, procedeu-se a aplicação do teste de Dickey-Fuller (ADF teste) (DICKEY e FULLER, 1981). As hipóteses testadas foram as seguintes:

1. Hipótese nula: a série contém uma raiz unitária (não é estacionária).
2. Hipótese alternativa: não há raiz unitária.

Figura 6 - Histogramas das séries estudadas



Fonte: Autoria própria (2023).

Valores abaixo do nível de significância adotado são preferíveis. No estudo em questão, os p -valores, em todas as séries, foram menores que o limite de significância 0,05, rejeitando a Hipótese nula e indicando que as séries são estacionárias. É importante estabelecer que as estacionariedades das séries são imprescindíveis para boa qualidade da modelagem, uma vez que a abordagem de séries temporais Box e Jenkins requer que as séries possuam as mesmas propriedades, independentemente do espaço temporal considerado. Em um estudo holístico que considerou várias estações fluviométricas localizadas em diferentes regiões brasileiras, Detzel et al. (2014) observaram que, de 145 estações monitoradas nas aflúncias de usinas hidrelétricas, 75 apresentavam indícios de não estacionariedade. Mesmo que os resultados para as séries estudadas apresentaram estacionariedade na média, a existência de obras, como as referidas usinas hidrelétricas, alteram o comportamento fluviométrico, podendo resultar em séries não estacionárias.

Diante das informações extraídas pelas medidas descritivas, séries históricas, subséries mensais e dos histogramas, os dados apresentam sazonalidade. Conforme apresentado pelos gráficos das subséries, existe uma intra-variabilidade bem definida na maioria das séries, correspondente ao período de cheias seguido por estiagem. O período sazonal pode ser interpretado como 12, uma vez que, para cada mês, existe um padrão de repetição ano a ano. Devido a isso, o modelo SARIMA se justifica pela consideração da sazonalidade em seu processo de modelagem.

A etapa de identificação consiste em detectar o processo gerador da série ou sua aproximação, através das informações contidas nas características da série, ou seja, determinar os valores de p , d , q , P , D e Q dos modelos (PINTO et al., 2018). Portanto, procedeu-se a semi-automatização da escolha dos modelos, através da programação apresentada no Apêndice A. Tal abordagem foi inspirada no trabalho de Hassani et al. (2015), que utilizou uma metodologia automática na identificação do modelo ARIMA, utilizada para várias séries históricas do setor de turismo. Observa-se que, os parâmetros para os termos autorregressivos (p e P) e de médias móveis (q e Q) das partes ordinal e sazonal do modelo para a maioria das estações foram limitados a um total de três. Além disso, conforme sustentado pelo ADF teste, não aplicou-se diferenciação ordinal ($d = 0$). Diferentemente, aplicou-se uma diferenciação ($D = 1$) na parte sazonal do modelo, pois foi verificada a característica sazonal dos dados de vazões, também feito por outros autores (REISEN et al., 2008, BAYER et al., 2012, PINTO et

al., 2015, URSU e PEREAU, 2016). Essas combinações resultaram em 252 modelos candidatos para cada estação.

5.1.2 Estimação

A Tabela 6 apresenta os modelos identificados com seus parâmetros e suas respectivas estimativas, erros padrão, valores de Z e p -valores. Todos os p -valores dos parâmetros apresentaram significância, sendo a maioria ao nível de 99%. Essas constatações validam os parâmetros dos modelos ajustados.

Tabela 6 - Estatísticas dos modelos

(continua)						
ID	Modelo	Parâmetro	Estimativa	σ^*	Valor z	p -valor
E1	(3,0,1)(0,1,2) ₁₂	ϕ_1	2,1857	0,03631	60,186	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_2	-1,7860	0,06290	-28,391	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_3	0,4538	0,0363	12,495	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_1	-1,7283	0,0027	-628,015	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_1	0,9963	0,0035	284,402	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_2	-0,9538	0,01444	-66,057	$< 2,2 \times 10^{-16}$
E2	(3,0,2)(0,1,1) ₁₂	ϕ_1	2,0722	0,0341	60,7596	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_2	-1,5893	0,0590	-26,9053	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_3	0,3402	0,0341	9,9774	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_1	-1,7256	0,0044	-385,1753	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_2	0,9966	0,0052	190,0436	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_1	-0,9486	0,0133	-71,3095	$< 2,2 \times 10^{-16}$
E3	(3,0,2)(0,1,1) ₁₂	ϕ_1	2,0722	0,0341	60,7596	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_2	-1,5893	0,0590	-26,9053	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_3	0,3402	0,0341	9,9774	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_1	-1,7256	0,0044	-385,1753	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_2	0,9966	0,0052	190,0436	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_1	-0,9486	0,0133	-71,3095	$< 2,2 \times 10^{-16}$
E4	(3,0,2)(0,1,1) ₁₂	ϕ_1	2,3373	0,0445	52,417	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_2	-2,0485	0,0772	-26,533	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_3	0,6054	0,0445	13,581	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_1	-1,7370	0,0149	-116,245	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_2	0,9992	0,0170	58,461	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		θ_1	-0,9706	0,0199	-48,596	$< 2,2 \times 10^{-16}$

Tabela 6 - Estatísticas dos modelos

						(conclusão)
ID	Modelo	Parâmetro	Estimativa	σ^*	Valor z	p-valor
E5	(0,0,1)(2,1,3) ₁₂	Θ_1	-0,9572	0,0160	-59,7426	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Φ_1	1,7291	0,0026	642,4461	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Φ_2	-0,9976	0,0025	-398,6372	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Θ_1	-1,2563	0,0422	-29,7158	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Θ_2	0,2323	0,0694	3,3457	0,0008
		Θ_3	0,4057	0,0426	9,5214	$< 2,2 \times 10^{-16}$
E6	(3,0,1)(0,1,2) ₁₂	ϕ_1	2,1111	0,0539	39,1616	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_2	-1,6568	0,0927	-17,8697	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_3	0,3821	0,0529	7,2108	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Θ_1	-0,9438	0,0258	-36,5489	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Θ_1	-1,6924	0,0190	-88,8155	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Θ_2	0,9552	0,0181	52,6083	$< 2,2 \times 10^{-16}$
E7	(3,0,3)(2,1,0) ₁₂	ϕ_1	1,4634	0,0663	22,0709	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_2	-0,5348	0,1148	-4,6575	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_3	-0,2684	0,0663	-4,0482	$3,20 \times 10^{-06}$
		Θ_1	-2,6484	0,0046	-574,0765	$5,16 \times 10^{-05}$
		Θ_2	2,5836	0,0083	310,6993	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Θ_3	-0,9170	0,0053	-170,9234	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Φ_1	0,7361	0,0644	11,4188	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Φ_2	-0,3029	0,0523	-5,7826	$7,35 \times 10^{-09}$
E8	(0,0,1)(3,1,1) ₁₂	Θ_1	-0,8409	0,0680	-12,3585	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Φ_1	1,4353	0,0758	18,9196	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Φ_2	-0,5739	0,0640	-8,9580	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Φ_3	0,0938	0,0339	2,7629	0,0057
		Θ_1	-0,9921	0,0056	-175,7927	$< 2,2 \times 10^{-16}$
E9	(1,0,1)(3,1,3) ₁₂	ϕ_1	0,2757	0,0482	5,7199	1,066e-08
		Θ_1	-0,9693	0,0189	-51,2801	$< 2,2e-16$
		Φ_1	0,7703	0,1102	6,9863	2,822e-12
		Φ_2	0,6642	0,1909	3,4780	0,0005
		Φ_3	-0,9606	0,1103	-8,7096	$< 2,2e-16$
		Θ_1	-0,7736	0,1210	-6,3910	1,649e-10
		Θ_2	-0,6395	0,2031	-3,1476	0,0016462
		Θ_3	0,9505	0,1146	8,2898	$< 2,2 \times 10^{-16}$
E10	(2,0,1)(0,1,3) ₁₂	ϕ_1	1,7323	0,0000	5,7140	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		ϕ_2	-0,9999	0,0000	-25,4270	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Θ_1	-0,9999	0,0008	-120,9440	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Θ_1	-1,4239	0,0015	-92,1640	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Θ_2	0,4759	0,0037	12,7510	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		Θ_3	0,2998	0,0024	12,4430	$< 2,2 \times 10^{-16}$

Legenda: σ^* = Erro Padrão. Fonte: Autoria Própria (2023).

5.1.3 Diagnóstico

A fase de diagnóstico permite avaliar a adequacidade dos modelos escolhidos. Nessa fase, o objeto de investigação são os resíduos dos modelos, resultantes da diferença entre as observações reais e os valores ajustados. A teoria estatística estabelece suposições básicas das propriedades dos mesmos, tais como, normalidade e não correlação (WEI, 2006). A normalidade foi verificada com o uso dos testes de Shapiro-Wilk (S-W) e Jarque-Bera (J-B). Para verificação dos resíduos quanto a não autocorrelação, aplicaram-se os testes Ljung-Box (L-B) e Box-Pierce (B-P).

Para a normalidade, p -valores abaixo do nível de significância ($<0,05$) indicam que os resíduos são normais. Já para a não autocorrelação, os p -valores acima do nível de significância ($>0,05$) indicam que os resíduos não são autocorrelacionados. Conforme os resultados apresentados na Tabela 7, todos os resíduos dos modelos satisfazem as suposições estatísticas e validam os modelos para a etapa de previsão.

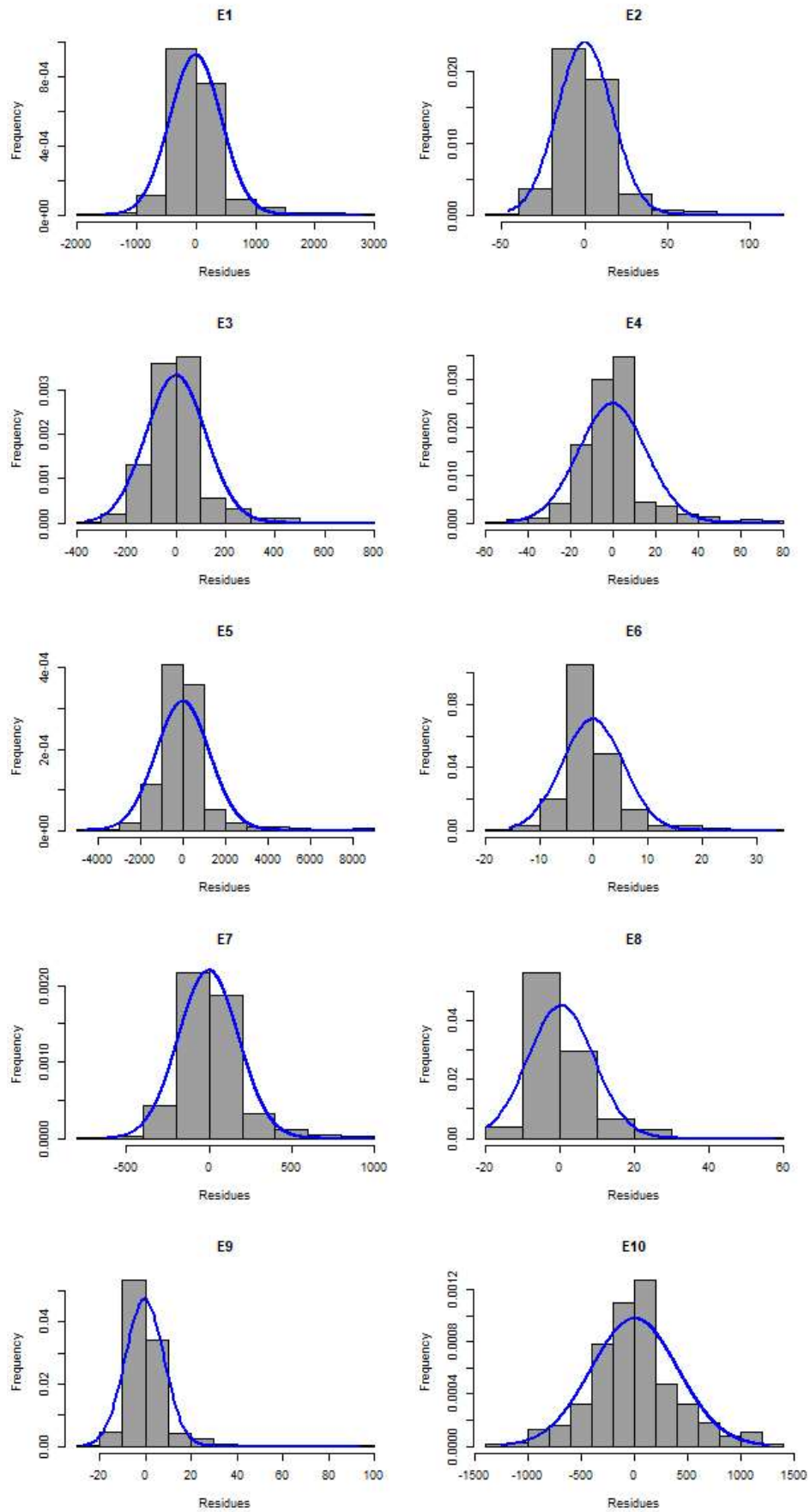
Tabela 7 - Testes de normalidade e autocorrelação dos resíduos

ID	Qualidade de ajuste		p -valor			
	AIC	BIC	S-W	J-B	L-B	B-P
E1	13241,63	13275,11	$< 2,2 \times 10^{-16}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$	0,3818	0,3826
E2	8431,028	8465,348	$< 2,2 \times 10^{-16}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$	0,6613	0,6618
E3	7608,872	7639,778	$< 2,2 \times 10^{-16}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$	0,4138	0,4149
E4	4841,358	4871,839	$< 2,2 \times 10^{-16}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$	0,1683	0,1694
E5	8420,979	8450,354	$< 2,2 \times 10^{-16}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$	0,9432	0,9434
E6	3789,562	3820,329	$< 2,2 \times 10^{-16}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$	0,5504	0,5514
E7	13202,71	13246,83	$< 2,2 \times 10^{-16}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$	0,985	0,985
E8	6747,061	6776,104	$< 2,2 \times 10^{-16}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$	0,9090	0,9092
E9	4029,511	4068,511	$< 2,2 \times 10^{-16}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$	0,8367	0,8371
E10	5899,102	5926,954	$3,2 \times 10^{-5}$	0,001	0,6319	0,6331

Fonte: Autoria Própria (2023).

A normalidade dos resíduos é visualizada por meio dos gráficos de distribuição (Histogramas dos resíduos) apresentados na Figura 7. Apesar dos valores dos testes L-B e B-P indicarem a não autocorrelação dos resíduos, na Figura 8 apresenta-se os correlogramas residuais (ACF e PACF) com alguns lags fora do intervalo de confiança, para os 50 primeiros lags.

Figura 7 - Histograma dos resíduos



Fonte: Autoria Própria (2023).

Figura 8 - Correlogramas (ACF e PACF) dos resíduos

(continua)

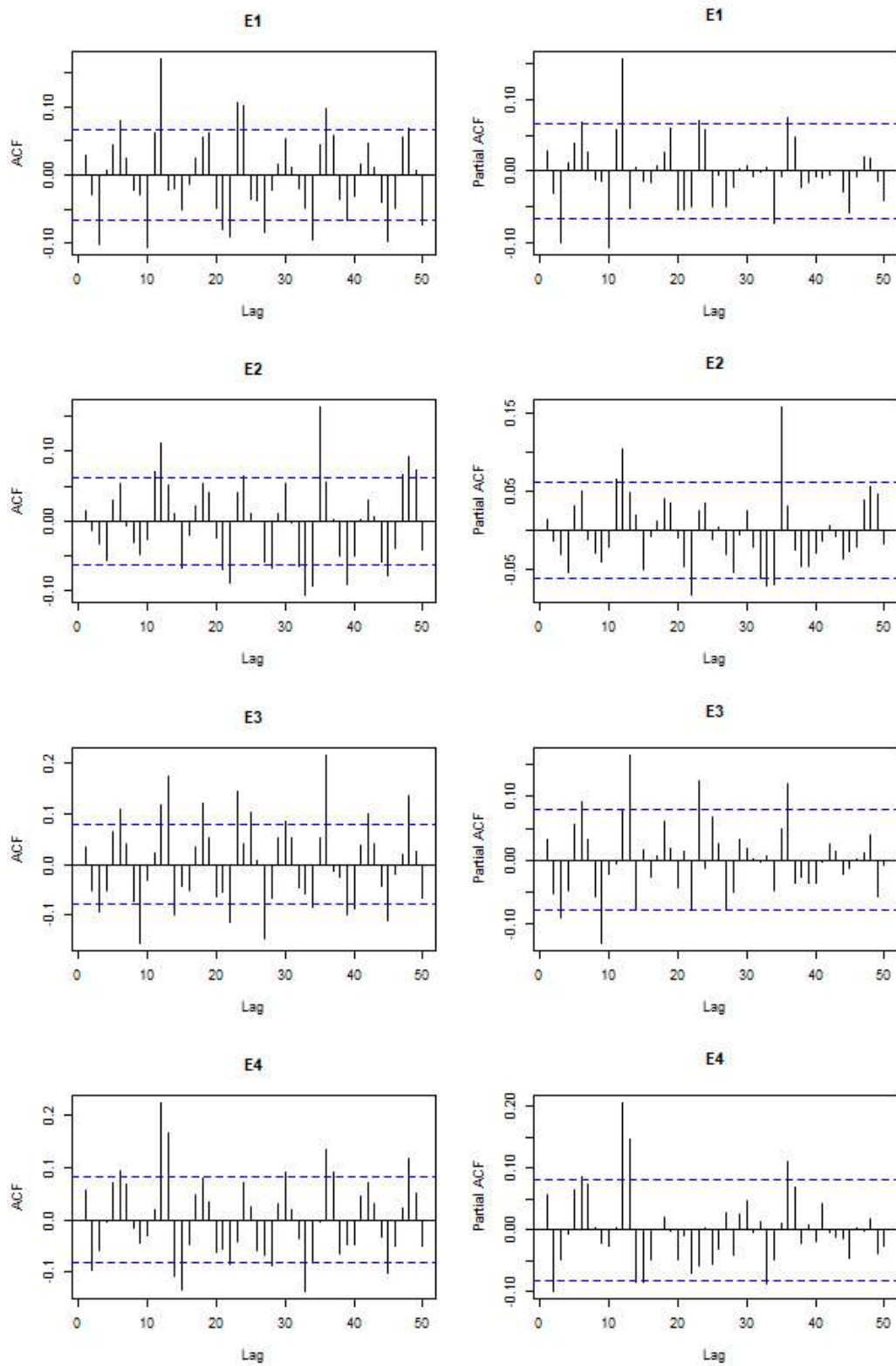


Figura 8 – Correlogramas (ACF e PACF) dos resíduos

(continuação)

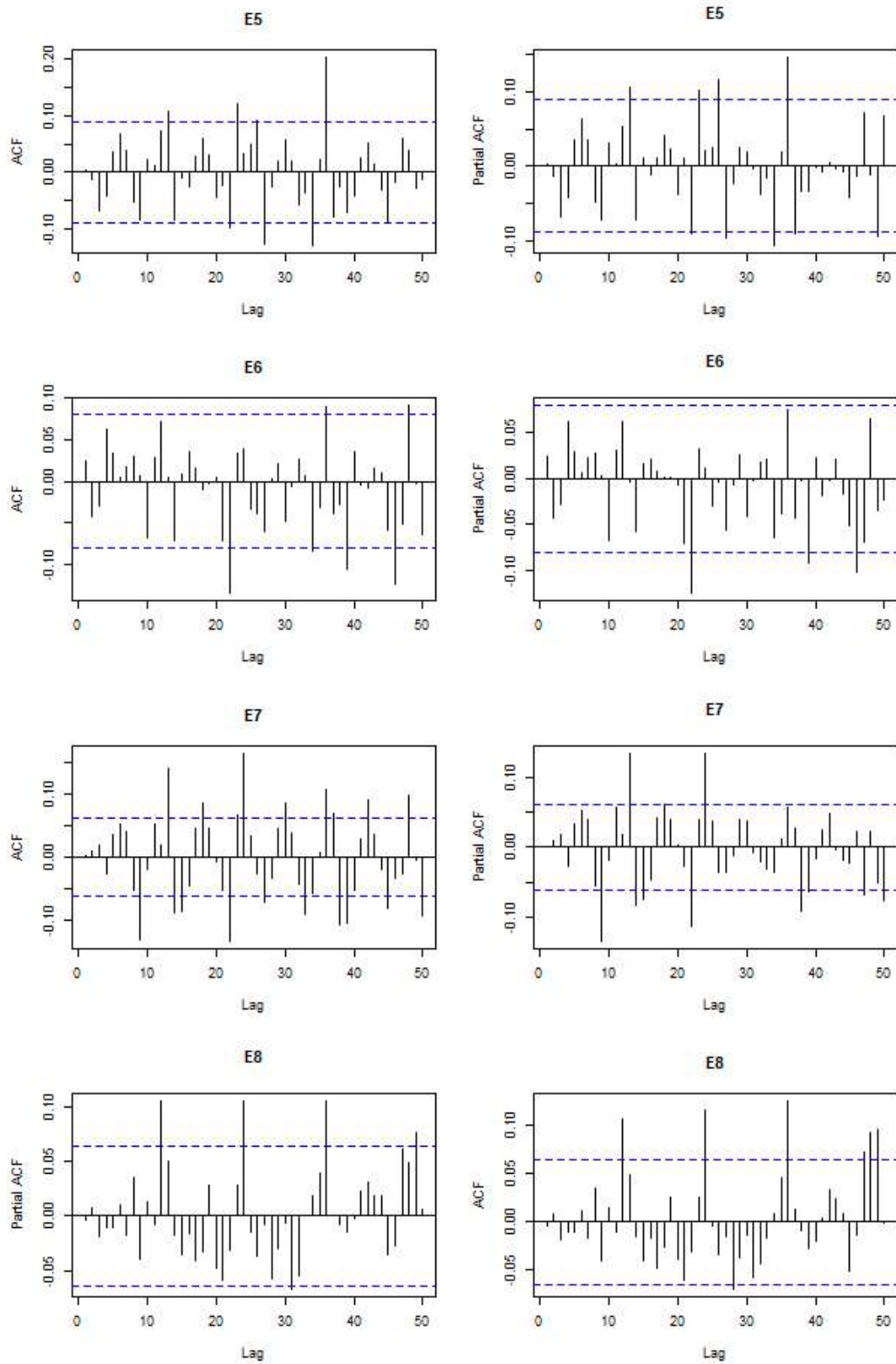
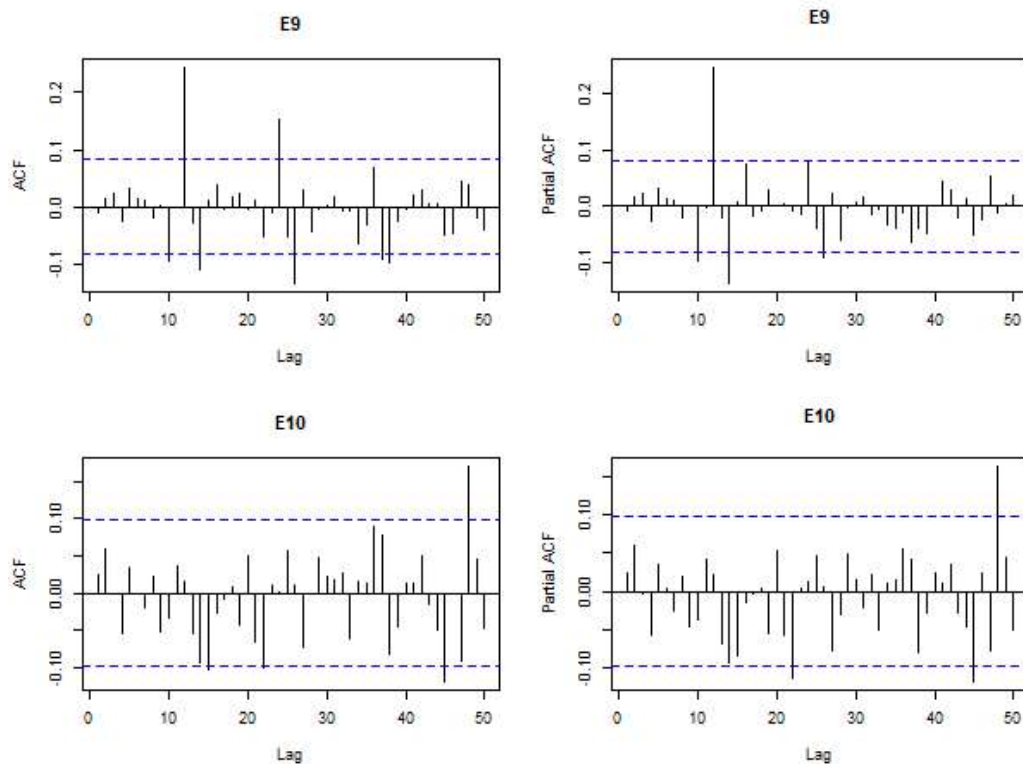


Figura 8 – Correlogramas (ACF e PACF) dos resíduos

(conclusão)



Fonte: Autoria Própria (2023).

5.2 SSA

5.2.1 Decomposição da série original

Na primeira etapa da técnica SSA, define-se o comprimento da janela L e, conseqüentemente, o operador de defasagem (K). Considerado como o primeiro parâmetro de um total de dois da referida técnica, é sugestivo que o comprimento de L seja próximo a metade da série ($L \sim \frac{N}{2}$) e que seja divisível por um período sazonal conhecido (GOLYANDINA et al. 2014). Portanto, L apresenta tais conformações para a maioria das séries relativas às estações estudadas, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Comprimento de L

Estações	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
L	492	498	306	288	246	300	498	468	282	198

Fonte: Autoria Própria (2023).

A Figura 9 apresenta a decomposição das séries e a contribuição de cada componente. Como pode ser observado, a maioria das estações estudadas (E1, E3, E4, E5, E6, E9 e E10) possuem tendência de decaimento ao longo do tempo. Já as estações E2, E7 e E8 possuem tendência de crescimento da magnitude de vazões ao longo do tempo.

Os demais componentes são associados a alta e baixa frequência, caracterizados por sazonalidade e ciclos e pela parte ruidosa da série. Para a maioria das estações, as componentes 2 ao 7 refletem altas frequências (sazonalidade) que podem ter períodos de repetição de 12, 6 e 4 meses. As componentes de baixa frequência pode estar associadas a eventos que interferem no ciclo hidrológico, como os fenômenos climáticos El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e as manchas solares. Assim como em Destro et al. (2012), uma investigação conclusiva dessas hipóteses está fora do escopo desse estudo.

A maioria das séries são explicadas, sobretudo, pela componente tendência, com valores superiores a 50%. Exceção é dada a estação E9, com a tendência explicando 34,02% do comportamento hidrológico. Uma explicação conclusiva está fora do escopo do presente estudo, porém, as condições climáticas atípicas pode induzir tal característica.

Figura 9 - Decomposição das séries

(continua)

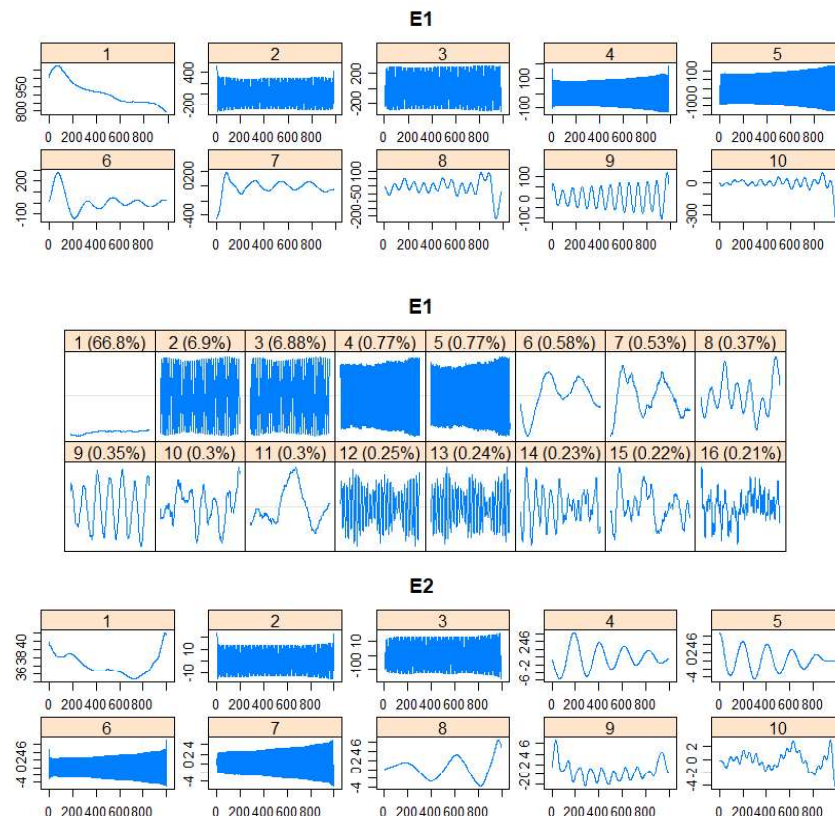


Figura 9 – Decomposição das séries

(continuação)

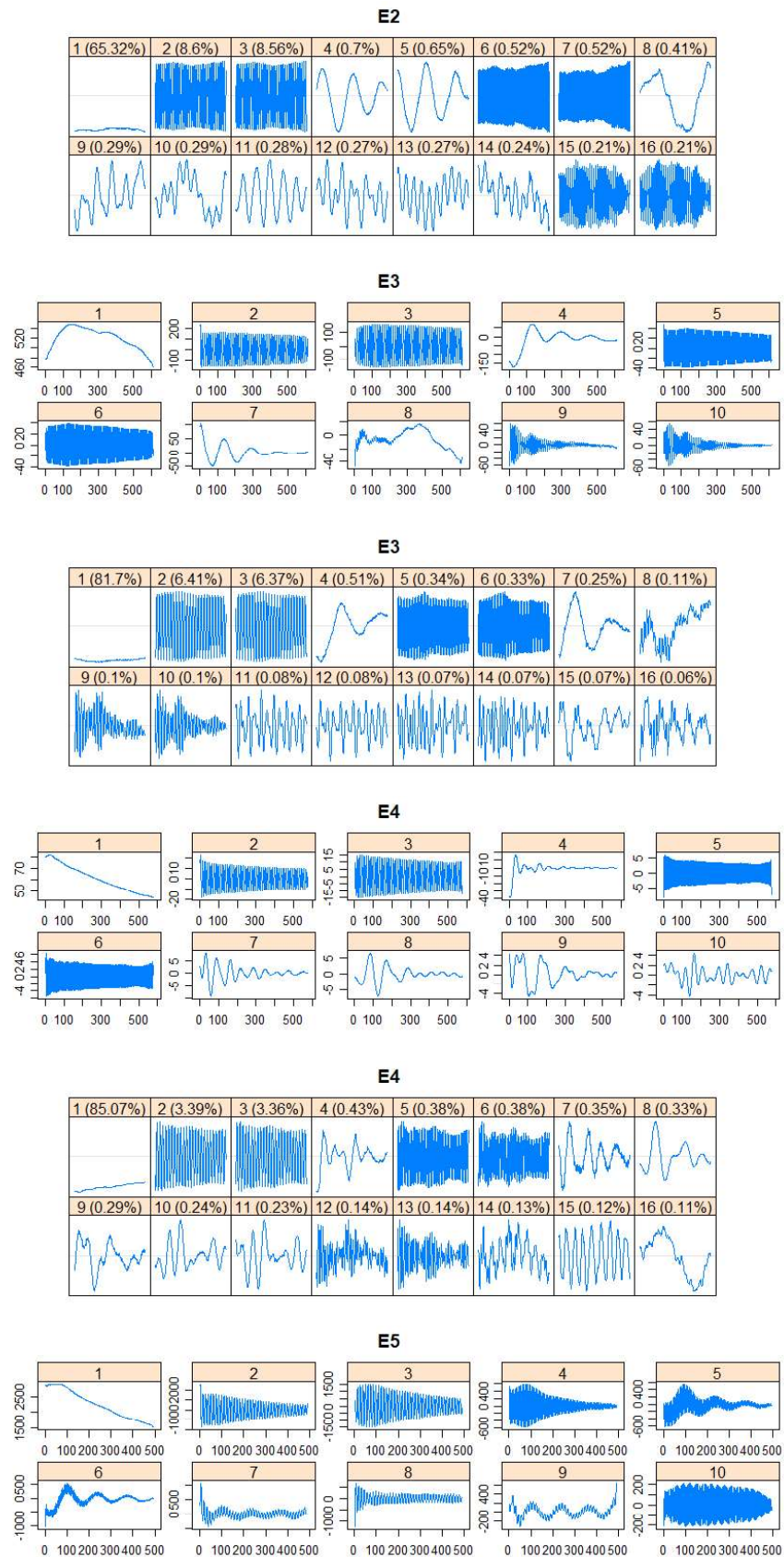


Figura 9 – Decomposição das séries

(continuação)

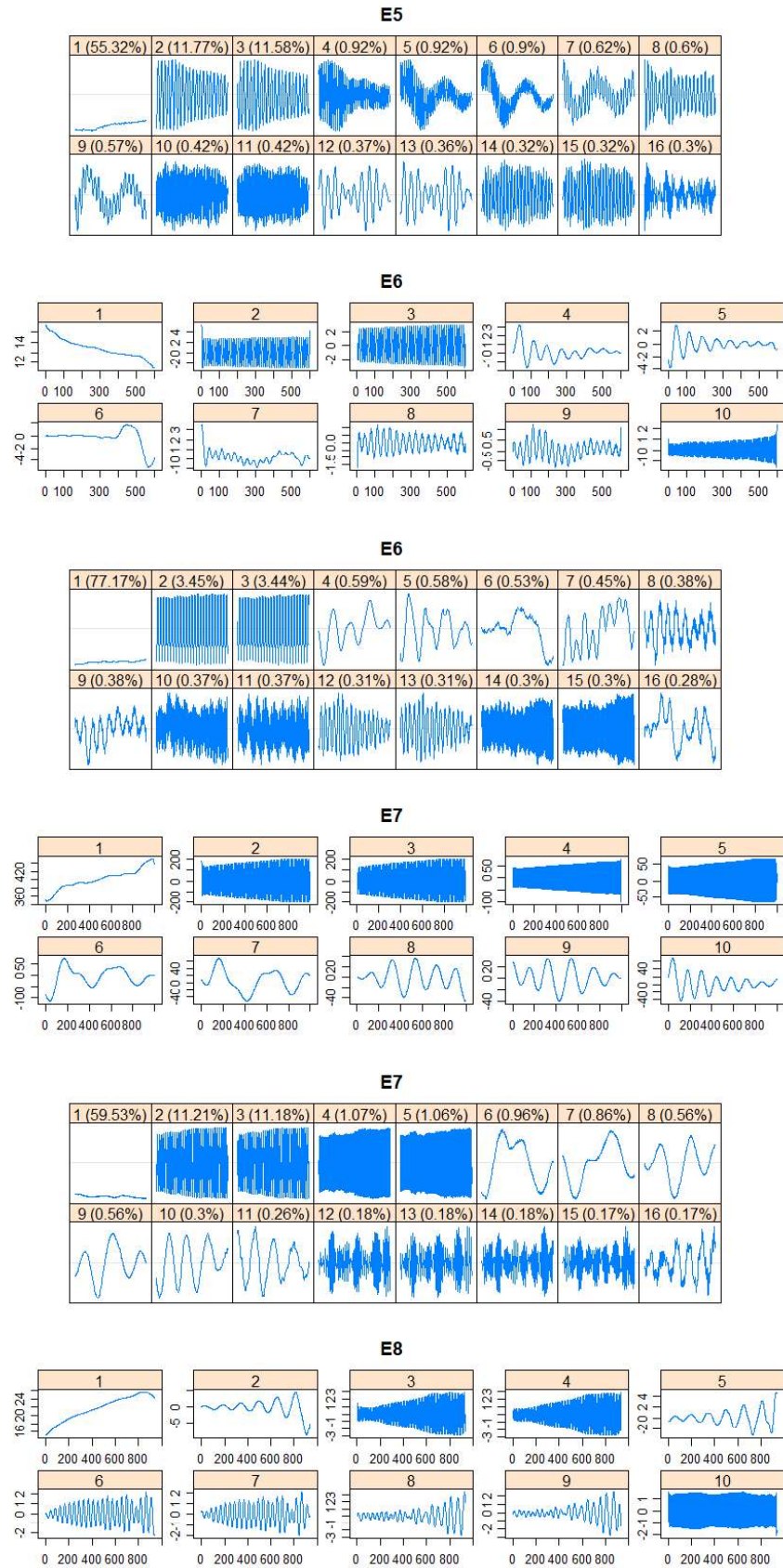
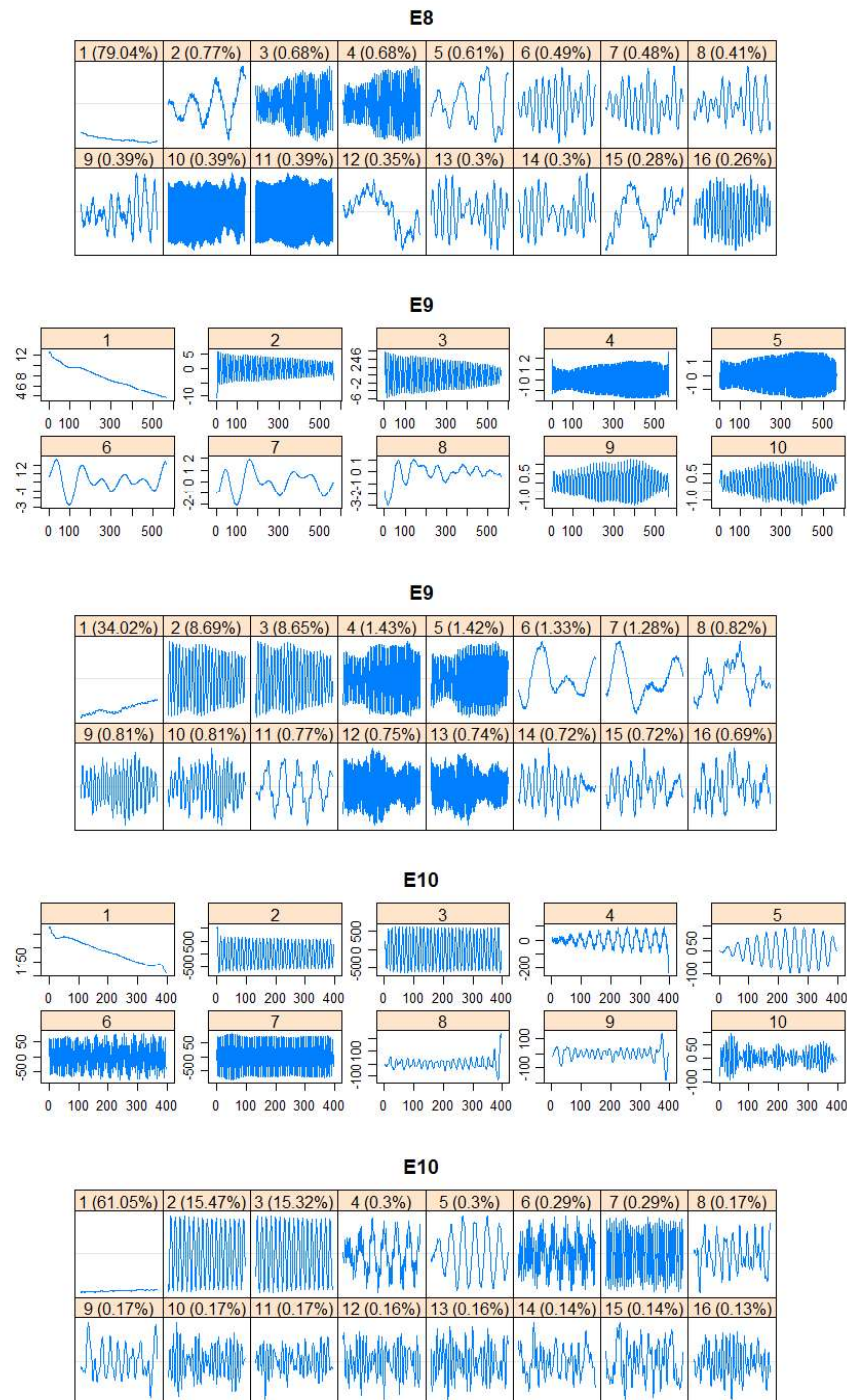


Figura 9 – Decomposição das séries

(conclusão)



Fonte: Autoria Própria (2023).

A Figura 10 apresenta os pares de autovetores das séries estudadas. Esses gráficos são importantes para ilustrar componentes harmônicos (sazonalidade) através da identificação de formas geométricas. Nos pares de autovetores (2-3) existe um dodecágono bem definido em todas as séries decompostas. O período sazonal é determinado pela quantidade de arestas que compõe a forma geométrica. Portanto, esse par de autovetores denota uma sazonalidade com

período de 12 meses. Outros pares de autovetores apresentam um período sazonal igual a 6 meses (hexágono) e 4 meses (losango). Essas conformações reproduzem uma característica de variabilidade intra-anual forte, em que, a sazonalidade de 12 meses é associada a repetição de semelhanças das características ano a ano, a de 6 meses representa os períodos de cheias e secas. Por último, a sazonalidade referente a 4 meses pode ser associada a influência das estações que integram o ano. As formas irregulares são típicas do ruído.

Figura 10 - Pares de Autovetores

(continua)

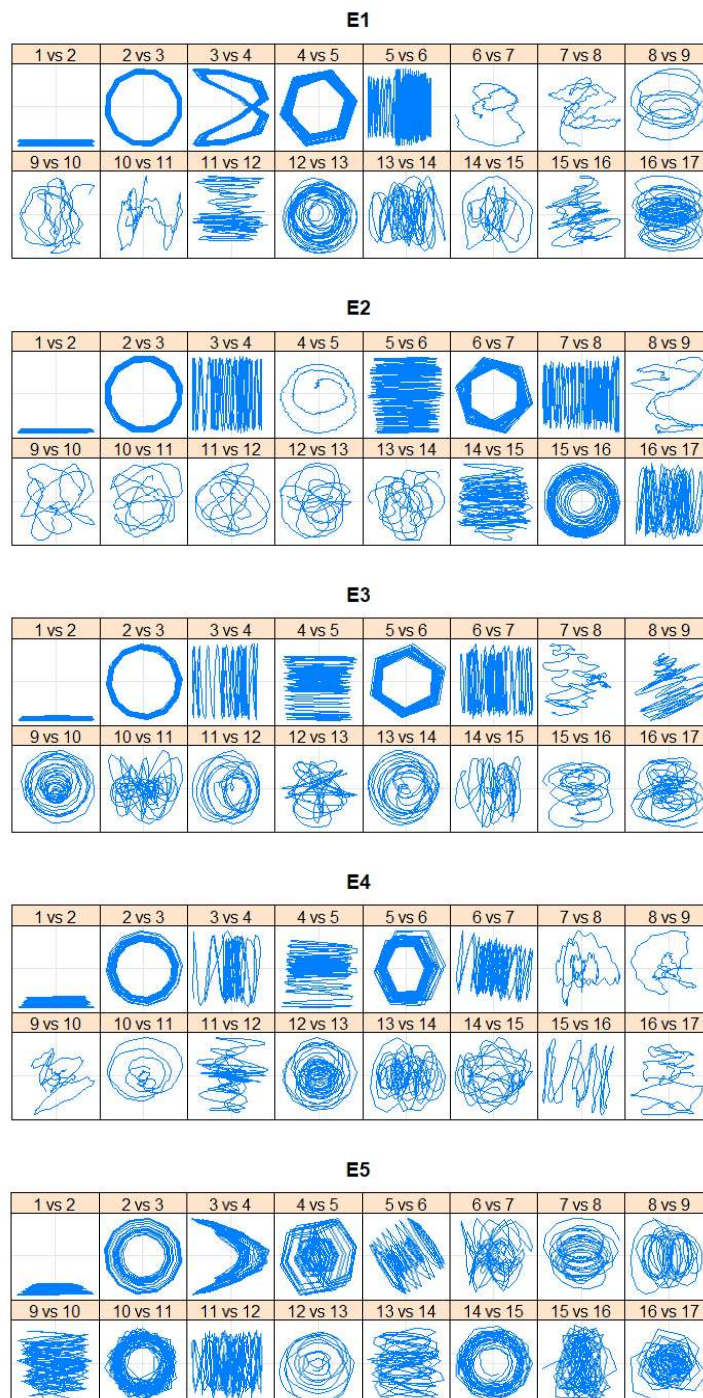
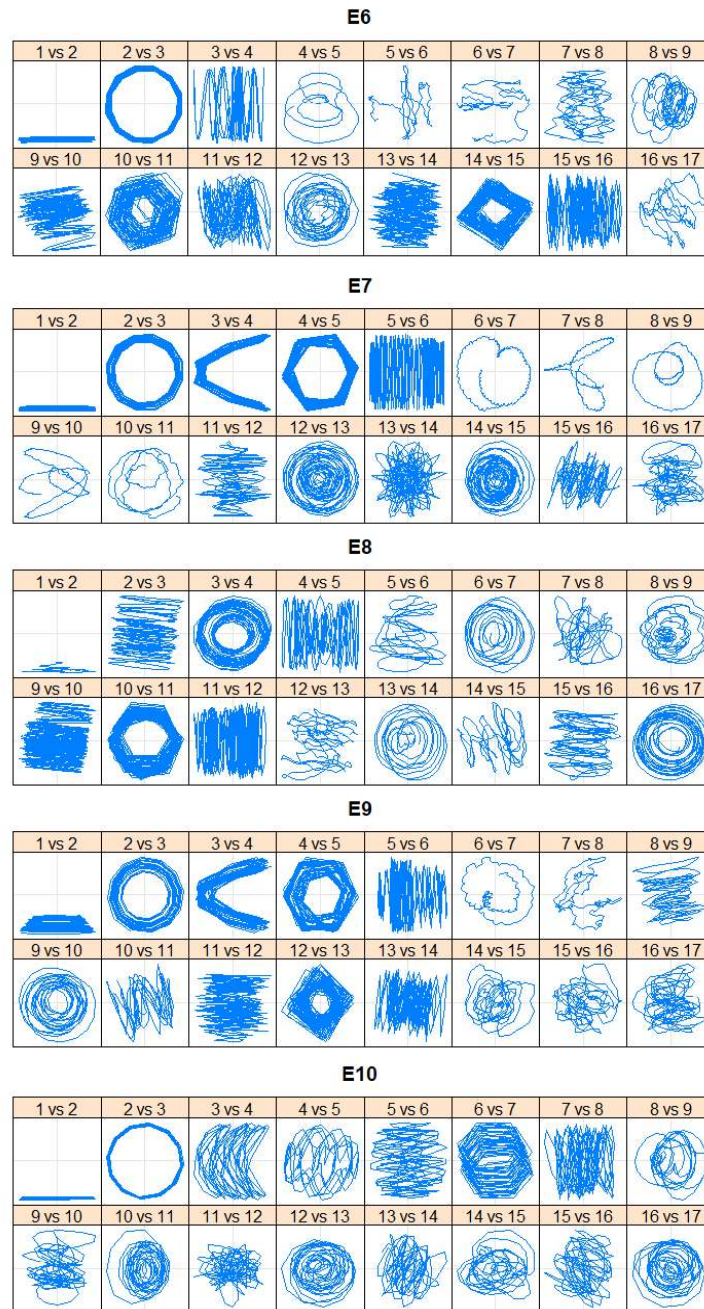


Figura 10 – Pares de Autovetores

(conclusão)



Fonte: Autoria Própria (2023).

A capacidade de decomposição e da geração de informações dos componentes de uma série temporal pode, de acordo com Unnikrishnan e Jothiprakash (2018), permitir o reconhecimento de padrões de uma série temporal, sendo importante quando há necessidade de estudar a influência de outros fatores na série temporal. Portanto, os autores destacam a capacidade da técnica SSA decompor uma série temporal em vários componentes interpretáveis, como tendência, periodicidade, componentes sazonais e flutuações irregulares (ou ruído).

5.2.2 Separação do sinal e ruído

Como exposto, a técnica SSA permite decompor uma série temporal em componentes sinal e ruído. O termo comumente denominado sinal representa as componentes determinísticas de interesse, como tendência e onda senoidal (HASSANI, 2007). Conforme Golyandina e Korobeynikov (2018), *w-correlation* (correlação ponderada) contém informações muito úteis que podem ser usadas para detecção de separabilidade e identificação de grupos. Componentes bem separados têm correlação fraca (ou zero) com outros componentes (sendo normalmente, associados como componentes determinísticos) enquanto que, componentes mal separados apresentam alta correlação com outros autovetores, representando a parte ruidosa da série. A Figura 11 apresenta a matriz de correlação ponderada para as séries estudadas considerando os 52 primeiros autovetores.

Figura 11 - Matriz de correlação ponderada dos 52 primeiros autovetores

(continua)

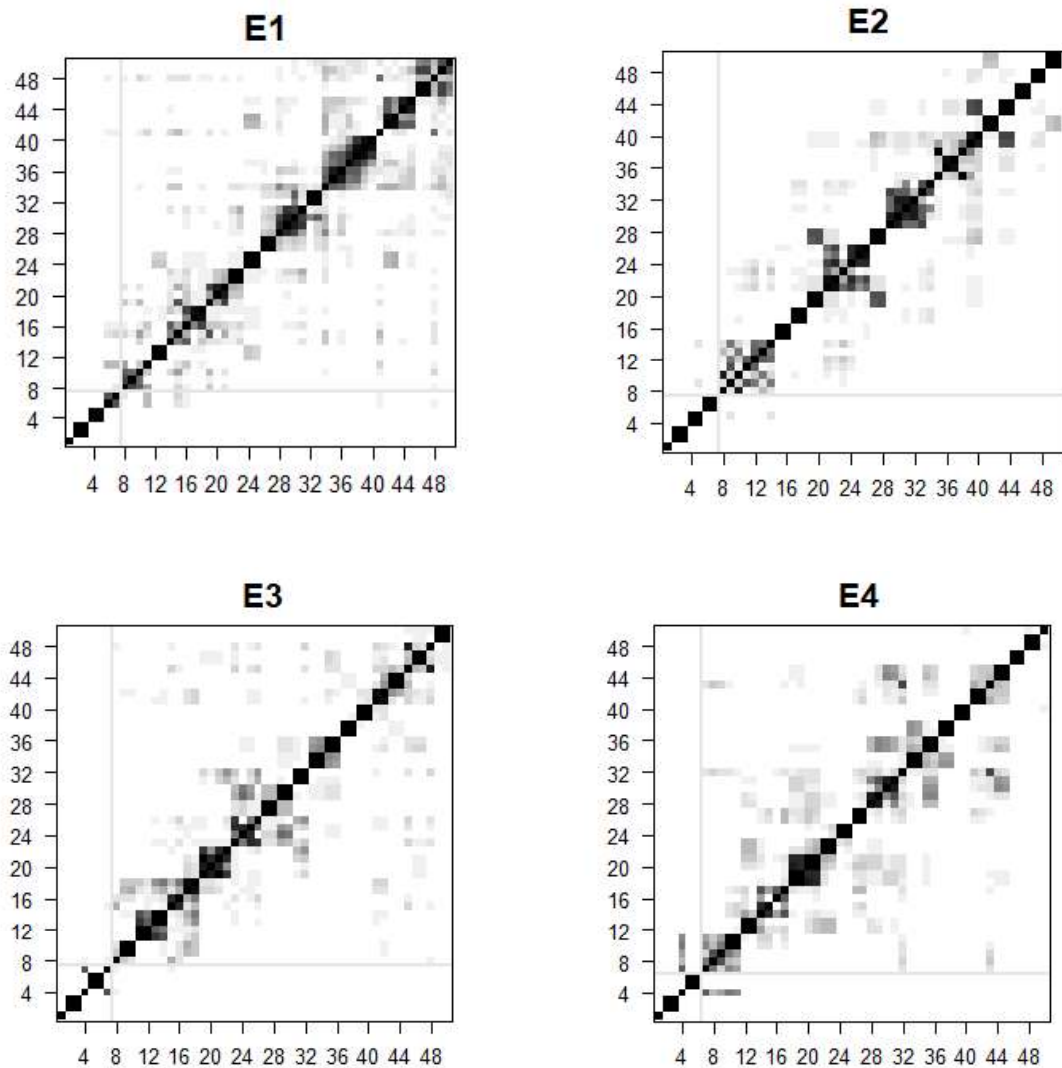
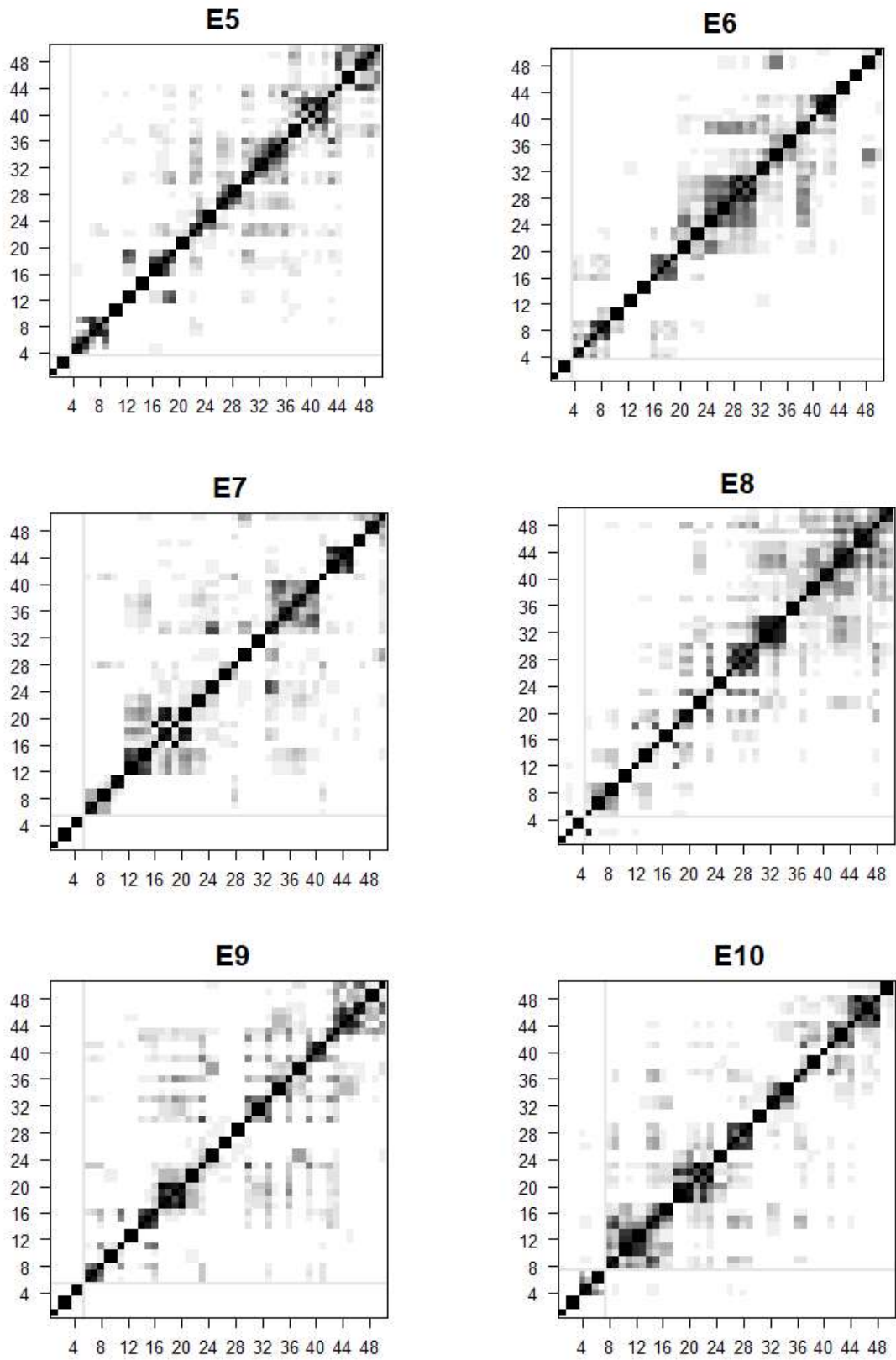


Figura 11 - Matriz de correlação ponderada dos 52 primeiros autovetores

(conclusão)



Fonte: Autoria Própria (2023).

Conforme a Figura 11, em todas as séries, a primeira componente refere-se à tendência (autovetor isolado). A componente onda senoidal pode ser formada pelas componentes 2-3, 4-5, 5-6, 6-7 entre outros (ver Tabela 9), por possuírem correlações fortes no gráfico *w-correlation*. No geral, a partir do autovetor 8, é nítida a presença de ruído, devido a presença de correlações dos autovetores com outros autovetores. Devido a isso, apesar de outros autovetores serem correlacionados entre si, como em 10-11, 14-15 para a E6, 10-11 para a E8 e 12-13 para E9 e formarem componentes de ondas senoidais, esses são correlacionados com outros autovetores, sugerindo lastros de ruídos associados, não sendo requisitados, portanto, para a etapa de reconstrução da série. A Tabela 8 ilustra tal cenário, em que, nem todas as componentes correlacionadas que conformam características determinísticas foram consideradas na etapa de reconstrução das séries.

5.2.3 Reconstrução da série

Nessa etapa, a série é reconstruída considerando as componentes extraídas na etapa de decomposição. Considerou-se os autovetores 1 de tendência e no máximo, do 2 ao 7 de sazonalidade. A Tabela 9 apresenta as autotriplas significativas e aquelas utilizadas para reconstrução das séries. Conforme discutido, existem componentes senoidais que possuem correlações com outros autovetores (de ruído, principalmente) que, devido a isso, não foram considerados na etapa de reconstrução das séries.

Tabela 9 - Autovetores (Autotriplas) significativas e usadas para reconstrução

Estações	Autotriplas Significativas	Autotriplas Usadas
E1	{1}, {2,3}, {4,5}	1:7
E2	{1}, {2,3}, {6,7}	1:7
E3	{1}, {2,3}, {5,6}	1:7
E4	{1}, {2,3}, {5,6}	1:6
E5	{1}, {2,3}, {4,5}	1:4
E6	{1}, {2,3}, {10,11}, {14,15}	1:4
E7	{1}, {2,3}, {4,5}	1:5
E8	{1}, {3,4}, {10,11}	1:4
E9	{1}, {2,3}, {4,5}, {12,13}	1:5
E10	{1}, {2,3}, {6,7}	1:7

Fonte: Autoria Própria (2023).

5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS PARA PREVISÃO

5.3.1 Análise visual das séries ajustadas e reconstruídas

As Figuras 12 e 13 mostram, respectivamente, os ajustes aos dados alcançados pelos modelos SARIMA e a reconstrução das séries originais pela técnica SSA, após agrupamento das componentes de interesse. É possível observar, no geral, que as variações das séries de vazões ajustadas (em vermelho) são consistentes com as séries de vazões originais (em preto), especialmente os valores máximo/mínimo e as taxas de aumento e decréscimos. Observa-se que, uma das diferenças observadas é relativo aos correspondentes modelos SARIMA, que possui melhor capacidade de capturar os picos (extremos) das séries em relação às séries reconstruídas pela técnica SSA. Isso se deve, basicamente, às características das duas metodologias. Enquanto a primeira (SARIMA) considera o ruído (associado muitas vezes aos valores extremos) como parte integrante do processo de modelagem, a SSA identifica e remove essa componente do seu processo de análise.

Dentre as estações, destaca-se os ajustes obtidos pelas metodologias às séries correspondentes às estações E8 e E9. A primeira, apresenta os piores desempenhos visuais de ajuste, enquanto que, para a segunda, devido às características específicas de magnitude de vazões, próximas a zero na maioria dos meses do ano, a série ajustada por meio do modelo SARIMA apresentou valores negativos, fisicamente impossível, evidenciando uma inconsistência considerável da referida metodologia.

Figura 12 - Ajuste dos modelos SARIMA (em vermelho) aos dados observados (em preto) das estações estudadas

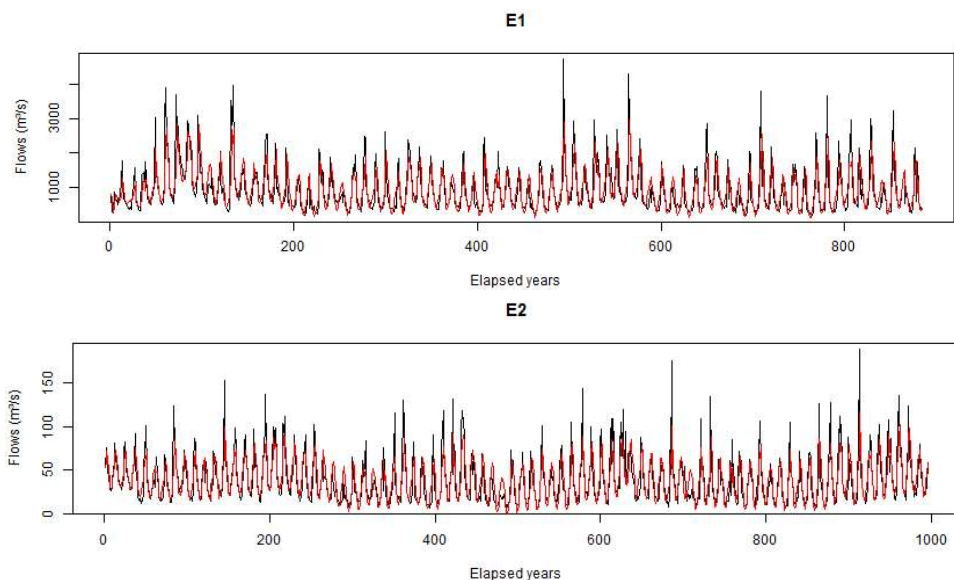


Figura 12 - Ajuste dos modelos SARIMA (em vermelho) aos dados observados (em preto) das estações estudadas

(continuação)

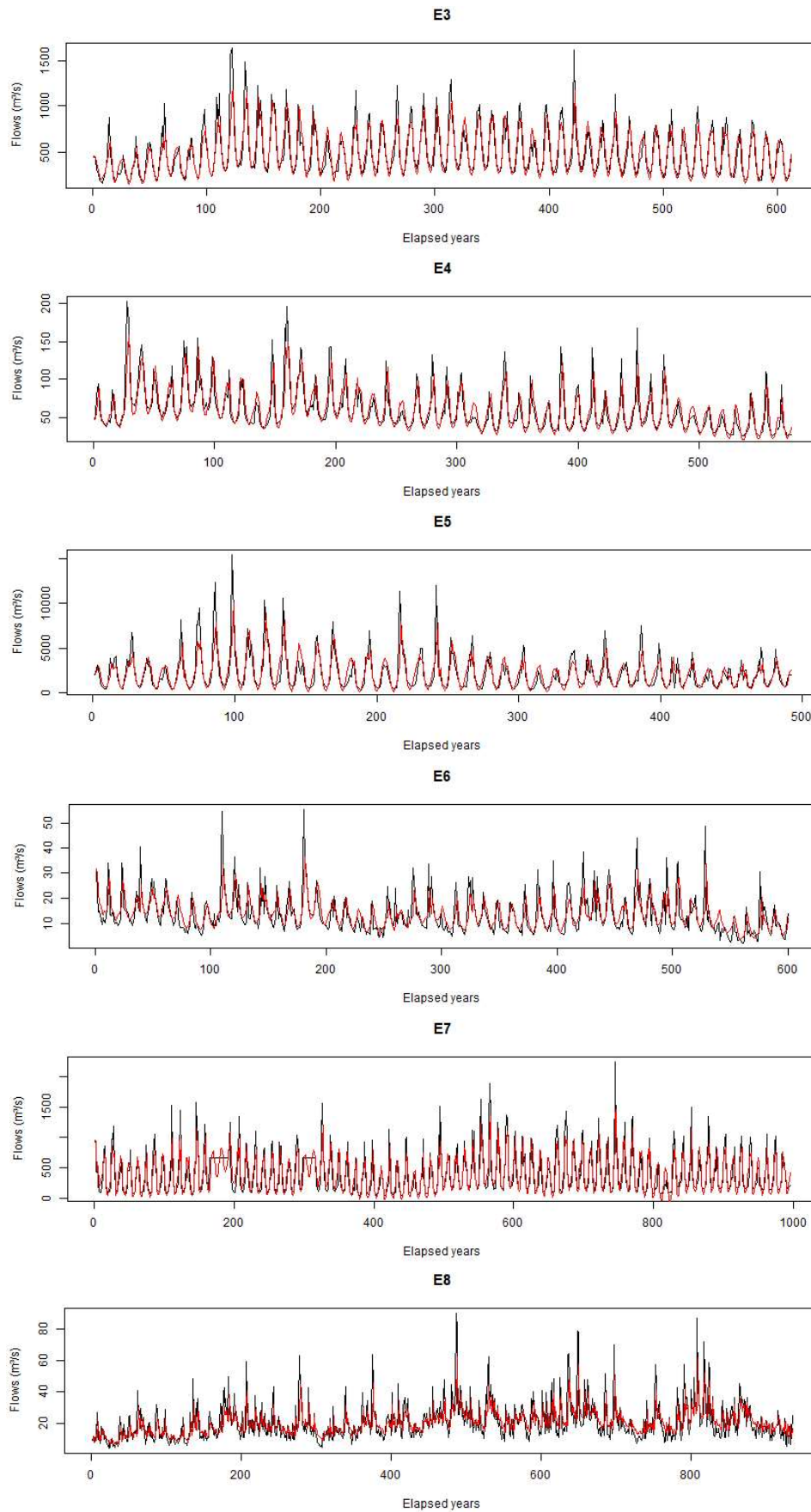
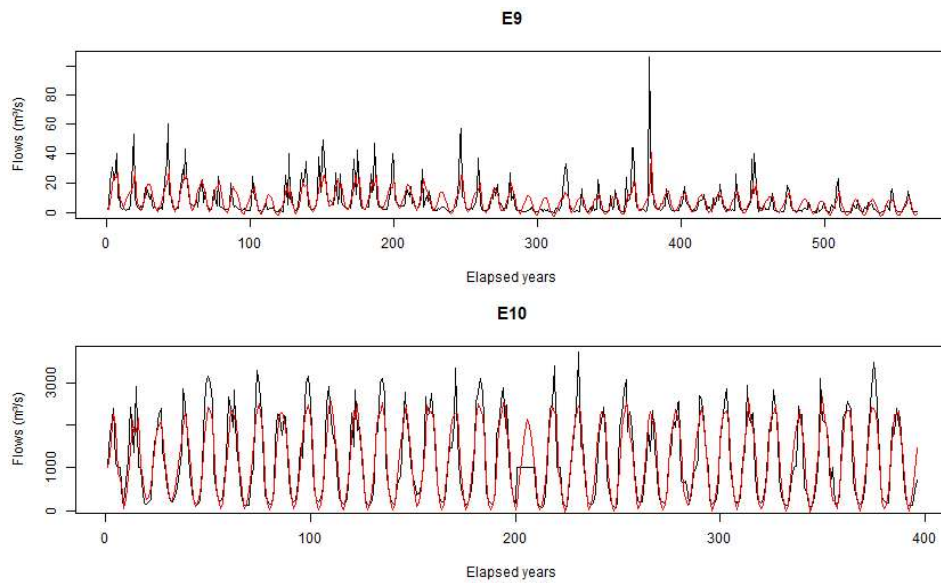


Figura 12 - Ajuste dos modelos SARIMA (em vermelho) aos dados observados (em preto) das estações estudadas

(conclusão)



Fonte: Autoria Própria (2023).

Figura 13 - Ajuste das séries reconstruídas pela SSA (em vermelho) aos dados observados (em preto) das estações estudadas

(continua)

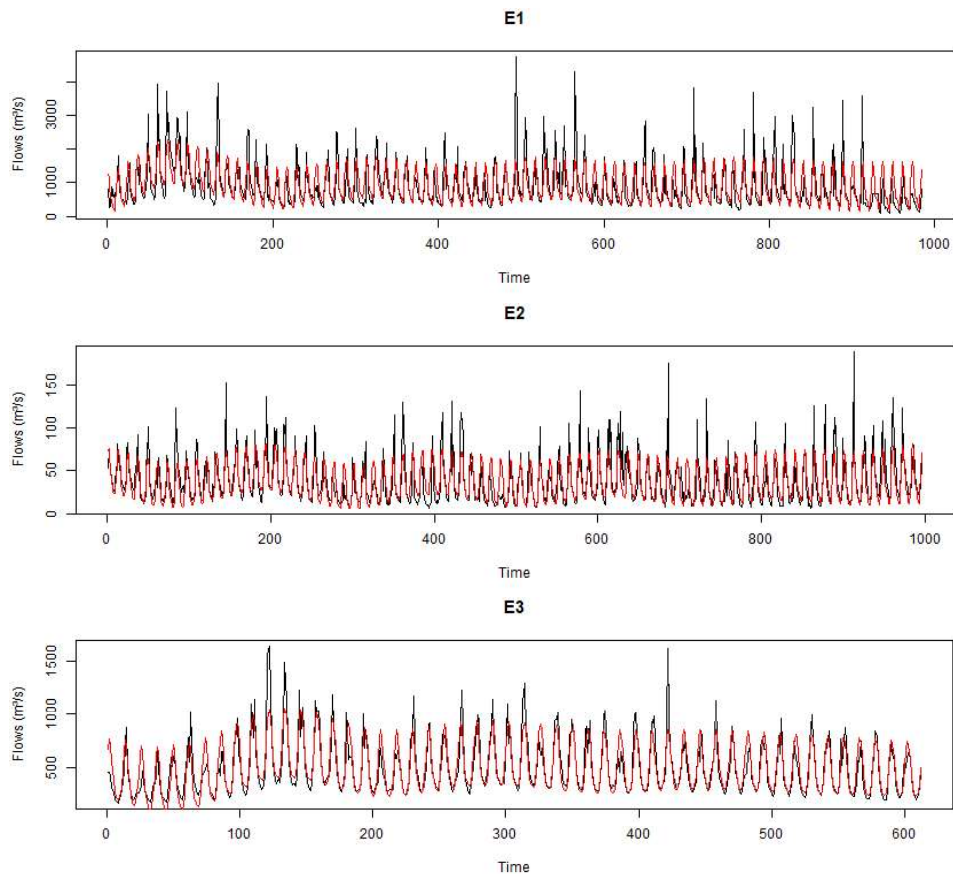


Figura 13 - Ajuste das séries reconstruídas pela SSA (em vermelho) aos dados observados (em preto) das estações estudadas

(continuação)

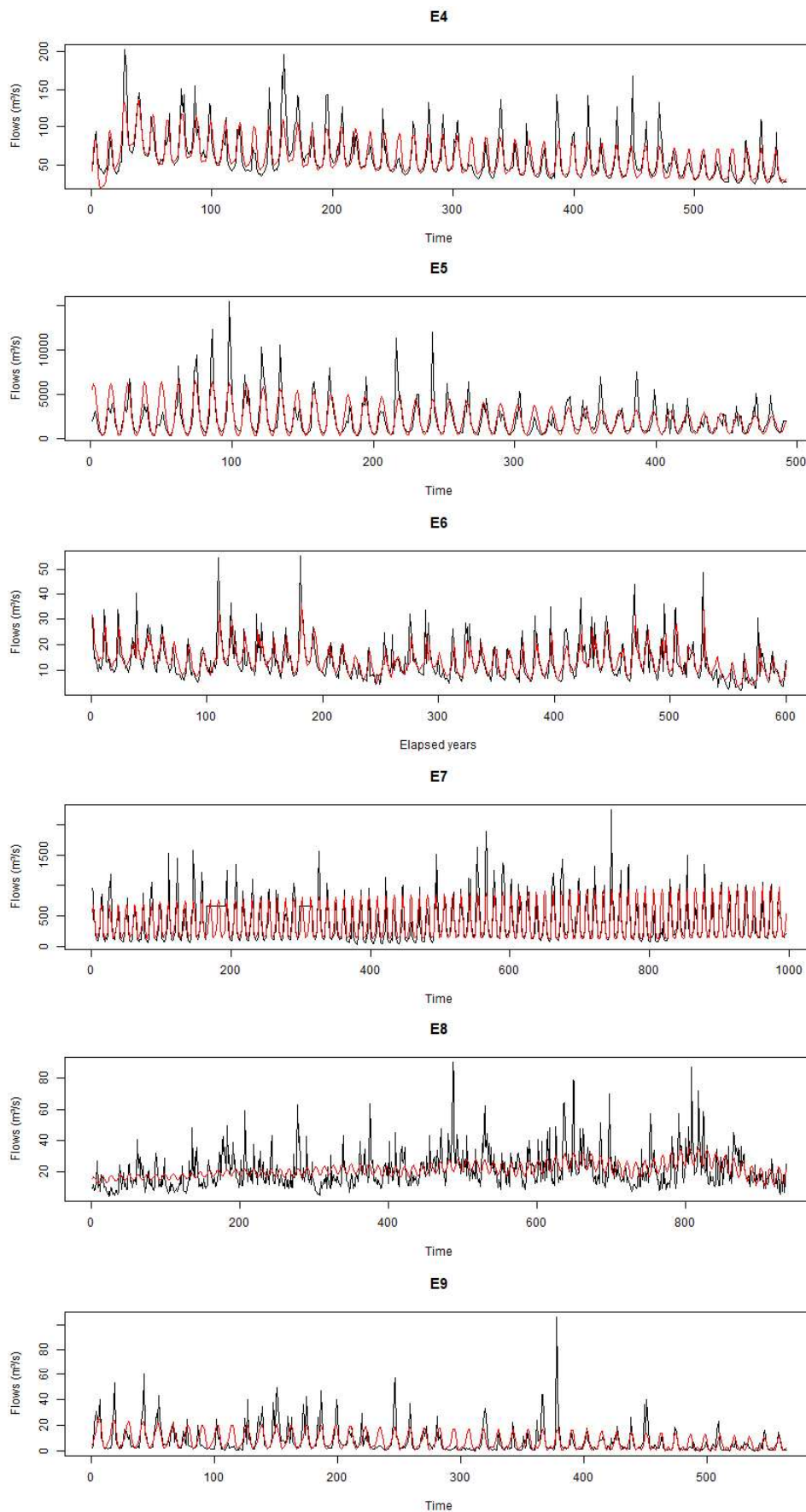
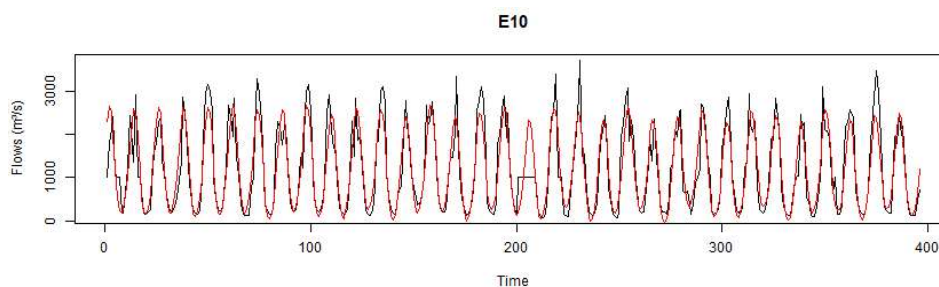


Figura 13 - Ajuste das séries reconstruídas pela SSA (em vermelho) aos dados observados (em preto) das estações estudadas

(conclusão)



Fonte: Autoria Própria (2023).

5.3.2 Desempenho de ajuste

A Tabela 10 mostra os valores dos indicadores de desempenho na fase de ajuste das séries modeladas pelas diferentes metodologias. Em geral, o modelo SARIMA apresenta um desempenho melhor nessa etapa do que a técnica SSA. Isso pode ser verificado pelos valores superiores dos indicadores NSE, d_2 e r e valores menores dos indicadores de erro Viés, REQM e EAM. Isso demonstra que, para essa etapa, o ruído apresenta forte influência na qualidade dos indicadores de desempenho.

Quando comparado a qualidade entre os modelos SARIMA, pode-se observar que os indicadores de desempenho de erro (Viés, REQM e EAM) são menores para as estações que possuem pequena área de drenagem (E6, E8 e E9), ao passo que, eles aumentam em função de bacias hidrográficas maiores. Ao contrário, observa-se que, para os indicadores de desempenho NSE, d_2 e r , de forma geral, apresentam melhores resultados em bacias de maior expressão. Os indicadores que possuem valores mais apreciáveis são obtidos para as estações E3 e E10 que representam áreas de drenagem intermediárias daquelas avaliadas no estudo.

De forma semelhante, a técnica SSA também apresentou os menores erros (Viés, REQM e EAM) nas bacias hidrográficas de menor expressão (E6, E8 e E9), assim como, valores superiores para os indicadores NSE, d_2 e r para aquelas com áreas de drenagem maiores. Observa-se também que, assim como observado para modelagem SARIMA, as estações E3 e E10 apresentaram os melhores valores dos indicadores NSE, d_2 e r .

Tabela 10 - Indicadores de desempenho de ajuste dos modelos SARIMA e da técnica SSA das séries estudadas

Estação	Método	Viés	REQM	EAM	NSE	d_2	r
E1	SARIMA	2,9135	14,4880	272,386	0,5739	0,8489	0,8491
	SSA	-23,8854	14,6594	307,5433	0,5146	0,8166	0,7716
E2	SARIMA	-0,0302	0,52359	10,7113	0,6218	0,8704	0,8761
	SSA	1,3695	0,5455	11,7097	0,5895	0,8546	0,8107
E3	SARIMA	1,3500	4,8608	79,0697	0,7634	0,9289	0,9372
	SSA	-8,4277	4,7964	79,5926	0,7696	0,9330	0,9303
E4	SARIMA	-0,3669	0,6641	10,4043	0,6865	0,9014	0,9079
	SSA	0,3432	0,7061	11,1511	0,6456	0,8777	0,86472
E5	SARIMA	2,7192	56,6083	748,0558	0,6049	0,8633	0,8846
	SSA	-43,0652	60,5019	800,9598	0,5487	0,8434	0,8719
E6	SARIMA	-0,2029	0,2301	3,6304	0,4491	0,7806	0,7789
	SSA	-0,1570	0,2490	4,3148	0,3547	0,6962	0,6503
E7	SARIMA	-1,5696	5,7560	125,1819	0,6839	0,9001	0,9003
	SSA	-3,0626	6,4574	135,5453	0,6022	0,8666	0,8073
E8	SARIMA	0,3203	0,2894	6,0631	0,3909	0,7428	0,6750
	SSA	-0,6074	0,3326	7,4264	0,1953	0,5283	0,4517
E9	SARIMA	-0,3388	0,3554	5,0413	0,3637	0,7200	0,7662
	SSA	-0,0762	0,3541	4,9097	0,3684	0,7145	0,6654
E10	SARIMA	3,0518	20,4528	299,7727	0,8147	0,9459	0,9267
	SSA	-3,7066	19,9202	282,9232	0,8242	0,9499	0,9180

Fonte: Autoria Própria (2023).

5.3.3 Desempenho de previsão

Ao contrário da etapa de ajuste, baixos valores do Viés, REQM e EAM e altos valores NSE, d_2 e r confirmam o bom desempenho da técnica SSA em detrimento da modelagem SARIMA, conforme valores apontados pelos respectivos indicadores, dispostos na Tabela 11. Esses achados evidenciam que, apesar de na fase de ajuste o modelo SARIMA possuir melhor desempenho, a reconstrução das séries sem a componente ruído por meio da técnica SSA, evidencia como esse componente interfere na qualidade da previsão.

Observa-se que, entre os modelos SARIMA, aqueles que apresentam melhor desempenho dos indicadores de desempenho (Viés, REQM e EAM) na etapa de previsão, são obtidos pelas estações com menores magnitudes de área de drenagem (E6, E8 e E9). Quanto aos indicadores de desempenho NSE, d_2 e r , pode-se observar que, todos modelos apresentam desempenho ruim. Baixos valores do d_2 indicam, por exemplo, falta de concordância entre os valores previstos com os observados, valores negativos para NSE indicam que a média pode

ser um preditivo melhor do que os apresentados pelos modelos e, para o indicador r , existem correlações negativas, no qual, o comportamento da variável observada é inversamente reproduzido pelas previsões dos modelos.

Observa-se que, para a técnica SSA, os menores valores encontrados para os indicadores Viés, REQM e EAM referem-se as estações com menores áreas de drenagem (E2, E3, E4, E6, E8 e E9), concordando com o comportamento numérico qualitativo apresentado na etapa de reconstrução. Os maiores valores dos indicadores NSE, d_2 e r por sua vez, são observados nas estações E3, E5 e E7, sendo que, a E5 apresenta a maior área de drenagem entre as estações estudadas. Destaca-se a limitada incidência de valores negativos do indicador NSE (apenas as estações E2, E9 e E10). De acordo com a correlação de *Pearson* (r), as séries das estações (E1, E3, E7 e E10) previstas pela técnica possuem correlação positiva forte (acima de 0,90) com os valores observados. Esse bom desempenho é acompanhado da boa concordância entre os valores observados e previstos, tendo em vista os altos valores encontrados para o indicador d_2 dessas estações.

Tabela 11 - Indicadores de desempenho de previsão dos modelos SARIMA e da técnica SSA das séries estudadas

Estação	Método	Viés	REQM	EAM	NSE	d_2	r
E1	SARIMA	322,1612	167,2046	406,155	-0,4980	0,0128	-0,6153
	SSA	-70,7636	102,4182	253,7684	0,4379	0,8345	0,9300
E2	SARIMA	-66,5787	19,6748	66,5787	-131,2636	0,1837	-0,5524
	SSA	-17,5535	7,6766	18,7791	-19,1354	0,3136	0,6643
E3	SARIMA	-130,6225	69,3370	220,4448	-0,5797	0,0146	-0,7972
	SSA	-85,0225	33,6072	89,7534	0,6288	0,9082	0,9090
E4	SARIMA	7,3068	11,4391	27,3506	-0,1551	0,0112	-0,7132
	SSA	15,3274	8,4438	15,3274	0,3706	0,6899	0,8951
E5	SARIMA	-1336,691	459,2779	1346,987	-3,0858	0,0919	-0,2027
	SSA	66,0956	126,5704	331,5085	0,6896	0,9012	0,8321
E6	SARIMA	-3,4044	2,9874	9,5629	-0,6630	0,0105	-0,7062
	SSA	2,7287	1,7662	4,4020	0,4187	0,7417	0,7622
E7	SARIMA	-99,5420	69,6983	228,7771	-0,2049	0,000	-0,5384
	SSA	-110,6454	44,7008	112,5323	0,5043	0,9143	0,9230
E8	SARIMA	3,7891	2,5179	6,8703	-0,5608	0,0270	-0,6643
	SSA	0,7147	1,9719	5,1146	0,0426	0,5721	0,3986
E9	SARIMA	5,8010	2,8860	5,8010	-0,5075	0,0000	NA
	SSA	0,5548	2,4909	4,9550	-0,1230	0,3234	0,5524
E10	SARIMA	-1787,641	658,5895	1984,686	-3,4253	0,1603	-0,5174
	SSA	164,7788	172,0695	367,7137	-8,4031	0,8912	0,9160

Fonte: Autoria Própria (2023).

5.3.4 Diferença relativa percentual da previsão

A Tabela 12 mostra os resultados das diferenças relativas percentuais entre os indicadores de qualidade usados na avaliação das metodologias SARIMA e SSA para a etapa de previsão. Para auxiliar, os valores da diferença relativa acompanhado da indicação (+) e (-) representam, respectivamente, o aumento e a perda da qualidade de previsão da metodologia SARIMA em relação a técnica SSA.

Inicialmente, pode-se observar que ambas metodologias se diferenciam consideravelmente, possuindo valores de diferenças relativas altas. Além disso, os modelos SARIMA apresentam perdas de qualidade dos indicadores em relação a técnica SSA em praticamente todos indicadores de desempenho (exceção apenas para o Viés nas estações E4 e E7). Dentre os indicadores, NSE e r reproduziram as maiores diferenças das metodologias. Isso já era esperado, visto que, para os modelos SARIMA, todas as estações obtiveram valores negativos para o indicador NSE, enquanto que, apenas algumas estações (E2, E9 e E10) apresentaram valores negativos obtidos por meio da técnica SSA. Em consonância, valores opostos encontrados pelo indicador r (negativos para a metodologia SARIMA e positivos para a técnica SSA) respondem pelos altos valores de diferenças entre as abordagens.

Tabela 12 - Diferença relativa percentual dos indicadores de desempenho entre os modelos SARIMA e a técnica SSA para a etapa de previsão

Estação	Viés	REQM	EAM	NSE	d_2	r
E1	308,2850 (-)	48,0570 (-)	46,1831 (-)	3114,4800 (-)	193,9573 (-)	982,0782 (-)
E2	116,5430 (-)	87,7337 (-)	111,9982 (-)	149,1080 (-)	52,2421 (-)	2174,6200 (-)
E3	42,2917 (-)	69,4158 (-)	84,2631 (-)	4922,6070 (-)	193,6714 (-)	3052,2360 (-)
E4	70,8715 (+)	30,1294 (-)	56,3437 (-)	487,8886 (-)	193,6100 (-)	1768,3340 (-)
E5	220,8080 (-)	113,5815 (-)	120,9987 (-)	315,1160 (-)	162,9846 (-)	328,8211 (-)
E6	1815,3300 (-)	51,3800 (-)	73,9124 (-)	885,5510 (-)	194,4164 (-)	5244,2860 (-)
E7	10,5652 (+)	43,7022 (-)	68,1169 (-)	473,7475 (-)	200,0000 (-)	759,9584 (-)
E8	136,5247 (-)	24,3218 (-)	29,2985 (-)	232,8830 (-)	181,9730 (-)	800,0750 (-)
E9	165,0839 (-)	14,6962 (-)	15,7307 (-)	121,9670 (-)	200,0000 (-)	200,0000 (-)
E10	240,6140 (-)	117,1407 (-)	137,4743 (-)	84,1669 (+)	139,0204 (-)	719,2173 (-)

Fonte: Autoria Própria (2023).

As estações E5 e E10 apresentam os maiores valores das diferenças relativas para os indicadores REQM e EAM. O maior valor da diferença relativa para o indicador NSE foi verificado para as estações E1 e E3. Isso deduz que, para esses indicadores, as estações com

áreas de drenagem maiores foram responsáveis por reproduzirem as maiores diferenciações entre as abordagens. Já para o indicador r , as estações E6 e E3 reproduziram, respectivamente, as maiores diferenças relativas entre as abordagens. Essas estações apresentam valores menores e intermediários de áreas de drenagem.

5.4 DIFERENCIAÇÃO ENTRE AS ABORDAGENS SSA E SARIMA

A não estacionariedade da média ou variância e as quebras estruturais das séries hidrológicas apresentam-se como desafios, devido ao fato de que tais características não são intrínsecas aos dados, mas provêm de fatores exógenos, como mudanças de uso e ocupação do solo e das mudanças climáticas, fenômenos climáticos, como *El Niño* e *La Niña*, tamanho das bacias de contribuição e de suas características geomorfológicas, alterações dos regimes fluviométricos por meio de instalações de usinas hidrelétricas, entre outros. Em outras áreas, influências exógenas, como para séries financeiras, através de mudanças políticas e tecnológicas, de preferências dos consumidores e da assimetria informacional (HASSANI e ZHIGLJAVSKY, 2009) e em séries de turismo, como as recessões (HASSANI et al., 2015), também podem quebrar as estruturas estacionárias das séries.

Variáveis ambientais e, de forma específica, hidrológicas, frequentemente não atendem os pressupostos dos modelos estruturais ou autorregressivos de séries temporais, como a normalidade, linearidade e estacionariedade dos dados ou resíduos. Devido a isso, a aplicação de tal abordagem limita seu uso prático. Adicionalmente, a consideração do ruído pode comprometer a capacidade preditiva dos modelos de séries temporais clássicos. Para Hassani e Thomakos (2010), em geral, existem duas abordagens metodológicas principais no que diz respeito à previsão de séries temporais com ruído: na primeira, ignora-se a presença dele e ajusta-se um modelo que melhor extraia as dinâmicas determinísticas subjacentes; por sua vez, na segunda abordagem, que é mais efetiva, tenta-se decompor a série em subcomponentes, identificar o componente ruído e removê-lo e, após isso, prever novas informações da série filtrada. Desse modo, as metodologias de séries temporais clássicas e a técnica SSA se diferenciam, principalmente, em como o ruído é considerado. Na primeira, o ruído é parte integrante no processo de modelagem, enquanto que, na SSA, esse é identificado e removido de seu processo de análise (HASSANI et al., 2015; GOLYANDINA et al., 2018).

Golyandina et al. (2018) destacam também que, a diferença essencial entre a SSA e a maioria dos métodos de análise de séries temporais com presença de tendência e/ou sazonalidades, reside no fato de que a SSA não requer um modelo a priori para tendência, bem como o conhecimento a priori do número de sazonalidades e valores do período. Além disso, as sazonalidades podem ser moduladas de diferentes maneiras e, portanto, o tipo de modelo, aditivo ou multiplicativo, não precisa ser mantido e levado em consideração. Conforme observado no presente estudo e afirmado por Zhu et al. (2014), a presença de sazonalidade dificulta a modelagem eficiente da série temporal por técnicas de modelagem estocástica, principalmente em séries ruidosas que impõe maiores dificuldades para identificar esse componente (ELFEKY et al., 2005).

Nos casos em que a série apresenta periodicidades relevantes, normalmente nos métodos clássicos de análise de séries temporais, é necessário a aplicação de diferenças. Hassani et al. (2009) relata que, ao contrário dos modelos da classe ARIMA, a escolha de um grau apropriado de diferenciação não é uma questão empregada na SSA. Além disso, a SSA pode ser aplicada em processos estatísticos arbitrários, lineares ou não lineares, estacionários ou não, gaussianos ou não (HASSANI, 2010). A SSA também é adequada em aplicações com séries temporais de pequeno tamanho (HASSANI, 2007, HASSANI et al., 2009), diferentemente da abordagem de séries temporais clássicas.

De forma complementar, Brockwell (2016) relata a necessidade de remover a tendência e componentes sazonais para resultar em resíduos estacionários. Além disso, o emprego de transformações aos dados é necessário para superar tais limitações (EBTEHAJ et al., 2020). Outra requisição da modelagem Box e Jenkins refere-se à necessidade de inferir o período sazonal das séries estudadas. Inclusive, tal requisito é essencial para identificação e ajuste dos modelos (BOX e JENKINS, 2008). A identificação de períodos dominantes é um problema frequentemente encontrado na análise de dados de séries hidrológicas (PADMANABHAN e RAO, 1988), isso porque, séries temporais hidrológicas resultam de um sistema complexo, compreendidas em uma ampla gama de escalas de tempo (SALAS et al., 1980 e SEUNGHO et al., 2005).

Como já mencionado, outro aspecto que diferencia as abordagens SSA e SARIMA reside no fato de que, a primeira é livre de modelo (não paramétrica), enquanto na segunda, há necessidade de ajuste de modelo, denominada de modelagem paramétrica. A escolha de apenas um parâmetro, denominado comprimento de janela (L), apesar de alguns autores

concordarem com um segundo parâmetro denominado de separabilidade (PEPELYSHEV e ZHIGLJAVSKY, 2017), torna a SSA de menor esforço computacional (SANG, 2013). Do ponto de vista computacional, Sang (2013) relata ainda que modelos estocásticos, como o SARIMA, são computacionalmente extensos devido ao processo ser alicerçado em um ciclo iterativo.

Machiwal e Jha (2012) afirmam que em muitos procedimentos de análise de séries temporais por meio da metodologia Box e Jenkins, as suposições estabelecidas em seu processo de modelagem não são atendidas. Sang et al. (2009) reforça que para rios, um sistema que responde as transformações antrópicas de uso e ocupação do solo e de mudanças climáticas, propriedades de estacionariedade, suposição intrínseca da referida metodologia (WEI, 2006), dificilmente são alcançadas.

A Tabela 13 resume as principais diferenças das abordagens metodológicas. De forma geral, desvantagens diminuem a apreciação da metodologia Box e Jenkins, principalmente às associadas as suposições distributivas aos dados e resíduos.

Tabela 13 - Vantagens e desvantagens das abordagens SSA e SARIMA

(continua)

	VANTAGENS	REFERÊNCIA
SSA	Não sofre influências significativas do analista	Esquivel et al. (2013)
	Pode ser usado por gestores de diferentes segmentos, devido a simplicidade de emprego do método	Vile et al. (2012)
	Possui apenas um parâmetro, alguns estudos sinalizam que na verdade seriam dois (janela de decomposição e o de separabilidade/reconstrução)	Pepelyshev e Zhigljavsky, (2017)
	Capacidade de decomposição das séries em componentes de interesse	Marques et al. (2006); Destro et al. (2012); Wang et al. (2019)
	Capacidade de melhora de modelos clássicos, por meio de abordagens híbridas	Zhang et al. (2011)
	Não há necessidade da definição e conhecimento do valor dos períodos e sazonalidades presentes nas séries	Golyandina et al. (2018)
	Desconsidera o ruído como parte integrante do processo de análise	Hassani et al. 2015; Golyandina et al. 2018
	Fácil emprego algorítmico	Sang (2013)
	Pouca demanda computacional	Sang (2013)

Tabela 13 - Vantagens e desvantagens das abordagens SSA e SARIMA

(conclusão)

VANTAGENS		REFERÊNCIAS
SSA	Consegue ser bem sucedido em séries temporais curtas	Hassani, (2007); Hassani et al. 2009
	Não requer suposições a distribuição dos dados	Hassani, (2010); Marques et al. (2006)
SARIMA	Capacidade de extrair informações em uma estrutura de dados	Box e Jenkins, (2008)
	Considera informações relevantes da série, como sazonalidade	Box e Jenkins, (2008)
	Considera o ruído como parte integrante do processo de modelagem	Box e Jenkins, (2008)
	Considera a correlação serial entre as observações	Box e Jenkins, (2008)
DESVANTAGENS		REFERÊNCIA
SSA	Ainda é uma técnica pouco difundida na literatura de recursos hídricos	
	Para séries que o ruído é um componente indispensável, pode não ser adequada	
SARIMA	Sofre fortes influências do analista	
	Limitações do emprego para gestores que não possuem conhecimento prévio do processo de modelagem	
	Método paramétrico	
	Requer séries com tamanho relativamente compridos (para dados mensais, acima de 30 anos)	
	Considera o ruído como parte integrante do processo de modelagem	Hassani et al. (2015); Golyandina et al. (2018); Box e Jenkins, (2008)
	Difícil emprego algorítmico	Sang (2013)
	Demanda esforço computacional	Sang (2013)
	Processo interativo que só pode ser avançado quando superado as etapas subjacentes	Box e Jenkins, (2008)
	Requer suposições aos dados	Machiwal e Jha (2012); Wei, (2006)
	Requer conhecimento do período sazonal presente nas séries, que é de difícil estabelecimento	Padmanabhan e Rao, (1988); Zhu et al. (2014); Elfeky et al. (2005)
Geralmente, é necessário transformações e diferenciações para que superem limitações das distribuições dos dados	Brockwell (2016); Ebtehaj et al., (2020); Petropoulos et al. (2022)	
Os resíduos dos modelos devem atender a normalidade e não-autocorrelação	Wei, (2006); Brockwell (2016)	

Fonte: Autoria Própria (2023).

5.5 ESTUDOS COMPARATIVOS DAS ABORDAGENS SSA E BOX E JENKINS

Em diversas áreas do conhecimento, a técnica SSA tem possibilitado melhores previsões que outros modelos usualmente utilizados para séries temporais. Hassani et al. (2009) utilizaram oito séries de índices mensais de produção industrial (produtos alimentícios, produtos químicos, metais básicos, metal fabricado, máquinas, maquinário elétrico, veículos e, por último, eletricidade e gás) da Alemanha, França e Reino Unido, com objetivo de examinar a precisão da previsão fora da amostra da técnica SSA, e comparar com os métodos ARIMA e *Holt-Winters*. Os autores usaram diferentes horizontes de previsão, sendo considerados de um, três, seis e doze meses à frente. Para avaliar o desempenho das abordagens, os autores utilizaram o REQM e a porcentagem de previsões que preveem corretamente a direção da mudança (DM). Como resultados, SSA superou os métodos ARIMA e *Holt-Winters* na previsão dos valores da série de produção de acordo com o critério REQM, particularmente em horizontes de $h = 3, 6$ e 12 meses. Observou-se também que a SSA funciona bem para tamanhos de amostra pequenos, como o caso do Reino Unido que apresentava tamanho de amostra de 84 observações. Os três métodos têm um desempenho similar em prever a direção da mudança.

Beneki et al. (2012) compararam a qualidade de previsão de dados de renda de turismo do Reino Unido por meio dos indicadores de desempenho REQM, EAM e Erro Absoluto Médio Percentual (MAPE) das metodologias: modelo de espaço de estado, SARIMA e SSA. Os resultados desses três métodos não foram muito diferentes. O REQM foi de 0,114 para SAA, 0,115 para o modelo SARIMA e 0,137 para o modelo de espaço de estado. MAE é 0,095 para SSA, 0,097 para o modelo SARIMA e 0,109 para o modelo de estado de espaço. Finalmente, o MAPE é de 1,2% para SSA, 1,25% para o modelo SARIMA e 1,4% para o modelo de espaço de estado. Dadas essas estimativas, SSA, SARIMA e o modelo de espaço de estados são categorizados do melhor para o pior método. Os autores concordam que a SSA não parece ser inferior em comparação com os outros dois métodos bem estabelecidos na literatura específica.

Vile et al. (2012) objetivaram explorar novos métodos para produzir previsões precisas que poderiam ser posteriormente incorporados nas metodologias atuais e otimizar a alocação de recursos de veículos e funcionários, por meio de uma resposta rápida a emergências

potencialmente fatais, utilizando-se de dados do Serviços Médicos de Emergência do País de Gales. Os autores compararam e avaliaram o desempenho da abordagem SSA com os resultados produzidos por métodos convencionais de séries temporais (ARIMA e *Holt-Winters*). Baseando-se no REQM, os resultados mostram que além de ser mais flexíveis, a SSA produz previsões superiores em longo prazo e de curto prazo comparáveis com os métodos consolidados na literatura.

O estudo de Vile et al. (2012) acima explorado, enaltece os benefícios da técnica SSA: 1) apesar de não estar apenas concentrado em sua capacidade de prever, pois produz previsões superiores ou, no mínimo, comparáveis com a de outros métodos; mas na sua capacidade de reconhecer periodicidades nos dados e ser flexível na abordagem, com a vantagem de poder ser facilmente implementado; 2) o algoritmo SSA pode ser prontamente obtido e fornecido aos funcionários da *Welsh Ambulance Service Trust* (WAST) para permitir revisões automáticas das previsões à medida que novos dados se tornam disponíveis, para que o WAST possa se preparar de forma mais adequada para a demanda futura; e, 3) as previsões geradas pelo SSA podem ser prontamente incorporadas às metodologias de cirurgia para determinar o número mínimo de ambulâncias a serem acionadas a qualquer momento. Esses achados corroboram com a capacidade de a técnica SSA ser uma importante ferramenta de auxílio na tomada de decisão, contribuindo para a gestão de vários segmentos, como para a área da saúde.

Esquivel et al. (2013) realizaram a comparação entre as metodologias SSA e SARIMA em um conjunto de dados reais (série temporal da velocidade média do vento, monitorada em uma estação do Brasil) e SSA e ARIMA em uma série artificial. Os autores investigaram o desempenho das abordagens sob diferentes horizontes de previsão e, conforme o EQM e Erro Percentual Total (EPT), a técnica SSA apresentou resultados satisfatórios, sendo superior em muitos horizontes de previsão, tanto para a série temporal real quanto artificial. Além disso, os autores destacam que a SSA conseguiu representar melhor as variações existentes nos dados, como flutuações sazonais e picos, características encontradas com recorrência em séries históricas. Adicionalmente, os autores reiteram que a SSA é uma alternativa atraente a metodologia Box e Jenkins ao passo que são mínimas as interferências do analista.

Hassani et al. (2015) usaram dados mensais de chegadas de turistas nos EUA do período de janeiro de 1996 a novembro de 2012, obtidos por meio do Departamento de Comércio dos EUA, com intuito de prever a referida variável. Os autores, com intuito de realizarem

previsões mais próximas aos dados reais, compararam as abordagens SSA, ARIMA, Suavização Exponencial e RNA. Os resultados apresentados mostram que a abordagem SSA produziu previsões com desempenho significativamente melhor do que os métodos alternativos.

Abreu et al. (2019) objetivaram responder qual método de modelagem (SSA ou ARIMA-GARCH) apresenta melhores resultados quando da utilização de dados de alta frequência (taxa de câmbio EUR/USD) para previsão de informações futuras. Utilizando-se de três indicadores de qualidade (MAPE, REQM e Coeficiente de Desigualdade de Theil), os autores observaram que, para a maioria dos cenários estudados (1. tendência de baixa, constituída de 1.140 observações; 2. tendência de alta, constituída de 1.471 observações; e 3. ausência de tendência, com 1.686 observações) a abordagem SSA foi relativamente superior aos modelos ARIMA-GARCH. Portanto, as previsões realizadas pelo SSA foram as que mais se aproximaram das observações reais para os três casos em que a técnica foi aplicada e para todas as medidas de qualidade, exceto no cenário 3. Os autores concluíram que as previsões da SSA, no que diz respeito às taxas de câmbio no período em questão, são mais adequadas que aquelas obtidas pelo modelo ARIMA-GARCH, independentemente do movimento do mercado, isso é, tanto para tendências de alta ou baixa, como para inexistência de tendência dominante.

Por último, os autores Fitri e Rahmat (2021) compararam a metodologia SARIMA e a técnica SSA em dados de pluviometria em uma comunidade denominada Sumatera Barat, localizada na Indonésia. Baseando-se no MAPE, os resultados foram de 17% para SSA e 22,75% para o modelo SARIMA. Com base nesses achados, os autores concordam que a SSA é uma metodologia mais atraente para prever a precipitação nessa localidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados, pode-se observar que os modelos SARIMA obtiveram melhores resultados de desempenho na etapa de ajuste quando comparado com a técnica SSA. Isso se deve ao fato de que, enquanto para o modelo SARIMA o ruído é parte integrante do processo de modelagem, a técnica SSA decompõe a série e a reconstrói sem o componente ruído. Por isso, valores extremos foram melhores capturados pelos modelos SARIMA. No entanto, ao passo da previsão, a qualidade da técnica SSA é relativamente superior ao modelo SARIMA. Isso porque, apesar de o ruído ser característico em variáveis ambientais, a sua consideração nos processos de modelagem pode levar a erros indesejáveis.

Observou-se que as características de áreas de drenagem e da localização das respectivas estações de monitoramento reproduziram diferentes comportamentos entre as metodologias estudadas. Isso porque, áreas de drenagem menores, como as encontradas pelas estações E6, E8 e E9 apresentaram melhores desempenhos numéricos para os indicadores de erro (REQM e EAM) tanto para a metodologia SARIMA quanto para a técnica SSA. Ao passo das estações com áreas de drenagens maiores, os valores dos respectivos indicadores de qualidades eram depreciados. Ao contrário, em ambas metodologias, os indicadores de qualidade NSE, d_2 e r foram superiores em estações cujas áreas de drenagens eram maiores. As características climáticas também influenciaram no comportamento das metodologias, evidenciado, principalmente, pela estação E9. Nessa estação, por representar as características semiáridas do Nordeste brasileiro, o modelo SARIMA ajustado, obteve valores de vazões negativos, fisicamente impossível.

O uso da metodologia Box e Jenkins, por meio dos respectivos modelos SARIMA, devido as suposições restritivas impostas à distribuição dos dados e dos resíduos, extenso esforço computacional, necessidade de identificação de períodos relevantes nas séries, ser um processo iterativo consistido ao atendimento das etapas subjacentes, são exemplos de dificuldades encontradas pela referida metodologia. Em contrapartida, a SSA apresenta atributos interessantes ao passo que, além de resultados superiores de previsão verificados no presente estudo, problemas relacionados às suposições estruturais e distributivas restritivas não estão presentes em seu processo de análise.

Devido as constatações encontradas no presente estudo, pode-se observar que a técnica SSA é uma ferramenta útil na análise de séries temporais de vazões. Além das rotinas de

programação serem relativamente mais simples, ganhos na redução da interferência e subjetivada do analista, e, principalmente, o não estabelecimento de restrições distributivas aos dados, faz da técnica uma ferramenta de interesse para previsão de vazões de rios. Além disso, a técnica SSA pode auxiliar a gestão de recursos hídricos, por meio de previsões mais precisas, antecipando conflitos entre usuários, diretrizes para racionalização do uso d'água, auxílios na operação de reservatórios de geração de energia elétrica, na tomada de decisão para a agricultura e de outros setores produtivos, e, gerar informações de alerta de riscos, resultando em benefícios para a sociedade e economia.

As contribuições desse trabalho se estendem em: apresentar a técnica SSA por meio de seu emprego em dados reais de vazões, até então limitado na literatura específica; e, contribuir para os avanços de qualidade de previsão. Para trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento de uma abordagem híbrida que integre o modelo SARIMA e a técnica SSA. A hipótese principal seria avaliar, se a referida perspectiva, é uma alternativa melhor aos referidos métodos isolados, visto que, a integração das metodologias pode superar as limitações e potencializar os seus pontos fortes.

REFERÊNCIAS

- ABEBE, Adane; FOERCH, Gerd. Stochastic simulation of the severity of hydrological drought. **Water and Environment Journal**, v. 22, n. 1, p. 2-10, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2007.00080.x>
- ABREU, Rafael J.; SOUZA, Rafael M.; OLIVEIRA, Joice G. Applying singular spectrum analysis and ARIMA-GARCH for forecasting EUR/USD exchange rate. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 20, n.4, 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-6971/eRAMF190146>
- ABUDU, Shalamu; CUI, Chun-liang; KING, James Phillip; ABUDUKADEER, Kaiser. Comparison of performance of statistical models in forecasting monthly streamflow of Kizil River, China. **Water Science and Engineering**, v. 3, n. 3, p. 269-281, 2010. <https://doi.org/10.3882/j.issn.1674-2370.2010.03.003>
- AKAIKE, Hirotugu. A Bayesian analysis of the minimum AIC procedure. **Selected Papers of Hirotugu Akaike**, v. 30, n. 1, p. 275-280, 1978. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1694-0_21
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- AMENDOLA, Alessandra; NIGLIO, Marcella; VITALE, Cosimo. Multi-step SETARMA predictors in the analysis of hydrological time series. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 31, n. 18, p. 1118-1126, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2006.04.040>
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- APAYDIN, Halit; SATTARI, Mohammad Taghi; FALSAFIAN, Kambiz; PRASAD, Ramendra. Artificial intelligence modelling integrated with Singular Spectral analysis and Seasonal-Trend decomposition using Loess approaches for streamflow predictions. **Journal of Hydrology**, v. 600, p. 126506, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126506>
- BAYER, Débora Missio; CASTRO, Nilza Maria dos Reis; BAYER, Fernando Mariano. Modelagem e previsão de vazões médias mensais do rio Potiribu utilizando modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 229-239, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/229947>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- BAYDAROĞLU, Özlem; KOÇAK, Kasım; DURAN, Kemal. River flow prediction using hybrid models of support vector regression with the wavelet transform, singular spectrum analysis and chaotic approach. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 130, n. 3, p. 349-359, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00703-017-0518-9>

BENEKI, Christina; EECKELS, Bruno; LEON, Costas. Signal extraction and forecasting of the UK tourism income time series: A singular spectrum analysis approach. **Journal of Forecasting**, v. 31, n. 5, p. 391-400, 2012. <https://doi.org/10.1002/for.1220>

BERA, Anil K.; JARQUE, Carlos M. Efficient tests for normality, heteroskedasticity and serial independence of regression residuals: Monte Carlo evidence. **Economics Letter**, Amsterdam, v. 7, p. 313-318, 1981. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(81\)90035-5](https://doi.org/10.1016/0165-1765(81)90035-5).

BLEIDORN, Michel Trarbach; PINTO, Wanderson de Paula; BRAUM, Edilson Sarter; LIMA, Gemael Barbosa; MONTEBELLER, Claudinei Antonio. Modelagem e previsão de vazões médias mensais do rio Jucu, ES, utilizando o modelo SARIMA. **IRRIGA**, v. 24, n. 2, p. 320-335, 2019. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n2p320-335>

BLEIDORN, Michel Trarbach; PINTO, Wanderson de Paula; SCHMIDT, Isamara Maria; MENDONÇA, Antonio Sérgio Ferreira; REIS, José Antonio Tosta. Methodological approaches for imputing missing data into monthly flows series. **Revista Ambiente & Água**, v. 17, n. 2, 2022. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2795>

BOJANG, Pa Ousman; YANG, Tao-Chang; PHAM, Quoc Bao; YU, Pao-Shan. Linking singular spectrum analysis and machine learning for monthly rainfall forecasting. **Applied Sciences**, v. 10, n. 9, p. 3224, 2020. <https://doi.org/10.3390/app10093224>

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, v. 26, n. 2, p. 211-243, 1964. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x>

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. São Francisco: Holden Day, 1976.

BOX, G. E.; PIERCE, D. A. Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive-Integrated Moving Average Time Series Models. **Journal of the American Statistical Association**, v. 65, n. 332, p. 1509-1526, 1970. <https://doi.org/10.2307/2284333>

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 08 jan. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>. Acesso em: 07 nov. 2021.

BRASIL. Lei Federal no 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 jul. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm. Acessado em: 22 ago. 2022.

BROCKWELL, Peter J.; DAVIS, Richard A. (Ed.). **Introduction to time series and forecasting**. 3.ed. New York: Springer, 2016.

BROOMHEAD, David S.; KING, Gregory P. Extracting qualitative dynamics from experimental data. **Physica D: Nonlinear Phenomena**, v. 20, n. 2-3, p. 217-236, 1986. [https://doi.org/10.1016/0167-2789\(86\)90031-X](https://doi.org/10.1016/0167-2789(86)90031-X)

CHEN, Shu; REN, Miaomiao; SUN, Wei. Combining two-stage decomposition based machine learning methods for annual runoff forecasting. **Journal of Hydrology**, v. 603, p. 126945, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126945>

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Previsão sazonal de vazão na bacia do rio Uruguai 2: previsão climática-hidrológica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 61-72, 2005. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v10n4.p61-72>

COSER, Mariza Cruz; MENDONÇA, Antonio Sérgio Ferreira; DOS REIS, José Antônio Tosta. Avaliação do Desempenho de Modelos Estocásticos Parâmetros Multiplicativos na Geração de Séries Fluviométricas Mensais para Dimensionamento de Reservatórios de Regularização de Vazões. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, nº1, p. 249-262, 2013. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v18n1.p249-262>

COULIBALY, Paulin; BALDWIN, Connely K. Nonstationary hydrological time series forecasting using nonlinear dynamic methods. **Journal of Hydrology**, v. 307, n. 1-4, p. 164-174, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.10.008>

DESTRO, Cesar Augusto Medeiros; LIMA, Gilson Alberto Rosa; ZEILHOFER, Peter. Análise de séries temporais de vazão média mensal do Rio Cuiabá através do método de Análise de Espectro Singular. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 2, p. 111-120, 2012. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v17n2.p111-120>

DETZEL, Daniel Henrique Marco et al. Cenários sintéticos de vazões para grandes sistemas hídricos através de modelos contemporâneos e amostragem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 17-28, 2014. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v19n1.p17-28>

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. **Econometrica**, Nova Iorque, v. 49, n. 4, p. 1057-1072, 1981. <https://doi.org/10.2307/1912517>

EBTEHAJ, I. et al. Evaluation of preprocessing techniques for improving the accuracy of stochastic rainfall forecast models. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 505-524, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02361-z>

ELFEKY, Mohamed G.; AREF, Walid G.; ELMAGARMID, Ahmed K. WARP: time warping for periodicity detection. In: **Fifth IEEE International Conference on Data Mining (ICDM'05)**. IEEE, 2005. p. 8. <http://10.1109/ICDM.2005.152>

ESQUIVEL, Renata de Miranda; SENNA, Valter de; GOMES, Gecynalda Soares da Silva. Análise espectral singular: Comparação de previsões em séries temporais. **Revista ADM. MADE**, v. 16, n. 2, p. 87-101, 2013. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/9458/analise-espectral-singular--comparacao-de-previsoes-em-series-temporais>. Acesso em: 21 mar. 2023.

FERNÁNDEZ, C. et al. Streamflow drought time series forecasting: a case study in a small watershed in North West Spain. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 23, n. 8, p. 1063–1070, 2008. <https://doi.org/10.1007/s00477-008-0277-8>

FIGUEIREDO, Nelio Moura; BLANCO, Claudio José Cavalcante. Simulação de Vazões e Níveis de Água Médios Mensais para o Rio Tapajós Usando Modelos ARIMA. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 111-126, 2014. <http://10.21168/rbrh.v19n3.p111-126>

FITRI, F.; RAHMAT, R. Comparison of SSA and SARIMA in Forecasting the Rainfall in Sumatera Barat. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1742, n. 1, p. 012009. <http://10.1088/1742-6596/1742/1/012009>

GOLYANDINA, Nina; NEKRUTKIN, Vladimir; ZHIGLJAVSKY, Anatoly. **A. Analysis of time series structure: SSA and related techniques**. London: Chapman and Hall/CRC, 2001.

GOLYANDINA, Nina; ZHIGLJAVSKY, Anatoly. **Singular Spectrum Analysis for Time Series**. Berlin: Springer, 2013. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34913-3>

GOLYANDINA, Nina; KOROBAYNIKOV, Anton. Basic Singular Spectrum Analysis and forecasting with R. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 71, p. 934-954, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2013.04.009>

GOLYANDINA, Nina; KOROBAYNIKOV, Anton; ZHIGLJAVSKY, Anatoly. **Singular spectrum analysis with R**. Berlin: Springer, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57380-8>

HASSANI, H. Singular Spectrum Analysis: Methodology and Comparison. **Journal of Data Science**, v. 5, n. 2, p. 239–257, 2007.

HASSANI, Hossein. Singular spectrum analysis based on the minimum variance estimator. **Nonlinear Analysis: Real World Applications**, v. 11, n. 3, p. 2065-2077, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.nonrwa.2009.05.009>

HASSANI, Hossein; HERAVI, Saeed; ZHIGLJAVSKY, Anatoly. Forecasting European industrial production with singular spectrum analysis. **International journal of forecasting**, v. 25, n. 1, p. 103-118, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2008.09.007>

HASSANI, Hossein; ZHIGLJAVSKY, Anatoly. Singular spectrum analysis: methodology and application to economics data. **Journal of Systems Science and Complexity**, v. 22, p. 372-394, 2009. <https://doi.org/10.1007/s11424-009-9171-9>

HASSANI, Hossein; MAHMOUDVAND, Rahim. **Singular spectrum analysis: Using R**. London: Springer, 2018.

HASSANI, Hossein; THOMAKOS, Dimitrios. A review on singular spectrum analysis for economic and financial time series. **Statistics and Its Interface**, v. 3, n. 3, p. 377-397, 2010. <https://dx.doi.org/10.4310/SII.2010.v3.n3.a11>

HASSANI, Hossein et al. Forecasting US tourist arrivals using optimal singular spectrum analysis. **Tourism Management**, v. 46, p. 322-335, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.07.004>

HIDROWEB. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2022. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 22 ago. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Genebra: IPCC, 2017. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>. Acesso em: 22 nov. 2021.

JALALKAMALI, Amir; MORADI, Mehdi; MORADI, Nasrin. Application of several artificial intelligence models and ARIMAX model for forecasting drought using the Standardized Precipitation Index. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 12, n. 4, p. 1201–1210, 2014. <http://10.1007/s13762-014-0717-6>

JIANG, Ze; SHARMA, Ashish; JOHNSON, Fiona. Variable transformations in the spectral domain—Implications for hydrologic forecasting. **Journal of Hydrology**, v. 603, p. 126816, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126816>

KARTAL, Sinan; DEĞİRMENÇİ, Hasan; ARSLAN, Firat. Assessment of irrigation schemes with performance indicators in southeastern irrigation district of Turkey. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 26, n. 2, p. 138-146, 2020. <http://10.15832/ankutbd.512677>

KENDALL, Maurice George. **Multivariate Analysis**. London: Griffin, 1975.

KHATIBI, R. et al. Investigating chaos in river stage and discharge time series. **Journal of Hydrology**, v. 414-415, p. 108–117, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.10.026>

KOMORNÍK, Jozef et al. Comparison of forecasting performance of nonlinear models of hydrological time series. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 31, n. 18, p. 1127-1145, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2006.05.006>

LI, Yanfei; SHI, Huipeng; LIU, Hui. A hybrid model for river water level forecasting: cases of Xiangjiang River and Yuanjiang River, China. **Journal of Hydrology**, v. 587, p. 124934, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124934>

LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, v. 65, n. 2, p. 297-303, 1978. <https://doi.org/10.1093/biomet/65.2.297>

LUCAS, Edmundo Wallace Monteiro et al. Modelagem hidrológica determinística e estocástica aplicada à região hidrográfica do Xingu-Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 3, p. 308-322, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862009000300005>

MAÇAIRA, Paula Medina, et al. Introducing a causal PAR (p) model to evaluate the influence of climate variables in reservoir inflows: a Brazilian case. **Pesquisa Operacional**, v.37, n.1, p.107-128, 2017. <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2017.037.01.0107>

MACHIWAL, Deepesh; JHA, Madan Kumar. **Hydrologic time series analysis: theory and practice**. New Delhi: Springer Dordrecht, 2012.

MARQUES, C. A. F. et al. Singular spectrum analysis and forecasting of hydrological time series. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 31, n. 18, p. 1172-1179, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2006.02.061>

MILLER, Kirk A.; CLARK, Melanie L.; WRIGHT, Peter R. **Water-Quality Assessment of the Yellowstone River Basin, Montana and Wyoming-Water Quality of Fixed Sites, 1999-2001**. Virginia: US Department of the Interior, US Geological Survey, 2004.

MISHRA, A. K.; DESAI, V. R. Drought forecasting using stochastic models. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 19, n. 5, p. 326-339, 2005. <https://doi.org/10.1007/s00477-005-0238-4>

MODARRES, R.; OUARDA, T. B. M. J. Modelling heteroscedasticity of streamflow times series. **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, n. 1, p. 54-64, 2013. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.743662>

MORIASI, Daniel N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885-900, 2007. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.23153>

MORETTIN, Pedro A.; TOLOI, Clélia. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Blucher, 2006. 538 p.

MOSAVI, Amir; OZTURK, Pinar; CHAU, Kwok-wing. Flood prediction using machine learning models: Literature review. **Water**, v. 10, n. 11, p. 1536, 2018. <https://doi.org/10.3390/w10111536>

MOSSAD, Amr; ALAZBA, Abdulrahman Ali. Drought forecasting using stochastic models in a hyper-arid climate. **Atmosphere**, v. 6, n. 4, p. 410-430, 2015. <https://doi.org/10.3390/atmos6040410>

MÜLLER, V.C. **A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee**. New York: Department of Geology Columbia University, p.389-402, 1953.

NAGHETTINI, Mauro; PINTO, Éber José de Andrade. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/454>. Acesso em: 21 mar. 2023.

NASH, J. Eamonn; SUTCLIFFE, Jonh V. River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. **Journal of Hydrology**, v. 10, n. 3, p. 282-290, 1970. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)

NI, Lingling et al. Streamflow forecasting using extreme gradient boosting model coupled with Gaussian mixture model. **Journal of Hydrology**, v. 586, p. 124901, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124901>

OLIVEIRA, V. A. **Regionalização de vazões nas regiões das unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos GD1 e GD2, Minas Gerais**. 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

PADMANABHAN, G.; RAO, A. Ramachandra. Maximum entropy spectral analysis of hydrologic data. **Water Resources Research**, v. 24, n. 9, p. 1519-1533, 1988. <https://doi.org/10.1029/WR024i009p01519>

PANDEY, P. K.; TRIPURA, H.; PANDEY, V. Improving Prediction Accuracy of Rainfall Time Series By Hybrid SARIMA–GARCH Modeling. **Natural Resources Research**, v. 28, n. 3, p. 1125-1138, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11053-018-9442-z>

PEPELYSHEV, Andrey; ZHIGLJAVSKY, Anatoly. SSA analysis and forecasting of records for Earth temperature and ice extents. **Statistics and Its Interface**, v. 10, n. 1, p. 151-163, 2017. <https://dx.doi.org/10.4310/SII.2017.v10.n1.a14>

PETROPOULOS, Fotios et al. Forecasting: theory and practice. **International Journal of Forecasting**, v.38, n. 3, p.705-871, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.11.001>

PINTO, Wanderson de Paula.; LIMA, Gemaél Barbosa; ZANETTI, Juliano Brás. Análise comparativa de modelos de séries temporais para modelagem e previsão de regimes de vazões médias mensais do Rio Doce, Colatina-Espírito Santo. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 1-11, 2015. <https://doi.org/10.5902/2179460X17143>

PINTO, Wanderson de Paula; REISEN, Valdério Anselmo; MONTE, Edson Zambon. Previsão da concentração de material particulado inalável, na Região da Grande Vitória, ES, Brasil, utilizando o modelo SARIMAX. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 307-318, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018168758>

PRASAD, Ramendra et al. Input selection and performance optimization of ANN-based streamflow forecasts in the drought-prone Murray Darling Basin region using IIS and MODWT algorithm. **Atmospheric Research**, v. 197, p. 42-63, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.06.014>

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. URL <http://www.R-project.org>, ISBN 3-900051-07-0.

REISEN, Valdério Anselmo; MOLINARES, Fabio A. Fajardo; TEIXEIRA, Edmilson Costa. Modelagem de séries temporais sazonais na presença de outliers: Estudo de caso da vazão máxima mensal do rio Jucu, ES, Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 2, p. 45-53, 2008.

RIGHETTO, Antonio Marozzi. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998.

SALAS, Jose D. **Applied modeling of hydrologic time series**. Colorado: Water Resources Publications, 1980.

SANG, Yan-Fang et al. The relation between periods' identification and noises in hydrologic series data. **Journal of Hydrology**, v. 368, n. 1-4, p. 165-177, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.01.042>

SANG, Yan-Fang. Improved wavelet modeling framework for hydrologic time series forecasting. **Water Resources Management**, v. 27, n. 8, p. 2807-2821, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0316-1>

SANTOS, Glenio G.; FIGUEIREDO, Cícero C. de; OLIVEIRA, Luiz F. C. de; GRIEBELER, Nori P. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 899-905, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000700012>

SCHUMM, Stanley A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)

ŞENGÜL, Selim; CAN, İbrahim. Stochastic modelling of mean monthly flows of Karasu River, in Turkey. **Water and Environment Journal**, v. 25, n. 1, p. 31-39, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2009.00186.x>

SEUNGHO, Huh, et al. Temporal analysis of the frequency and duration of low and high streamflow: years of record needed to characterize streamflow variability. **Journal of Hydrology**, v. 310, n. 1-4, p. 78-94, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.12.008>

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Grã-Bretanha, v. 52, p. 591-611, 1965. <https://doi.org/10.2307/2333709>

STRAHLER, Arthur N. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. **Geological Society of America Bulletin**, v. 69, n. 3, p. 279-300, 1958. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1958\)69\[279:DAATFE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1958)69[279:DAATFE]2.0.CO;2)

TRAPLETTI, Adrian; Hornik, KURT. *tseries: Time Series Analysis and Computational Finance*. R package version 0.10-48. 2020.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252003000400018&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 21 mar. 2023.

UNNIKRISHNAN, Poornima; JOTHIPRAKASH, V. Daily rainfall forecasting for one year in a single run using Singular Spectrum Analysis. **Journal of Hydrology**, v. 561, p. 609-621, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.04.032>.

URSU, Eugen; PEREAU, Jean-Christophe. Application of periodic autoregressive process to the modeling of the Garonne River flows. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 30, n. 7, p. 1785-1795, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00477-015-1193-3>

VILE, Julie Leanne et al. Predicting ambulance demand using singular spectrum analysis. **Journal of the Operational Research Society**, v. 63, n. 11, p. 1556-1565, 2012. <https://doi.org/10.1057/jors.2011.160>

WANG, Lili et al. Improving the prediction accuracy of monthly streamflow using a data-driven model based on a double-processing strategy. **Journal of Hydrology**, v. 573, p. 733-745, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.101>

WANG, W. **Stochasticity, Nonlinearity and Forecasting of Streamflow Processes**. Amsterdam: IOS Press, 2006.

WANG, W. et al. Testing and modelling autoregressive conditional heteroskedasticity of streamflow processes. **Nonlinear Processes in Geophysics**, v. 12, n. 1, p. 55–66, 2005. <https://doi.org/10.5194/npg-12-55-2005>

WANG, Yun et al. Comparative study of monthly inflow prediction methods for the Three Gorges Reservoir. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 28, n. 3, p. 555-570, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00477-013-0772-4>

WEI, William W. S. **Time series analysis: univariate and multivariate methods**. 2nd ed. Boston: Pearson Addison Wesley, 2006.

WILLMOTT, Cort J. On the validation of models. **Physical Geography**, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981. <https://doi.org/10.1080/02723646.1981.10642213>

WU, C. L.; CHAU, Kwok Wing; LI, Yok Sheung. Predicting monthly streamflow using data-driven models coupled with data-preprocessing techniques. **Water Resources Research**, v. 45, n. 8, W08432, 2009. <https://doi.org/10.1029/2007WR006737>

XIE, Huantian; LI, Dingfang; XIONG, Lihua. Exploring the Regional Variance using ARMA-GARCH Models. **Water Resources Management**, v. 30, n. 10, p. 3507-3518, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1367-x>

YEH, Hsin-Fu; HSU, Hsin-Li. Stochastic Model for Drought Forecasting in the Southern Taiwan Basin. **Water**, v. 11, n. 10, p. 2041, 2019. <https://doi.org/10.3390/w11102041>

YUREKLI, Kadri; KURUNC, Ahmet; OZTURK, Fazli. Application of linear stochastic models to monthly flow data of Kelkit Stream. **Ecological Modelling**, v. 183, n. 1, p. 67-75, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.08.001>

ZHANG, Yuhu et al. Multi-models for SPI drought forecasting in the north of Haihe River Basin, China. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 31, n. 10, p. 2471-2481, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00477-017-1437-5>

ZHANG, Qiang et al. Singular spectrum analysis and ARIMA hybrid model for annual runoff forecasting. **Water resources management**, v. 25, n. 11, p. 2683-2703, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9833-y>

ZHANG, Xiaobo; WANG, Jianzhou; ZHANG, Kequan. Short-term electric load forecasting based on singular spectrum analysis and support vector machine optimized by Cuckoo search algorithm. **Electric Power Systems Research**, v. 146, p. 270-285, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2017.01.035>

ZHANG, Xiaoli et al. Are hybrid models integrated with data preprocessing techniques suitable for monthly streamflow forecasting? Some experiment evidences. **Journal of Hydrology**, v. 530, p. 137-152, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.09.047>

ZHU, Shuang et al. Streamflow estimation by support vector machine coupled with different methods of time series decomposition in the upper reaches of Yangtze River, China. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 6, p. 1-12, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5337-7>

ZHU, Li; WANG, Yanxin; FAN, Qibin. MODWT-ARMA model for time series prediction. **Applied Mathematical Modelling**, v. 38, n. 5-6, p. 1859-1865, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.10.002>

ZUBAIDI, Salah L. et al. A Novel approach for predicting monthly water demand by combining singular spectrum analysis with neurais networks. **Journal of Hydrology**, v. 561, p. 136-145, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.047>

APÊNDICES

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DA SEMIAUTOMATIZAÇÃO DA ESCOLHA DO MODELO

```

combinacoes2 = expand.grid(ar = 0:3, diff = 0, ma = 0:3, sar = 0:3,
                           sdiff = 1, sma = 0:3)

# Excluir combinações p=0 e q=0, ou seja, modelar apenas a constante
combinacoes2 = combinacoes2[-1,]

# Local onde os resultados de cada modelo será armazenado
modelo2 = list()

# Estimacao de cada modelo usando a serie temporal em estudo

for (i in 1:nrow(combinacoes2)) {
  tryCatch({
    modelo2[[i]] = arima((A2), unlist(combinacoes2[i, 1:3]),
                        unlist(combinacoes2[i, 4:6])),
    error = function(e) NULL
  })

  aicarma2 = list()
  for (i in 1:length(modelo2)) {
    aicarma2[[i]] = modelo2[[i]]$aic
  }

  modelo2[[i]]$aic

  view(aicarma2)

```


DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/11/1932		40,602								
01/12/1932		72,43								
01/01/1933		81,577					959,254			
01/02/1933		54,937					895,006			
01/03/1933		52,955					435,32			
01/04/1933		42,821					603,633			
01/05/1933		40,782					226,406			
01/06/1933		33,387					139,75			
01/07/1933		32,139					114,758			
01/08/1933		27,264					101,271			
01/09/1933		29,004					108,363			
01/10/1933		43,984					117,039			
01/11/1933		49,568					176,588			
01/12/1933		61,833					373,3			
01/01/1934		91,126					440,977			
01/02/1934		51,502					777,963			
01/03/1934		45,381					849,024			
01/04/1934		31,062					493,353			
01/05/1934		20,591					204,997			
01/06/1934		16,127					134,209			
01/07/1934		17,3					110,188			
01/08/1934		12,097					90,471			
01/09/1934		14,733					159,217			
01/10/1934		14,419					126,03			
01/11/1934		22,447					192,166			
01/12/1934		59,156					566,172			
01/01/1935		64,191					934,078			

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/02/1935		100,568					1013,25			
01/03/1935		49,543					967,361			
01/04/1935		40,572					1182,692			
01/05/1935		28,896					407,991			
01/06/1935		21,202					223,407			
01/07/1935		18,476					167,035			
01/08/1935		16,541					139,778			
01/09/1935		22,643					119,797			
01/10/1935		34,041					158,091			
01/11/1935		29,932					286,442			
01/12/1935		38,403					356,605			
01/01/1936		30,897					501,417			
01/02/1936		44,583					461,819			
01/03/1936		64,324					579,201			
01/04/1936		45,052					253,621			
01/05/1936		28,803					159,107			
01/06/1936		21,106					115,187			
01/07/1936		16,308					100,157			
01/08/1936		14,597					89,101			
01/09/1936		16,499					85,98			
01/10/1936		16,018					92,417			
01/11/1936		19,71					232,784			
01/12/1936		40,679					421,316			
01/01/1937		66,925					456,769			
01/02/1937		62,604					453,178			
01/03/1937		35,011					576,832			
01/04/1937		34,125					789,706			

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/05/1937		36,229					236,236			
01/06/1937		22,302					160,34			
01/07/1937		16,785					110,906			
01/08/1937		13,338					92,116			
01/09/1937		12,826					89,213			
01/10/1937		24,092					135,725			
01/11/1937		40,65					226,635			
01/12/1937		123,177					385,635			
01/01/1938	818,157	75,645					646,847			
01/02/1938	332,663	67,704					501,321			
01/03/1938	270,923	53,725					618,616			
01/04/1938	283,545	49,091					388,144			
01/05/1938	869,31	36,768					159,441			
01/06/1938	763,67	36,076					120,74			
01/07/1938	616,41	24,609					98,872			
01/08/1938	644,48	31,321					86,208			
01/09/1938	504,84	24,823					125,068			
01/10/1938	711,68	30,508					117,661			
01/11/1938	746,088	36,758					124,736			
01/12/1938	1226,903	73,041					382,737			
01/01/1939	1783,223	70,662					328,199			
01/02/1939	1457,083	60,127					876,952			
01/03/1939	702,058	42,484					326,467			
01/04/1939	661,425	40,048					274,563			
01/05/1939	572,659	29,646					150,694			
01/06/1939	496,647	21,079					112,534			
01/07/1939	489,42	18,4					96,452			

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/08/1939	433,523	15,78					83,278			
01/09/1939	395,811	18,02					78,869			
01/10/1939	453,055	14,92					136,952			
01/11/1939	377,977	25,129					345,125			
01/12/1939	570,974	57,009					619,5			
01/01/1940	825,121	85,937					952,917			
01/02/1940	1109,006	80,867					981,586			
01/03/1940	1591,198	61					1043,557			
01/04/1940	839,329	41,863					524,869			
01/05/1940	631,205	30,552					324,944			
01/06/1940	513,109	22,115					166,006			
01/07/1940	397,95	17,118					131,9			
01/08/1940	353,877	16,084					113,571			
01/09/1940	353,49	16,513					107,552			
01/10/1940	456,041	28,396					137,519			
01/11/1940	1342,977	50,925					218,391			
01/12/1940	1401,413	59,52					274,594			
01/01/1941	1437,949	61,658					647,742			
01/02/1941	930,287	35,715					714,579			
01/03/1941	1754,922	59,696					502,557			
01/04/1941	1312,984	43,729					398,885			
01/05/1941	726,262	28,195					152,944			
01/06/1941	625,491	23,601					118,78			
01/07/1941	635,25	21,006					98,747			
01/08/1941	523,311	14,939					93,399			
01/09/1941	575,435	34,218					84,756			
01/10/1941	873,018	26,944					129,178			

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/11/1941	787,058	37,036					236,049			
01/12/1941	1271,724	71,299					248,191			
01/01/1942	3037,894	67,063					315,114			
01/02/1942	1694,345	44,571					934,409			
01/03/1942	1571,734	59,602					1523,197			
01/04/1942	1047,767	45,102					642,493			
01/05/1942	888,089	35,576					250,578			
01/06/1942	735,054	23,096					169,37			
01/07/1942	654,052	33,161					138,391			
01/08/1942	553,33	21,38					111,453			
01/09/1942	511,43	19,017					121,13			
01/10/1942	606,84	32,124					148,72			
01/11/1942	1247,76	42,909					199,59			
01/12/1942	2967,142	65,228					251,008			
01/01/1943	3924,596	151,861					1034,457	9,243		
01/02/1943	2229,216	84,512					634,449	11,5		
01/03/1943	2281,547	63,988					1451,747	12,03		
01/04/1943	1486,948	43,296					624,307	8,348		
01/05/1943	1067,068	30,066					169,354	8,77		
01/06/1943	891,566	27,909					156,965	14,157		
01/07/1943	770,768	21,108					130,635	11,75		
01/08/1943	679,111	24,63					108,634	27,176		
01/09/1943	545,981	23,535					105,411	10,218		
01/10/1943	618,979	45,573					231,376	12,026		
01/11/1943	1026,877	44,068					605,88	9,717		
01/12/1943	3711,972	69,582					555,722	7,299		
01/01/1944	2492,178	60,767					344,538	18,119		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/02/1944	2788,337	97,392					622,464	17,12		
01/03/1944	2399,128	73,267					499,209	15,064		
01/04/1944	2104,825	49,187					377,293	16,392		
01/05/1944	1771,195	37,007					160,167	10,109		
01/06/1944	1640,296	26,628					123,192	10,587		
01/07/1944	1520,973	25,122					98,33	10,115		
01/08/1944	1408,726	19,123					83,594	7,861		
01/09/1944	1263,278	15,929					77,271	7,523		
01/10/1944	1262,861	20,677					128,183	5,757		
01/11/1944	1690,891	29,105					484,247	7,281		
01/12/1944	2946,021	45,79					409,896	4,612		
01/01/1945	2920,873	81,398					808,641	4,78		
01/02/1945	2856,156	90,228					1579,515	10,146		
01/03/1945	2153,369	71,429					1139,719	9,086		
01/04/1945	2361,124	64,104					1086,413	8,806		
01/05/1945	1850,048	41,423					339,099	5,387		
01/06/1945	1139,001	35,142					221,627	6,367		
01/07/1945	980,069	27,957					169,54	6,016		
01/08/1945	841,642	21,18					131,229	5,044		
01/09/1945	749,04	20,12					117,605	8,058		
01/10/1945	874,049	19,972					155,11	8,102		
01/11/1945	1557,965	37,233					312,104	5,306		
01/12/1945	3115,663	74,671					520,925	7,47		
01/01/1946	2552,881	97,265					578,275	12,807		
01/02/1946	1442,051	53,044					1201,517	24,466		
01/03/1946	1398,675	60,337					928,545	17,724		
01/04/1946	1482,021	47,348					467,036	8,948		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/05/1946	1021,816	33,784					309,415	8,957		
01/06/1946	834,366	25,57					172,752	14,712		
01/07/1946	749,374	19,969					140,049	19,152		
01/08/1946	655,9	15,586					112,13	10,81		
01/09/1946	558,234	13,498					662,74	10,966		
01/10/1946	602,484	33,339					662,74	12,601		
01/11/1946	1050,639	51,725					662,74	8,707		
01/12/1946	1128,53	56,282					662,74	8,71		
01/01/1947	1051,593	75,414					662,74	11,081		
01/02/1947	976,225	100,419					662,74	23,892		
01/03/1947	1275,485	137,094					662,74	24,687		
01/04/1947	937,115	71,964					662,74	13,603		
01/05/1947	635,657	49,647					662,74	14,923		
01/06/1947	520,703	35,845					662,74	14,077		
01/07/1947	535,438	32,144					662,74	9,902		
01/08/1947	506,964	29,897					662,74	13,764		
01/09/1947	540,207	32,152					662,74	14,54		
01/10/1947	1287,507	41,392					662,74	14,185		
01/11/1947	1390,934	60,431					662,74	15,795		
01/12/1947	2031,656	99,253					662,74	11,993		
01/01/1948	1286,341	65,277					662,74	14,622		
01/02/1948	846,363	92,372					662,74	40,867		
01/03/1948	964,675	98,306					662,74	22,65		
01/04/1948	748,306	61,708					662,74	27,806		
01/05/1948	558,447	45,526					662,74	29,093		
01/06/1948	497,96	33,001					662,74	16,65		
01/07/1948	449,855	26,409					662,74	25,908		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/08/1948	387,85	22,701					662,74	18,032		
01/09/1948	324,446	21,113					662,74	23,834		
01/10/1948	371,668	22,453					662,74	18,334		
01/11/1948	561,525	45,128					662,74	13,805		
01/12/1948	3550,888	103,202					662,74	7,085		
01/01/1949	2815,346	92,478					882,106	12,521		
01/02/1949	3974,658	110,732					1244,885	9,422		
01/03/1949	1862,15	77,092					695,237	16,64		
01/04/1949	1397,278	50,822					311,988	20,12		
01/05/1949	1039,663	36,937					212,217	12,448		
01/06/1949	948,397	31,34					154,143	20,314		
01/07/1949	794,427	31,656					128,482	11,96		
01/08/1949	708,26	22,739					111,06	11,299		
01/09/1949	633,261	20,677					102,382	14,354		
01/10/1949	775,855	30,287					163,61	11,946		
01/11/1949	1078,854	41,082					214,788	9,19		
01/12/1949	1634,865	47,644					541,844	7,965		
01/01/1950	1524,077	81,868					651,903	10,341		
01/02/1950	1320,167	90,511					609,823	21,062		
01/03/1950	988,315	57,504					1332,377	32,019		
01/04/1950	893,499	56,118					791,3	27,392		
01/05/1950	736,593	40,602					253,025	18,02		
01/06/1950	654,549	27,125					171,689	14,922		
01/07/1950	613,433	20,002					138,25	10,381		
01/08/1950	528,868	15,692					116,674	11,824		
01/09/1950	492,561	14,782					104,044	10,363		
01/10/1950	536,295	21,33					176,546	17,673		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/11/1950	960,995	29,593					294,535	10,716		
01/12/1950	1563,354	47,755					407,331	12,724		
01/01/1951	1107,764	64,643					900,58	18,138		
01/02/1951	1332,589	74,845					500,579	28,513		
01/03/1951	1434,912	89,836					686,848	16,756		
01/04/1951	1460,916	53,016					472,881	12,313		
01/05/1951	979,841	31,572					205,804	9,419		
01/06/1951	867,597	24,828					156,919	8,612		
01/07/1951	735,61	19,657					118,868	7,809		
01/08/1951	641,488	16,668					102,869	5,976		
01/09/1951	552,768	13,744					97,504	8,167		
01/10/1951	640,82	12,885					128,004	13,18		
01/11/1951	482,773	15,224					219,186	8,007		
01/12/1951	1074,841	39,329					418,738	11,785		
01/01/1952	2208,75	81,124					511,574	12,051		
01/02/1952	2561,156	101,565					659,267	9,612		
01/03/1952	2553,416	88,626					1091,807	9,192		
01/04/1952	1437,41	42,444					610,626	6,668		
01/05/1952	997,698	28,184					225,502	8,419		
01/06/1952	890,489	26,709					157,577	8,524		
01/07/1952	774,554	21,271					129,665	9,526		
01/08/1952	640,804	23,753					109,664	7,191		
01/09/1952	680,024	25,579					108,454	8,637		
01/10/1952	551,432	27,032					113,026	12,417		
01/11/1952	1004,314	49,813					161,485	11,797		
01/12/1952	2269,744	71,628					388,708	16,587		
01/01/1953	989,901	36,614					475,592	12,332		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/02/1953	1176,644	42,482					764,854	23,868		
01/03/1953	909,553	39,128					831,185	12,636		
01/04/1953	850,454	46,38					478,125	8,463		
01/05/1953	710,993	34,723					223,348	7,723		
01/06/1953	564,221	21,48					144,711	7,261		
01/07/1953	502,586	16,542					120,653	7,643		
01/08/1953	488,82	16,076					103,252	6,334		
01/09/1953	605,28	15,867					135,536	9,502		
01/10/1953	600,618	16,58					145,729	12,151		
01/11/1953	823,499	40,014					160,113	15,738		
01/12/1953	2134,267	46,585					430,66	26,854		
01/01/1954	1484,281	27,155					379,621	14,915		
01/02/1954	654	24,479					863,071	19,108		
01/03/1954	465,568	19,31					937,926	23,106		
01/04/1954	808,508	29,421					535,081	48,033		
01/05/1954	537,06	24,728					318,638	23,092		
01/06/1954	492,88	18,306					177,709	17,791		
01/07/1954	472,071	14,325					136,801	29,596		
01/08/1954	438,119	12,815					115,163	16,405		
01/09/1954	432,843	9,713					117,342	31,26		
01/10/1954	501,999	11,176					127,297	35,79		
01/11/1954	729,56	13,656					315,114	18,219		
01/12/1954	1057,173	17,055					245,783	13,706		
01/01/1955	1270,677	49,423					915,69	10,897		
01/02/1955	941,567	20,141					547,658	12,03		
01/03/1955	767,7	16,469					766,938	10,623		
01/04/1955	584,268	26,332					855,126	13,239		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/05/1955	393,986	17,273					261,146	12,992		
01/06/1955	378,609	15,741					180,955	9,112		
01/07/1955	290,868	8,928					138,252	15,552		
01/08/1955	250,374	7,939					117,346	10,793		
01/09/1955	216,019	7,008					103,188	12,98		
01/10/1955	314,538	11,972					138,741	9,483		
01/11/1955	682,317	31,145					155,839	10,609		
01/12/1955	1329,333	65,117					333,527	11,078		
01/01/1956	1090,962	52,904					518,097	21,946		
01/02/1956	420,798	25,051					537,426	27,344		
01/03/1956	649,38	39,506					499	21,413		
01/04/1956	375,23	28,054					587,273	19,283		
01/05/1956	374,034	18,809					387,878	20,444		
01/06/1956	478,2	16,932					228,632	19,521		
01/07/1956	354,194	13,503					153,195	13,372		
01/08/1956	309,485	14,996					123,351	12,497		
01/09/1956	268,09	13,536					126,459	14,132		
01/10/1956	245,154	11,801					157,522	16,532		
01/11/1956	553,487	26,704					492,506	10,789		
01/12/1956	2129,935	60,823					671,536	11,38		
01/01/1957	1996,912	53,911					729,286	12,078		
01/02/1957	1143,648	42,049					1038,058	14,2		
01/03/1957	1506,708	59,899					942,878	19,463		
01/04/1957	1461,567	83,875					690,093	32,491		
01/05/1957	921,502	26,712					265,687	29,589		
01/06/1957	681,25	23,045					193,526	15,038		
01/07/1957	605,901	19,188					156,886	22,723		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/08/1957	515,815	12,789					125,625	39,586		
01/09/1957	481,078	14,988					155,511	42,53		
01/10/1957	608,889	16,593					662,74	32,985		
01/11/1957	721,091	20,138					662,74	35,369		
01/12/1957	1886,324	41,773					662,74	25,326		
01/01/1958	1177,658	28,216					662,74	26,324		
01/02/1958	1208,717	38,329					662,74	21,704		
01/03/1958	792,123	28,316					662,74	49,456		
01/04/1958	972,09	34,375					662,74	25,601		
01/05/1958	717,786	28,649					662,74	26,234		
01/06/1958	610,254	18,787					662,74	30,668		
01/07/1958	624,34	14,402					662,74	18,847		
01/08/1958	523,274	10,958					662,74	22,273		
01/09/1958	559,021	16,819					662,74	21,799		
01/10/1958	611,653	19,322					662,74	22,332		
01/11/1958	704,754	34,719					662,74	38,847		
01/12/1958	773,909	46,297					662,74	24,826		
01/01/1959	896,099	75,577					662,74	24,494		
01/02/1959	573,498	26,918					662,74	27,197		
01/03/1959	906,319	62,233					662,74	16,97		
01/04/1959	561,808	24,301					662,74	15,6		
01/05/1959	412,223	15,641					662,74	14,906		
01/06/1959	383,634	13,343					211,957	11,336		
01/07/1959	340,605	10,284					164,204	10,149		
01/08/1959	301,739	17,729					138,131	13,162		
01/09/1959	267,898	10,136					123,888	27,56		
01/10/1959	482,371	11,324					156,464	16,684		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/11/1959	947,828	27,725					300,577	11,534		
01/12/1959	1152,133	27,432					241,117	11,408		
01/01/1960	1590,583	46,813					985,718	17,292		
01/02/1960	1401,033	69,364					1564,578	44,578		
01/03/1960	1956,65	114,655					834,633	59,204		
01/04/1960	993,311	39,809					868,385	33,923		
01/05/1960	741,487	25,233					358,592	20,239		
01/06/1960	641,421	18,849					213,63	16,562		
01/07/1960	527,021	17,069					168,878	13,685		
01/08/1960	407,22	19,633					138,676	21,612		
01/09/1960	376,286	13,721					119,945	18,562		
01/10/1960	325,383	13,632					169,64	14,811		
01/11/1960	605,968	23,358					360,198	22,679		
01/12/1960	1328,328	42,492					430,563	15,975		
01/01/1961	2493,348	130,046					835,998	12,736		
01/02/1961	2456,917	101,98					1037,962	30,448		
01/03/1961	1260,464	102,44					844,315	37,214		
01/04/1961	835,071	57,803					342,136	23,823		
01/05/1961	745,674	39,964					287,105	18,787		
01/06/1961	630,234	27,676					171,62	19,403		
01/07/1961	565,22	19,864					140,048	19,882		
01/08/1961	490,611	15,772					117,393	12,163		
01/09/1961	398,296	11,964					111,823	26,846		
01/10/1961	384,183	12,896					152,045	22,937		
01/11/1961	542,417	13,217					184,694	33,297		
01/12/1961	595,959	25,99					235,627	19,714		
01/01/1962	1554,021	48,148					743,385	16,28		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/02/1962	1996,428	82,498					706,497	22,791		
01/03/1962	1209,007	41,642					464,957	26,489		
01/04/1962	616,252	19,44					352,987	15,583		
01/05/1962	537,551	17,393					189,496	13,914		
01/06/1962	471,872	14,464					163,635	12,369		
01/07/1962	459,25	12,301					132,356	20		
01/08/1962	444,299	10,714					123,475	13,301		
01/09/1962	410,171	15,37					130,049	21,611		
01/10/1962	566,998	19,759					137,693	15,207		
01/11/1962	852,953	37,986					158,04	15,58		
01/12/1962	2609,494	65,17					614,243	11,983		
01/01/1963	1402,145	45,169					592,123	23,796		
01/02/1963	853,123	58,692					927,322	35,637		
01/03/1963	610,303	27,013					448,032	43,027		
01/04/1963	546,944	16,567					265,067	22,57		
01/05/1963	462,772	13,892					156,777	15,597		
01/06/1963	410,922	12,65					112,7	12,337		
01/07/1963	404,548	10,853					95,29	12,476		
01/08/1963	381,968	10,068					81,784	16,659		
01/09/1963	333,835	7,234					75,83	20,288		
01/10/1963	305,005	7,019					79,097	24,2		
01/11/1963	492,964	11,547					189,811	18,174		
01/12/1963	399,5	13,386					138,706	12,96		
01/01/1964	1626,316	41,914					273,557	11,054		
01/02/1964	1839,302	90,529					662,74	13,543		
01/03/1964	1277,143	29,487					314,98	18,174		
01/04/1964	777,75	23,599					166,437	14,4		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/05/1964	533,548	17,311					118,932	15,424		
01/06/1964	442,975	13,051					68,3	11,144		
01/07/1964	448,853	16,049					58,252	12,473		
01/08/1964	411,398	12,07					50,723	9,603		
01/09/1964	352,287	12,413					46,03	11,826		
01/10/1964	716,642	17,732					160,061	18,922		
01/11/1964	1354,668	29,449					290,612	10,477		
01/12/1964	1626,911	76,224					297,591	14,738		
01/01/1965	2379,546	93,745					466,995	11,635		
01/02/1965	2224,709	117,907					688,979	9,445		
01/03/1965	1969,609	83,368					915,815	14,645		
01/04/1965	1382,138	42,168					473,68	10,762		
01/05/1965	1080,661	44,72					215,109	20,254		
01/06/1965	892,674	24,207					127,1	10,258		
01/07/1965	837,405	19,51					96,936	9,824		
01/08/1965	673,434	16,019					77,961	26,628		
01/09/1965	587,722	14,104					70,027	31,371		
01/10/1965	747,03	31,924					136,068	16,282		
01/11/1965	1310,909	40,721					139,983	18,938		
01/12/1965	1322,01	54,275					258,36	17,838		
01/01/1966	2175,306	131,09					210,761	30,807		
01/02/1966	1311,002	45,319					953,45	63,123		
01/03/1966	919,497	80,008					384,996	38,718		
01/04/1966	763,154	64,171					195,167	42,217		
01/05/1966	700,078	33,056					134,629	24,132		
01/06/1966	618,508	18,301					88,837	19,889		
01/07/1966	540,704	16,769					69	17,082		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/08/1966	461,21	16,098					57,226	15,116		
01/09/1966	411,718	15,399					56,943	22,393		
01/10/1966	545,714	25,146					117,981	18,05		
01/11/1966	888,004	70,924					147,567	13,863		
01/12/1966	1333,074	96,652					156,452	19,552		
01/01/1967	1899,097	117,331					240,205	21,756		
01/02/1967	1583,699	104,39					540,522	42,309		
01/03/1967	1234,095	90,685					509,659	21,432		
01/04/1967	907,01	51,435					430,339	15,749		
01/05/1967	687,465	29,331					211,453	13,901		
01/06/1967	530,201	26,028					98,007	12,936		
01/07/1967	486,163	21,328					70,852	17,554		
01/08/1967	454,821	18,62					55,323	12,132		
01/09/1967	383,202	16,285					49,193	26,045		
01/10/1967	381,07	15,951					72,477	17,062		
01/11/1967	798,867	41,726					151,66	15,344		
01/12/1967	1387,658	68,709					221,743	11,623		
01/01/1968	1591,163	45,497					257,544	10,008		
01/02/1968	1333,727	53,812					1134,166	7,915		
01/03/1968	1775,825	66,713					697,921	7,346		
01/04/1968	946,297	34,825					212,937	6,705		
01/05/1968	661,973	20,341					142,242	5,531		
01/06/1968	562,588	15,391					94,2	6,003		
01/07/1968	532,614	17,117					73,787	6,429		
01/08/1968	493,634	17,283					69,123	4,835		
01/09/1968	542,544	16,253					83,467	14,008		
01/10/1968	778,403	19,733					136,406	9,287		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/11/1968	879,445	14,929					104,143	9,954		
01/12/1968	1147,092	47,39					472,987	12,331		
01/01/1969	1034,325	68,46	453,659				614,182	14,334		
01/02/1969	901,472	41,693	461,165				436,181	15,495		
01/03/1969	853,921	58,513	422,744				398,021	12,679		
01/04/1969	581,549	31,743	319,512				221,183	18,259		
01/05/1969	502,226	15,432	266,534				150,529	9,627		
01/06/1969	496,112	14,578	213,848				84,077	23,168		
01/07/1969	477,688	11,77	193,659				65,387	16,055		
01/08/1969	409,453	13,873	177,689				52,29	12,89		
01/09/1969	362,004	9,622	173,823				49,043	10,215		
01/10/1969	435,888	18,784	214,374				100,442	9,423		
01/11/1969	985,787	30,254	291,661				184,56	30,442		
01/12/1969	1897,114	46,581	375,347				259,101	11,99		
01/01/1970	2033,098	34,71	472,453			31,759	364,947	16,378		
01/02/1970	1368,777	19,967	741,143			21,189	938,937	17,554		
01/03/1970	797,629	18,683	872,378			14,59	999,051	18,303		
01/04/1970	731,184	12,44	475,831			14,832	329,438	14,135		
01/05/1970	545,98	11,235	330,441			11,226	216,006	14,885		
01/06/1970	478,119	9,629	258,257			9,654	133,074	13,408		
01/07/1970	482,841	9,329	228,107			12,313	111,374	16,987		
01/08/1970	452,428	10,117	199,789			10,811	93,761	16,718		
01/09/1970	508,561	16,99	209,252			10,433	94,261	13,051		
01/10/1970	742,234	17,967	245,786			15,752	137,139	12,602		
01/11/1970	1342,506	21,437	275,736			34,07	143,255	10,384		
01/12/1970	1202,571	16,591	263,84			29,336	198,313	11,007		
01/01/1971	660,097	17,497	288,705			13,588	252,6	13,308		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/02/1971	446,074	16,799	332,247			13,102	370,944	32,425		
01/03/1971	576,132	22,335	466,069			14,875	415,163	43,148		
01/04/1971	412,061	13,385	396,442			10,888	195,457	24,715		
01/05/1971	367,411	14,405	282,905			9,866	130,474	27,013		
01/06/1971	396,441	8,225	236,01			10,186	93,692	19,508		
01/07/1971	345,871	7,073	199			10,345	76,234	18,921		
01/08/1971	296,266	7,85	186,356			9,25	67,381	14,91		
01/09/1971	324,815	13,348	178,25			10,336	71,75	13,598		
01/10/1971	605,323	13,318	227,663			11,91	146,919	12,944		
01/11/1971	2031,936	48,116	325,63			33,829	271,631	7,82		
01/12/1971	2457,36	73,427	349,147			30,927	325,432	6,682		
01/01/1972	980,22	41,5	410,972	47,191	2027,348	16,428	370,705	11,097		
01/02/1972	798,445	53,747	671,309	53,102	2360,324	14,965	960,706	18,601		
01/03/1972	1098,343	60,94	466,699	79,915	3132,656	14,353	350,025	17,344		
01/04/1972	747,649	28,038	408,727	94,196	2646,361	14,675	289,628	16,738		
01/05/1972	570,584	14,317	262,727	62,65	1208,907	13,56	133,154	9,345		
01/06/1972	464,71	8,809	222,905	55,336	830,011	10,616	103,057	12,039		
01/07/1972	504,604	11,076	207,398	46,725	629,582	11,29	90,858	10,314		
01/08/1972	459,572	10,022	189,031	45,11	517,311	8,965	80,963	15,077		
01/09/1972	433,53	9,599	181,495	42,096	452,545	10,84	79,676	18,202		
01/10/1972	646,734	28,52	232,319	40,58	827,403	12,026	111,512	17,386		
01/11/1972	1099,315	40,578	360,606	38,93	1298,372	17,381	268,751	13,735		
01/12/1972	1386,454	43,661	598,104	46,862	3919,478	22,49	740,625	23,19		
01/01/1973	1203,269	60,48	509,909	45,82	3197,512	16,724	649,35	23,283		
01/02/1973	1003,397	69,607	609,967	44,275	2946,968	15,092	613,885	39,131		
01/03/1973	2054,974	33,567	579,54	55,266	3900,845	40,667	441,798	23,386		
01/04/1973	1133,986	37,478	515,17	86,708	4118,783	26,456	265,548	18,188		

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/05/1973	776,34	21,976	363,893	69,573	1944,485	18,284	211,29	23,781		
01/06/1973	611,138	12,943	273,721	50,31	1080,884	15,091	124,816	19,326		
01/07/1973	559,042	12,121	233,738	45,686	810,523	13,003	98,511	27,943		
01/08/1973	498,095	10,388	209,575	44,083	603,601	11,227	83,653	34,336		
01/09/1973	457,452	11,222	200,013	38,104	502,774	10,372	78,841	30,566		
01/10/1973	843,708	26,643	278,023	43,038	1375,808	16,199	117,081	19,411		
01/11/1973	1287,268	71,165	401,111	41,829	2257,102	15,233	348,379	19,981		
01/12/1973	1362,151	67,293	485,552	53,321	3815,778	24,982	360,91	14,621		
01/01/1974	1604,007	59,362	783,396	54,173	3020,906	27,602	1027,108	13,016	2,084	
01/02/1974	1096,755	34,651	555,238	95,689	3559,561	21,376	631,345	18,541	3,506	
01/03/1974	973,796	30,271	1021,305	143,333	6756,166	26,675	1514,5	63,582	20,8	
01/04/1974	990,336	32,374	745,472	202,371	5946,151	21,585	983,29	44,603	30,7	
01/05/1974	743,441	17,869	522,614	177,097	3192,909	15,975	460,377	28,803	25,875	
01/06/1974	573,481	15,574	370,496	108,477	1629,619	12,879	291,893	25,398	22,375	
01/07/1974	533,027	10,665	296,518	82,556	1060,967	11,422	235,681	27,504	39,753	
01/08/1974	457,987	8,054	259,498	71,278	795,418	9,897	206,206	17,376	10,112	
01/09/1974	403,957	7,982	239,254	68,469	634,536	9,227	197,093	15,128	12,838	
01/10/1974	540,101	19,671	285,115	65,83	883,613	15,602	258,584	13,715	3,843	
01/11/1974	617,643	19,666	299,634	71,225	1511,578	13,902	287,263	16,264	2,382	
01/12/1974	979,43	54,975	411,14	76,478	2292,414	19,905	518,858	12,702	2,764	
01/01/1975	1583,937	101,005	454,989	91,823	2652,166	27,657	666,919	15,073	1,914	
01/02/1975	1114,224	76,067	492,752	125,822	3922,315	26,674	730,771	11,682	1,515	
01/03/1975	671,819	43,695	515,914	134,973	2957,583	18,12	628,558	14,638	2,342	
01/04/1975	699,303	38,679	561,91	145,198	3503,978	15,149	689,617	12,082	1,756	
01/05/1975	503,729	27,473	384,52	129,088	1654,078	13,481	380,268	11,346	4,924	
01/06/1975	446,033	20,602	279,253	86,797	937,413	12,42	225,7	9,588	19,961	
01/07/1975	455,873	18,516	253,597	79,66	712,812	11,646	193,19	9,988	53,059	

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/08/1975	382,339	11,11	221,098	68,655	537,834	9,127	169,387	14,121	10,926	
01/09/1975	345,822	11,615	205,243	62,547	434,725	10,954	161,053	21,681	6,256	
01/10/1975	726,145	26,383	238,085	63,544	735,417	18,217	188,458	22,714	3,407	
01/11/1975	1263,751	49,883	381,867	61,645	1537,816	19,663	449,773	23,628	2,223	
01/12/1975	943,823	47,662	524,73	64,7	1629,062	13,377	624,426	25,595	4,47	
01/01/1976	451,686	40,716	421,821	71,552	1498,393	9,391	417,129	20,465	2,062	
01/02/1976	713,843	42,281	648,026	113,122	2310,85	8,181	772,997	18,112	3,936	
01/03/1976	410,686	32,507	656,043	95,619	2966,038	8,41	881,484	22,138	16,951	
01/04/1976	423,645	20,715	472,979	92,163	1759,194	8,119	530,843	12,535	12,377	
01/05/1976	309,783	19,578	418,994	72,724	1228,524	8,054	314,326	39,447	15,603	
01/06/1976	258,188	14,679	332,632	62,847	741,482	6,306	225,477	23,859	8,978	
01/07/1976	273,58	14,634	260,475	55,937	554,449	7,547	182,568	19,104	11,958	
01/08/1976	245,941	16,353	226,438	53,101	455,001	5,983	160,174	26,446	6,105	
01/09/1976	458,88	29,541	237,292	51,354	489,537	8,58	165,06	19,391	2,647	
01/10/1976	595,519	37,988	288,234	58,233	904,079	8,615	230,119	14,064	3,887	
01/11/1976	1255,253	52,589	468,544	55,768	2008,59	17,748	342,643	14,94	2,118	
01/12/1976	1694,83	70,37	729,662	59,995	3253,309	22,212	537,368	21,2	2,632	
01/01/1977	1763,852	78,403	755,031	65,976	3827,034	14,541	877,532	23,807	2,357	
01/02/1977	1475,411	51,33	957,728	83,595	8117,547	8,507	930,9	44,978	3,225	
01/03/1977	718,685	26,984	613,048	77,333	2695,79	7,759	517,307	19,837	1,907	
01/04/1977	812,644	32,916	607,46	90,327	2656,176	10,244	573,437	21,762	9,745	
01/05/1977	565,118	18,044	504,185	117,38	1804,865	9,101	415,49	12,805	21,907	
01/06/1977	446,763	12,016	374,521	68,861	1156,619	6,977	248,933	10,757	33,849	
01/07/1977	400,928	10,115	302,892	58,851	812,404	6,062	180,219	11,579	59,828	
01/08/1977	338,077	8,843	244,849	53,628	627,966	5,123	151,774	30,551	11,962	
01/09/1977	344,531	15,105	257,857	50,643	566,794	6,316	159,36	33,231	12,949	
01/10/1977	510,29	10,658	330,753	53,005	952,854	8,305	195,819	36,391	4,507	

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/11/1977	738,87	44,272	431,436	53,402	1084,037	16,761	428,947	28,427	2,763	
01/12/1977	1206,19	87,112	590,783	57,578	2824,953	18,92	698,855	25,496	2,299	
01/01/1978	1644,92	104,412	1099,318	99,436	7574,267	17,312	1107,268	29,799	1,686	1001,723
01/02/1978	1477,74	62,517	778,397	103,997	7670,544	15,101	593,139	35,617	2,779	1805,618
01/03/1978	1118,58	51,222	1140,445	150,839	9499,17	11,744	1100,068	27,265	11,822	2096,065
01/04/1978	863,04	33,197	650,161	119,63	5484,364	11,294	481,397	14,969	17,59	2407,123
01/05/1978	701,28	28,507	539,089	142,865	2615,264	10,883	352,668	14,589	29,257	1093,241
01/06/1978	525,01	22,104	442,916	92,187	1711,73	8,493	254,95	11,876	21,835	1001,723
01/07/1978	471,71	15,393	361,767	78,679	1211,298	13,651	186,665	11,146	43,174	1001,723
01/08/1978	460,46	13,212	300,225	69,545	868,68	9,275	160,039	11,407	25,133	178,575
01/09/1978	442,99	12,335	305,842	64,391	693,135	8,919	162,507	17,749	13,381	169,269
01/10/1978	540,56	12,712	339,002	67,911	947,359	12,908	241,258	11,525	7,836	655,381
01/11/1978	615,68	45,72	441,087	65,447	1125,768	10,47	357,1	11,29	4,146	1225,458
01/12/1978	1208,85	42,405	720,813	71,264	2849,117	13,391	1060,855	20,098	4,828	2448,427
01/01/1979	2607,93	64,219	1550,052	106,763	8209,771	35,691	1623,526	13,27	4,36	1725,127
01/02/1979	4746,33	143,236	1636,896	154,383	12360,32	54,667	1261,461	14,735	6,193	1358,405
01/03/1979	2440,1	77,101	1202,75	109,267	5824,65	36,375	1176,536	17,19	8,776	2928,011
01/04/1979	1556,9	50,307	795,539	88,563	3895,325	27,648	743,717	14,818	3,553	1001,723
01/05/1979	1159,76	32,948	564,575	100,535	2041,543	19,821	421,045	16,88	17,45	1001,723
01/06/1979	644,42	27,042	458,997	71,02	1480,799	16,389	256,697	12,427	17,824	651,51
01/07/1979	564,16	25,313	391,938	62,682	1089,335	14,279	208,426	11,896	21,973	179,746
01/08/1979	739,08	21,348	347,275	61,129	843,592	13,392	174,458	11,078	6,609	144,559
01/09/1979	635,97	29,26	394,703	69,765	888,513	12,309	188,053	12,275	13,531	200,549
01/10/1979	663,51	22,575	366,577	60,794	893,854	11,707	188,852	18,854	4,176	245,681
01/11/1979	1202,75	51,933	454,249	60,142	1762,179	18,706	202,597	24,962	4,187	877,547
01/12/1979	1595,75	58,316	572,147	63,002	1872,71	25,806	528,087	25,452	2,173	1560,05
01/01/1980	2940,68	98,928	867,701	75,289	6357,599	36,553	1252,648	26,244	2,322	1803,408

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/02/1980	2174,2	65,646	1489,812	130,45	15426,02	22,206	1879,552	21,66	5,942	2278,251
01/03/1980	1261,05	31,899	1142,559	127,149	8820,376	14,533	1372,271	25,299	15,554	2411,556
01/04/1980	1418,61	43,504	798,897	85,644	4566,18	25,308	533,73	26,013	6,876	1404,279
01/05/1980	1001,21	23,406	575,721	70,448	2431,32	17,334	338,558	20,915	4,757	1084,303
01/06/1980	521,63	18,55	437,236	60,951	1683,583	13,975	225,973	17,102	24,319	571,983
01/07/1980	496,63	17,124	386,889	55,97	1306,507	12,017	187,807	23,238	4,432	297,904
01/08/1980	595,01	16,5	336,749	52,527	1022,003	11,243	157,916	29,955	3,301	199,226
01/09/1980	529,08	15,352	349,807	50,59	891,458	9,612	171,093	21,99	2,813	190,464
01/10/1980	559,64	24,732	329,453	50,102	911,045	9,651	170,329	21,289	2,62	321,669
01/11/1980	665,53	32,028	428,705	60,937	1855,005	10,337	236,563	17,756	1,984	558,245
01/12/1980	1610,6	80,89	672,807	60,1	5349,579	25,97	680,497	43,17	1,962	929,378
01/01/1981	1318,76	96,234	1229,463	82,309	7235,075	12,35	1233,342	23,674	2,6	1336,307
01/02/1981	941,99	55,07	789,361	79,036	4031,703	11,683	725,918	20,468	3,354	2874,414
01/03/1981	1340,93	48,491	1071,339	75,561	4252,634	15,001	1049,829	23,309	20,13	2500,855
01/04/1981	994,63	43,951	829,468	111,937	5432,963	16,85	559,707	23,59	6,495	1727,049
01/05/1981	718,82	25,219	527,325	59,298	2171,455	13,311	303,397	26,813	3,234	843,529
01/06/1981	481,77	18,77	442,845	51,054	1587,513	11,491	224,55	29,163	4,13	477,666
01/07/1981	422,29	18,455	368,992	46,856	1141,79	9,862	169,003	24,074	3,421	247,195
01/08/1981	484,35	12,973	322,306	43,941	871,065	10,682	144,91	20,241	1,774	173,875
01/09/1981	424,86	10,172	291,346	41,991	681,966	8,003	134,36	26,367	1,798	151,438
01/10/1981	702,18	19,337	358,181	45,595	1118,004	10,216	197,313	33,578	0,994	238,794
01/11/1981	2974,43	37,958	616,131	48,598	3685,764	32,034	450,273	24,972	1,123	961,846
01/12/1981	2019	88,974	633,326	54,528	3018,716	16,948	629,916	20,71	2,961	1789,014
01/01/1982	2329,88	108,567	1135,633	96,057	10394,73	23,995	995,023	18,75	1,118	2981,185
01/02/1982	1432,57	57,151	1021,898	86,844	7380,699	13,548	1361,511	36,771	1,58	3160,624
01/03/1982	2009,68	108,63	1032,374	100,934	6421,183	28,416	1296,326	47,512	1,082	2994,77
01/04/1982	1661,59	82,712	907,448	75,63	4799,308	21,996	790,563	23,859	1,025	2577,857

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/05/1982	1216,21	41,901	560,989	57,785	2040,723	15,603	343,477	22,673	5,968	938,199
01/06/1982	666,94	30,461	465,601	48,933	1365,928	12,804	226,71	21,672	24,778	514,623
01/07/1982	567	24,926	381,551	45,49	1067,234	11,402	188,748	17,494	8,791	257,099
01/08/1982	687,88	28,249	339,693	42,673	908,348	13,476	171,787	14,135	10,874	222,435
01/09/1982	577,33	20,967	373,51	43,417	845,155	10,108	215,777	10,988	7,558	302,938
01/10/1982	599,45	34,278	411,721	43,568	991,65	9,17	217,858	15,152	1,529	657,297
01/11/1982	603,25	28,482	417,162	43,569	1255,323	8,148	304,15	28,961	1,268	1168,874
01/12/1982	894,09	72,351	499,708	42,548	1272,395	12,249	297,523	27,572	0,857	2667,792
01/01/1983	2529,93	104,404	789,668	44,335	4307,5	25,094	949,607	44,082	0,637	2416,923
01/02/1983	1919,15	66,124	1189,49	73,155	10595,07	17,53	1103,543	36,234	1,929	1935,767
01/03/1983	1434,87	118,81	893,557	66,968	5018,946	11,977	687,177	28,713	5,966	2837,491
01/04/1983	1227,75	73,824	649,406	65,676	4399,539	14,016	443,423	26,282	2,284	1448,503
01/05/1983	962,46	52,002	440,737	46,791	1981,358	11,874	246,381	34,529	2,264	1041,927
01/06/1983	1592,47	93,517	407,917	43,668	1374,427	9,462	246,763	39,278	2,557	376,184
01/07/1983	783,243	46,103	322,082	38,93	1010,402	8,16	158,964	90,026	3,033	178,976
01/08/1983	682,861	32,899	286,336	37,963	801,815	6,949	141,139	79,759	3,746	131,199
01/09/1983	714,382	69,337	276,728	35,721	672,416	10,487	147,31	39,067	1,099	120,256
01/10/1983	1218,948	59,273	370,728	37,478	906,944	16,055	195,536	25,838	0,866	125,849
01/11/1983	1403,255	65,739	470,764	39,349	1598,145	21,354	523,103	25,411	0,667	771,3
01/12/1983	2672,881	78,446	1017,407	40,912	4071,602	26,63	1013,684	43,741	0,326	995,05
01/01/1984	1216,309	53,216	876,538	48,654	3127,469	16,614	560,429	38,855	1,815	2137,147
01/02/1984	868,058	53,127	574,772	52,11	2090,606	12,784	533,655	35,853	0,477	3288,372
01/03/1984	894,237	40,831	612,863	92,847	2583,128	14,045	629,981	24,611	0,678	2936,632
01/04/1984	942,624	39,479	584,036	152,244	3394,977	15,491	723,72	24,786	11,568	2299,814
01/05/1984	648,1	28,707	459,856	75,414	1487,417	10,648	409,597	20,214	25,691	1001,723
01/06/1984	531,732	18,615	342,374	52,949	932,607	8,581	206,413	18,496	4,976	365,408
01/07/1984	499,056	14,89	292,398	46,227	696,899	7,483	156,177	23,379	39,886	227,541

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/08/1984	513,868	18,589	275,491	42,628	556,447	7,784	139,884	33,759	9,211	145,49
01/09/1984	624,865	16,094	287,871	44,417	577,929	8,288	146,517	23,834	13,892	160,76
01/10/1984	612,331	16,619	313,182	43,201	728,413	10,431	226,774	19,789	2,5	530,28
01/11/1984	839,85	23,548	363,947	48,869	875,257	17,031	251,763	25,436	1,992	1612,602
01/12/1984	2473,996	33,115	591,617	50,73	1356,827	33,338	497,374	27,993	1,029	2279,931
01/01/1985	4314,92	88,024	1005,633	95,387	5581,706	55,259	983,91	17,45	1,386	2143,263
01/02/1985	2907,99	75,613	682,466	167,212	6410,072	32,378	577,529	43,43	9,994	1737,727
01/03/1985	2151,673	72,883	849,679	151,249	4744,982	28,856	888,929	24,04	18,142	2204,445
01/04/1985	1382,455	48,196	676,267	195,422	3906,467	19,431	685,25	21,05	26,808	2172,938
01/05/1985	1090,736	32,508	473,711	158,74	2113,537	16,808	309,897	14,66	19,238	1189,752
01/06/1985	910,386	22,965	358,564	99,021	1323,016	14,137	189,077	16,52	24,627	430,178
01/07/1985	811,684	18,176	320,233	74,474	970,326	13,75	154,461	17,26	34,967	241,308
01/08/1985	752,424	18,154	281,737	64,065	745,018	12,968	133,713	21,7	18,292	207,106
01/09/1985	683,545	17,768	270,922	61,489	600,164	13,83	136,41	18,68	4,358	264,393
01/10/1985	786,716	16,997	302,937	66,426	986,764	16,62	209,629	15,35	2,882	649,904
01/11/1985	1015,463	34,227	351,494	69,434	1636,495	21,621	181,473	20,9	2,302	1443,552
01/12/1985	1462,516	59,759	357,173	89,103	4507,01	26,762	230,81	19,57	2,059	1217,088
01/01/1986	2406,637	64,81	656,162	101,872	7917,339	19,544	660,542	15,88	2,71	1946,873
01/02/1986	1160,48	48,386	679,112	108,645	5187,128	14,4	780,282	34,542	6,103	3012,61
01/03/1986	756,152	44,415	540,452	141,284	3989,3	11,441	603,919	21,317	10,929	3162,901
01/04/1986	626,764	33,627	446,67	139,715	3008,333	10,911	294,467	17,28	37,363	2553,991
01/05/1986	580,759	23,545	388,186	104,263	1856,511	9,817	203,665	13,685	13,949	1053,473
01/06/1986	522,305	17,555	302,803	72,635	1153,36	9,736	146,19	12,892	40,045	528,447
01/07/1986	473,907	19,304	260,668	62,541	864,523	9,106	115,936	15,334	49,19	245,645
01/08/1986	526,84	16,815	286,938	57,767	703,971	9,117	109,005	10,83	35,599	198,921
01/09/1986	418,869	17,638	296,086	53,863	606,141	8,464	126,657	18,53	16,802	287,281
01/10/1986	367,784	14,552	299,091	62,329	850,958	7,484	150,332	38,284	7,378	535,218

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/11/1986	473,118	16,826	302,268	64,22	868,821	8,814	187,763	30,298	7,618	889,596
01/12/1986	886,195	56,044	532,045	64,643	1384,848	16,672	487,607	34,124	7,911	2527,833
01/01/1987	1007,363	63,022	632,649	66,393	1964,702	19,242	524,961	52,818	6,376	2926,936
01/02/1987	589,982	48,435	590,601	60,003	1781,045	12,493	467,804	62,327	5,344	2077,487
01/03/1987	977,484	58,255	663,87	105,585	3621,974	20,718	524,726	36,085	10,512	1677,854
01/04/1987	768,567	45,241	585,193	85,565	2889,599	17,838	592,26	35,391	26,809	1760,984
01/05/1987	496,606	32,552	440,883	63,938	1358,333	11,287	238,007	44,143	5,97	951,726
01/06/1987	434,39	25,821	325,375	55,283	790,839	10,288	145,577	28,625	10,816	288,08
01/07/1987	349,946	16,507	277,988	50,347	562,81	8,702	111,56	26,466	26,211	192,788
01/08/1987	320,603	15,373	253,062	49,942	468,252	7,284	96,336	37,818	6,428	150,265
01/09/1987	344,319	14,223	245,567	46,872	410,609	8,392	89,1	24,354	4,699	142,184
01/10/1987	343,336	7,987	255,168	47,655	564,669	6,771	129,18	35,742	3,751	262,194
01/11/1987	646,768	19,027	374,326	47,073	1086,707	18,439	243,773	23,06	2,858	1020,157
01/12/1987	1740,484	72,313	765,064	51,019	3939,098	18,657	842,284	22,455	2,536	2316,711
01/01/1988	1612,323	45,172	769,541	61,847	3881,591	20,425	1131,352	22,396	3,465	1479,397
01/02/1988	1202,951	174,703	814,451	65,892	3721,804	12,268	1109,059	31,248	3,007	2850,791
01/03/1988	902,278	54,469	1171,251	141,154	6953,249	13,875	1189,461	21,62	8,432	1843,127
01/04/1988	676,758	46,914	740,139	143,417	3466,882	13,141	809,307	17,948	35,995	1938,687
01/05/1988	537,094	43,611	508,907	99,269	1805,627	8,933	279,164	22,137	22,439	1222,532
01/06/1988	457,834	24,794	402,853	69,37	1172,253	8,558	182,477	15,639	12,26	574,368
01/07/1988	347,337	21,927	329,627	61,99	822,11	7,501	134,5	10,594	42,244	234,489
01/08/1988	348,932	18,982	287,996	55,734	623,609	6,96	113,093	10,249	11,997	143,512
01/09/1988	313,739	11,678	261,73	53,337	495,221	6,316	101,403	14,781	5,991	119,667
01/10/1988	402,74	17,045	286,427	54,577	745,642	12,108	127,219	12,255	3,208	230,776
01/11/1988	613,479	47,35	337,991	55,736	1176,58	12,047	196,992	8,879	2,807	739,55
01/12/1988	1098,11	54,637	498,421	74,643	2438,362	10,481	438,642	8,996	2,195	1766,605
01/01/1989	938,97	61,039	790,067	62,873	3076,738	9,972	1096,135	31,713	3,43	1817,017

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/02/1989	555,018	52,636	898,317	64,764	2877,552	6,654	1105,511	22,352	3,53	3028,464
01/03/1989	810,023	51,115	922,17	93,045	2978,256	12,76	1431,104	20,358	3,784	3101,329
01/04/1989	433,381	34,568	635,019	126,014	2171,656	8,334	950,806	19,524	25,844	2746,171
01/05/1989	407,57	24,47	455,98	86,959	1376,585	7,766	502,791	26,353	13,356	1111,385
01/06/1989	553,85	53,553	380,46	63,721	828,998	7,85	263,941	12,987	15,953	547,428
01/07/1989	477,92	22,494	340,589	56,208	634,097	5,58	221,596	12,793	47,131	275,255
01/08/1989	370,14	14,087	320,829	51,646	516,373	6,631	206,434	11,752	12,28	168,877
01/09/1989	335,2	24,583	303,938	49,318	477,083	5,902	194,714	22,339	5,558	140,458
01/10/1989	486,97	21,795	290,629	50,329	563,399	5,683	202,391	15,532	3,527	392,315
01/11/1989	943,5	16,437	447,627	61,56	2053,283	16,504	288,297	10,772	3,292	710,644
01/12/1989	1644,06	21,23	801,281	66,508	11367,96	18,699	589,806	13,794	3,57	799,274
01/01/1990	782,531	18,056	832,338	93,614	8707,529	7,586	931,806	32,044	2,403	1942,969
01/02/1990	569,08	24,24	779,905	63,908	4310,386	8,091	922,565	27,811	2,308	2780,508
01/03/1990	473,496	31,714	772,67	84,059	4894,26	8,076	770,604	24,024	2,082	2215,236
01/04/1990	418,138	17,838	608,804	88,657	2803,308	8,689	552,506	25,041	5,1	1807,862
01/05/1990	394,101	24,993	485,552	62,469	1663,49	6,124	361,29	20,912	11,806	1029,623
01/06/1990	305,674	11,994	365,43	52,659	1195,725	4,475	215,989	19,252	12,243	769,604
01/07/1990	333,512	9,279	320,958	50,444	1030,466	8,206	182,501	26,162	40,209	536,573
01/08/1990	290,489	8,468	276,13	46,561	805,288	8,019	162,254	22,037	32,236	349,962
01/09/1990	354,369	14,031	299,468	47,695	846,603	4,504	209,885	21,921	8,111	385,169
01/10/1990	340,12	17,384	379,374	48,227	802,614	5,624	493,4	30,571	8,492	579,081
01/11/1990	493,992	19,319	386,679	48,251	1041,53	9,412	331,821	31,84	5,034	1006,944
01/12/1990	528,832	17,49	479,899	50,646	1524,333	10,333	395,558	26,658	4,421	2686,056
01/01/1991	1553,767	108,519	672,178	64,877	3280,282	24,66	735,882	27,002	4,27	2176,338
01/02/1991	1499,222	68,607	913,69	64,26	3769,713	15,427	1021,332	23,195	4,568	2303,567
01/03/1991	1617,488	59,4	1230,939	75,663	5000,424	18,339	1116,839	19,014	4,372	2763,524
01/04/1991	1001,506	50,05	905,726	73,259	4979,091	13,619	725,725	13,622	6,436	2057,808

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/05/1991	684,216	33,385	501,341	60,476	2025,511	10,193	315,799	10,566	16,738	1173,808
01/06/1991	522,893	20,338	388,662	50,569	1288,391	9,161	220,89	14,557	14,575	658,303
01/07/1991	441,15	15,695	310,832	48,155	962,273	12,406	173,104	10,121	10,939	274,82
01/08/1991	422,137	9,808	270,783	45,355	768,169	23,694	149,568	10,786	17,674	212,217
01/09/1991	410,681	16,201	256,129	44,467	661,997	11,178	149,016	8,698	5,884	191,782
01/10/1991	454,749	27,515	337,28	44,166	762,884	9,951	198,814	16,524	7,646	248,767
01/11/1991	1010,182	20,298	418,624	44,491	1249,29	13,458	279,943	35,465	2,657	944,392
01/12/1991	927,944	52,843	512,449	45,892	1892,289	14,419	466,209	33,931	1,849	1468,957
01/01/1992	2500,434	133,824	763	60,423	4850,633	14,169	678,282	22,373	2,645	1453,964
01/02/1992	2844,24	59,424	854,847	124,259	12038,93	13,208	724,789	40,307	7,221	2044,887
01/03/1992	1167,394	36,036	996,202	68,986	3232,829	9,359	940,265	29,793	14,374	3355,329
01/04/1992	836,978	27,106	955,972	74,54	2502,167	9,993	756,629	18,579	29,489	1666,259
01/05/1992	764,979	20,715	573,297	55,443	1630,651	8,842	310,821	22,261	3,873	684,049
01/06/1992	593,631	12,378	432,016	49,341	1062,11	9,176	195,209	25,763	9,017	400,694
01/07/1992	547,974	11,404	367,492	46,406	802,469	15,128	193,957	23,838	11,005	214,586
01/08/1992	493,855	9,078	331,285	43,682	651,083	10,496	140,43	23,588	7,74	127,841
01/09/1992	517,721	25,657	409,968	43,164	638,567	9,675	227,486	19,307	14,13	177,446
01/10/1992	790,24	30,25	426,157	41,153	823,105	12,414	303,971	12,711	3,002	327,101
01/11/1992	1913,25	62,737	534,503	44,116	1960,537	31,802	620,988	14,089	2,861	708,278
01/12/1992	2031,035	60,403	712,217	55,437	6247,368	26,126	949,172	13,191	1,826	1502,224
01/01/1993	1805,672	40,255	878,714	46,683	4460,336	23,095	882,01	21,191	1,403	2550,812
01/02/1993	1038,484	32,913	1140,128	56,944	4434,687	13,978	1303,676	40,519	1,437	2774,852
01/03/1993	734,019	41,508	764,993	59,344	3113,211	13,191	712,716	26,287	2,564	3119,668
01/04/1993	779,551	34,981	680,524	48,808	2386,934	14,57	522,07	21,972	2,338	2774,382
01/05/1993	616,784	17,511	481,574	49,663	1636,89	12,229	259,5	20,851	2,49	1491,353
01/06/1993	579,017	17,178	420,385	41,985	1069,433	11,269	211,898	13,557	3,362	426,935
01/07/1993	481,43	9,835	364,588	39,507	829,179	9,07	161,223	39,646	3,256	226,467

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/08/1993	447,232	8,908	340,235	37,711	696,642	8,916	145,607	15,577	2,656	184,758
01/09/1993	405,144	13,06	337,124	38,093	643,135	8,425	151,35	26,07	1,107	151,431
01/10/1993	465,267	14,06	370,702	38,212	827,299	8,263	174,89	24,666	0,74	404,426
01/11/1993	463,417	14,482	350,492	39,462	742,78	7,8	330,261	14,262	0,637	1785,646
01/12/1993	896,078	34,09	569,933	45,234	1789,781	15,847	421,501	25,957	0,341	1955,631
01/01/1994	1821,372	61,319	1102,131	67,985	4271,957	33,426	885,784	16,289	0,883	2567,573
01/02/1994	665,574	20,517	726,625	65,145	2999,149	12,544	645,613	36,146	3,118	2891,69
01/03/1994	1229,242	85,276	867,016	107,385	6379,839	28,532	997,506	45,543	3,57	1898,272
01/04/1994	890,151	60,599	693,295	96,176	4260,031	18,769	520,538	21,024	4,532	2496,423
01/05/1994	621,221	54,26	478,309	58,074	1744,04	17,302	249,492	48,264	22,076	1119,067
01/06/1994	511,865	33,355	429,729	53,639	1208,441	13,373	187,182	24,315	50,017	599,281
01/07/1994	428,022	21,164	388,368	47,06	931,518	11,46	158,563	28,424	56,767	274,284
01/08/1994	362,614	15,393	323,428	42,328	702,056	9,533	125,425	15,849	10,885	162,168
01/09/1994	311,582	10,171	283,124	40,036	537,482	8,474	115,527	12,783	9,097	1001,723
01/10/1994	285,312	11,205	311,246	41,012	518,647	8,775	205,13	15,62	3,371	1001,723
01/11/1994	537,416	36,467	466,883	42,051	1017,111	10,05	264,195	13,009	1,693	1001,723
01/12/1994	1063,982	72,045	708,416	43,491	1963,012	15,283	809,978	11,319	2,105	1001,723
01/01/1995	521,874	47,719	1112,056	53,472	2782,478	8,88	1775,659	38,84	2	1001,723
01/02/1995	775,773	60,787	1299,425	64,825	4102,101	7,017	2232,657	49,011	3,245	1001,723
01/03/1995	592,484	23,926	818,733	73,729	2963,788	7,845	846,859	37,111	1,7	1001,723
01/04/1995	646,32	22,844	823,468	133,164	4515,565	9,999	680,76	19,805	3,572	1001,723
01/05/1995	479,043	14,948	658,159	93,481	2767,003	7,532	649,321	13,367	7,498	1001,723
01/06/1995	363,561	10,442	471,48	64,169	1393,823	6,215	250,806	16,635	13,016	391,007
01/07/1995	300,681	8,972	401,481	49,361	952,08	6,647	193,758	16,534	37,323	169,75
01/08/1995	277,646	7,11	343,392	43,606	711,507	6,1	153,934	15,086	6,061	98,493
01/09/1995	230,7	13,959	315,167	41,021	567,201	4,987	139,609	20,345	2,501	80,617
01/10/1995	327,628	28,656	397,106	41,012	635,197	6,996	180,501	15,278	1,449	140,298

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/11/1995	813,597	40,152	458,779	44,638	1069,938	14,287	321,62	15,231	1,548	751,081
01/12/1995	2057,126	54,308	554,928	49,634	2864,906	26,342	682,197	63,78	0,955	1292,69
01/01/1996	1980,19	62,026	779,138	59,32	3608,988	19,888	799,579	64,271	0,895	2400,191
01/02/1996	696,221	41,878	614,165	55,909	2013,016	10,346	805,165	48,389	2,043	2529,258
01/03/1996	617,751	46,974	682,331	92,863	2795,666	8,563	1238,651	49,914	2,552	3403,5
01/04/1996	524,89	26,814	554,007	116,243	2708,333	9,249	514,892	29,957	12,114	1001,723
01/05/1996	398,951	16,795	481,002	82,52	1498,512	8,673	292,692	25,023	9,128	1001,723
01/06/1996	350,172	12,538	397,845	54,222	980,754	7,397	220,273	28,126	16,589	1001,723
01/07/1996	311,413	8,499	326,836	47,74	730,574	6,062	152,071	31,182	11,096	152,859
01/08/1996	306,469	8,027	305,838	44,559	590,562	5,596	128,648	19,802	18,95	126,105
01/09/1996	366,732	30,711	321,866	42,403	512,382	7,359	124,254	26,962	8,188	100,752
01/10/1996	414,127	16,178	317,881	46,149	649,454	9,761	159,63	27,056	2,946	381,9
01/11/1996	1733,199	71,33	528,158	49,064	906,995	28,484	402,148	17,313	5,798	978,153
01/12/1996	1679,208	64,922	533,521	47,044	1085,834	24,695	370,105	21,003	1,975	1512,349
01/01/1997	3815,794	105,935	936,636	84,071	2991,288	26,743	1240,016	78,54	1,464	2080,027
01/02/1997	1036,452	53,835	949,979	78,028	2209,596	15,361	1330,969	78,17	4,275	2883,756
01/03/1997	2035,436	58,599	1020,782	104,442	5353,21	28,265	730,511	37,674	2,871	3720,417
01/04/1997	1032,723	29,19	783,774	108,249	4985,912	18,686	666,875	24,45	13,565	1484,495
01/05/1997	728,028	19,41	556,848	76,282	1997,836	14,378	323,131	19,656	27,034	1541,454
01/06/1997	635,906	20,794	566,195	55,036	1017,636	11,601	239,366	18,191	8,057	622,337
01/07/1997	511,885	14,163	412,52	49,567	660,881	9,735	159,074	18,93	12,403	226,053
01/08/1997	400,971	10,705	349,512	45,982	460,628	8,817	131,708	19,081	5,972	176,483
01/09/1997	390,5	10,265	325,369	44,246	410,792	8,91	126,52	19,166	2,396	134,085
01/10/1997	490,212	12,975	357,477	44,869	461,823	12,292	155,116	47,72	1,429	187,573
01/11/1997	536,487	25,482	437,388	44,138	591,529	13,205	227,637	36,06	0,927	412,911
01/12/1997	2175,285	36,469	810,252	44,429	1150,487	22,41	457,874	25,598	1,148	836,428
01/01/1998	1351,997	37,043	710,271	51,595	1513,916	16	434,033	24,033	1,016	1807,817

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/02/1998	1229,075	57,452	955,414	49,023	2456,167	15,478	691,802	47,666	0,662	2064,66
01/03/1998	818,37	34,596	820,074	50,44	1989,678	12,231	623,391	40,81	0,574	2451,042
01/04/1998	610,734	32,749	660,122	46,256	1108,908	11,172	321,888	33,461	0,786	1625,65
01/05/1998	552,541	22,796	475,451	41,233	866,119	9,387	172,361	23,205	1,325	755,21
01/06/1998	522,222	17,604	393,344	37,502	567,352	7,923	128,723	21,958	1,407	443,411
01/07/1998	427,936	12,209	337,563	35,208	453,756	7,48	104,006	23,059	1,837	141,227
01/08/1998	395,045	9,473	309,858	33,508	536,147	8,209	95,943	27,265	3,957	99,64
01/09/1998	316,549	9,378	295,512	32,59	663,536	5,749	91,439	35,497	1,384	79,512
01/10/1998	433,031	27,503	345,901	33,502	737,231	9,232	121,285	27,58	0,652	175,678
01/11/1998	1058,501	44,624	519,801	36,135	1492,355	18,125	181,544	25,625	0,555	1909,084
01/12/1998	1201,948	46,157	851,891	43,688	2073,875	18,25	645,441	33,139	0,231	2241,433
01/01/1999	1261,066	63,425	882,764	47,168	1933,946	19,028	783,613	23,399	0,566	2834,564
01/02/1999	522,752	43,301	641,761	47,644	1519,637	8,223	512,187	27,639	2,139	3074,893
01/03/1999	1150,96	41,293	936,795	83,256	2733,757	12,035	990,183	19,452	2,085	1839,302
01/04/1999	527,636	22,98	553,871	57,647	1334,476	10,116	433,23	20,229	0,507	2335,34
01/05/1999	441,701	15,376	442,102	56,189	1172,755	7,667	197,127	13,939	2,295	1858,95
01/06/1999	408,973	12,108	365,625	41,326	1036,16	7,921	144,285	16,015	0,949	909,428
01/07/1999	396,883	9,289	327,384	36,751	907,256	7,214	116,463	17,692	1,77	430,482
01/08/1999	378,314	9,054	292,638	33,82	872,897	6,715	93,364	12,427	0,861	222,319
01/09/1999	359,576	8,543	288,504	33,823	947,217	5,972	91,218	11,82	0,731	164,011
01/10/1999	382,926	8,865	299,479	34,745	1119,018	7,142	105,055	15,862	0,285	201,989
01/11/1999	1061,836	25,438	441,492	42,916	1706,837	18,014	170,732	17,84	0,068	753,869
01/12/1999	1674,339	56,375	517,719	63,465	3488,964	18,429	161,667	12,656	0,033	1273,996
01/01/2000	1175,334	104,289	706,22	82,298	4439,875	14,813	192,436	27,504	3,146	1913,396
01/02/2000	1672,904	48,531	974,081	85,74	4276,459	16,03	428,685	51,354	2,645	1364,563
01/03/2000	1386,427	45,864	1031,822	110,743	4789,839	14,018	585,785	31,092	0,922	2360,184
01/04/2000	777,462	38,273	668,379	136,91	2778,228	11,426	200,924	17,841	3,878	1423,958

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/05/2000	489,191	20,925	479,86	84,014	1931,983	9,075	101,75	12,98	4,626	851,83
01/06/2000	386,382	14,461	376,485	56,189	1315,325	8,395	92,987	13,278	22,069	383,426
01/07/2000	358,924	11,856	334,675	49,126	1234,835	7,234	93,72	12,376	28,4	209,813
01/08/2000	313,448	14,707	304,128	45,209	1067,012	6,304	93,229	10,11	32,945	195,728
01/09/2000	403,729	23,222	345,312	44,328	1011,077	7,162	100,164	20,661	27,053	157,311
01/10/2000	271,48	14,649	320,781	42,159	998,046	5,389	122,111	20,156	3,263	530,852
01/11/2000	870,022	20,007	449,34	42,581	1935,209	15,224	171,237	13,517	0,975	1199,558
01/12/2000	1619,374	50,691	629,213	47,67	4373,133	25,237	251,195	18,368	2,864	1303,052
01/01/2001	1118,705	70,834	564,191	46,162	2621,535	13,504	223,99	24,579	0,949	2082,839
01/02/2001	473,838	36,405	457,751	48,731	2251,304	9,525	195,665	70,282	0,327	1922,482
01/03/2001	449,212	44,766	654,828	82,977	3690,207	8,883	396,618	31,15	1,026	2524,542
01/04/2001	302,808	26,024	517,02	72,997	2487,227	8,015	191,946	24,125	1,493	2585,331
01/05/2001	273,748	24,714	387,072	52,113	1712,335	6,869	125,147	29,523	0,811	672,546
01/06/2001	272,705	13,982	349,103	45,537	1177,074	6,571	101,877	20,899	8,781	626,258
01/07/2001	209,659	10,949	289,414	40,927	1355,594	5,555	97,277	22,055	16,038	674,234
01/08/2001	194,206	10,137	263,185	36,628	1071,854	5,431	99,055	15,794	4,718	379,393
01/09/2001	224,46	16,743	265,573	36,858	1325,231	6,905	106,483	22,347	2,938	154,603
01/10/2001	327,896	16,278	320,294	36,937	2428,059	9,225	140,927	30,182	1,606	389,314
01/11/2001	1198,382	29,207	411,815	38,946	3043,8	31,017	230,62	17,033	0,752	868,747
01/12/2001	991,508	67,859	868,84	44,54	5142,721	19,08	883,695	18,883	0,543	1001,723
01/01/2002	2568,626	69,76	992,732	104,616	6985,74	24,272	880,059	24,236	3,81	1198,794
01/02/2002	2249,835	64,579	1018,647	65,128	3751,64	16,971	1103,82	19,828	1,406	2715,835
01/03/2002	1101,139	34,983	820,79	63,766	1724,57	13,025	870,364	18,947	4,536	2635,151
01/04/2002	633,968	18,599	576,033	63,515	1762,29	10,832	415,763	15,872	1,129	2065,452
01/05/2002	514,508	20,525	438,743	50,387	1250,64	9,764	251,085	14,024	1,696	1306,493
01/06/2002	454,233	9,385	363,652	42,463	913,82	8,134	179,64	14,581	22,142	1001,723
01/07/2002	386,253	12,173	326,396	38,652	716,99	8,005	192,464	14,663	16,544	221,273

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/08/2002	315,568	6,918	291,741	35,765	697,59	6,906	192,921	15,958	2,797	148,426
01/09/2002	425,206	11,919	286,992	35,453	748,6	10,188	259,515	13,52	1,263	163,251
01/10/2002	356,169	8,067	289,35	34,859	1270,07	6,683	279,497	17,723	0,68	256,213
01/11/2002	846,919	32,414	366,438	36,55	1413,19	10,278	257,331	22,467	0,619	728,679
01/12/2002	1420,925	126,113	511,828	39,127	1860,06	17,186	296,536	22,483	0,428	1632,492
01/01/2003	3679,388	107,87	758,135	41,75	2902,2	35,123	673,266	13,407	0,28	1978,345
01/02/2003	1204,009	41,063	929,954	55,655	2547	12,395	808,784	17,122	1,389	2541,594
01/03/2003	803,034	31,497	915,336	68,31	3106,88	11,256	1009,896	16,024	11,374	2866,642
01/04/2003	649,641	21,952	986,931	71,645	3405,1	10,03	894,021	13,693	1,862	1782,925
01/05/2003	482,765	19,235	534,765	50,358	1445,17	8,242	357,282	11,677	3,59	1034,651
01/06/2003	404,285	10,295	418,767	40,138	843,08	6,607	257,173	12,384	15,382	623,898
01/07/2003	350,04	9,472	354,125	35,219	887,04	6,544	222,502	9,147	12,316	241,788
01/08/2003	324,524	9,075	311,36	33,226	910,84	6,117	204,745	7,419	2,389	196,817
01/09/2003	320,235	8,869	292,57	34,521	902,77	5,48	180,447	8,869	2,42	150,04
01/10/2003	324,456	18,382	332,297	32,056	1293,8	5,776	205,301	9,58	0,585	310,568
01/11/2003	441,536	52,434	371,902	36,786	1445,54	6,378	231,848	12,134	0,278	1214,966
01/12/2003	807,282	55,866	487,469	33,847	1332,08	13,915	323,419	12,002	0,208	1373,438
01/01/2004	2340,292	81,349	908,966	72,633	3735,59	24,879	821,025	10,287	7,959	2958,321
01/02/2004	1651,983	127,523	1615,075	143,232	7469,63	26,008	1503,587	10,051	23,687	2212,812
01/03/2004	1796,287	70,206	976,404	109,909	5942,25	23,435	593,528	9,058	7,84	2037,131
01/04/2004	1706,696	54,142	662,382	88,213	3480,54	19,974	316,978	11,463	8,818	2295,615
01/05/2004	892,978	25,24	536,851	54,313	1583,9	12,904	264,016	22,759	15,495	777,282
01/06/2004	683,198	17,251	424,125	43,438	1190,35	12,143	227,552	10,601	43,537	273,002
01/07/2004	626,786	26,83	378,872	39,392	921,54	10,773	198,982	13,122	44,147	237,028
01/08/2004	530,511	11,728	328,371	36,088	857,09	9,012	175,842	10,328	9,616	173,379
01/09/2004	363,96	13,505	296,31	34,783	886,7	6,929	170,995	34,595	4,562	258,741
01/10/2004	367,715	24,203	334,953	34,343	855,43	7,631	207,744	16,505	2,936	568,363

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/11/2004	450,892	42,393	444,759	35,957	908,92	7,631	249,419	14,962	2,23	1287,456
01/12/2004	1774,282	97,133	520,264	42,822	1389,79	20,179	329,954	19,32	2,4	1889,149
01/01/2005	1852,825	92,349	737,149	52,873	2067,09	17,989	776,31	14,406	1,98	1856,383
01/02/2005	2108,335	110,694	658,344	70,36	3221,62	29,505	522,573	18,761	1,699	2836,757
01/03/2005	2969,63	93,822	770,148	86,721	5479,37	38,69	592,197	19,964	0,842	2410,859
01/04/2005	1118,54	60,333	582,394	92,675	3078,3	17,131	293,141	14,495	0,952	1691,807
01/05/2005	908,06	38,796	419,281	61,901	1711,53	16,83	193,592	23,718	6,525	766,034
01/06/2005	773,505	30,616	343,567	46,511	1187,04	20,082	175,684	13,326	105,938	322,532
01/07/2005	602,533	20,517	306,087	40,1	669,67	14,655	165,352	12,929	13,363	164,878
01/08/2005	541,551	17,053	273,725	36,394	498,06	11,138	161,075	32,32	18,073	124,448
01/09/2005	502,594	17,923	273,5	34,401	859,9	11,899	166,157	57,576	5,925	117,655
01/10/2005	458,124	15,136	303,85	34,013	921,58	11,408	182,341	43,118	3,213	295,95
01/11/2005	1274	38,908	377,46	35,51	1380,74	22,989	246,244	33,034	1,862	759,538
01/12/2005	2137,32	86,978	659,696	43,81	3995,82	30,654	488,643	22,947	2,087	1001,723
01/01/2006	907,498	38,328	651,572	47,166	1841,61	17,624	722,692	29,782	1,676	1040,004
01/02/2006	668,885	55,528	555,881	50,442	562,43	10,884	973,022	33,872	1,534	2475,064
01/03/2006	1248,998	59,132	848,569	57,915	2659,28	28,563	1334,412	24,224	2,753	2146,667
01/04/2006	907,516	41,992	795,449	141,203	3914,46	19,814	1038,477	19,749	4,662	2257,798
01/05/2006	632,458	20,069	464,848	86,388	1594,41	13,009	301,752	21,133	4,308	532,841
01/06/2006	503,883	13,71	371,296	55,067	882,26	11,837	231,685	15,016	16,001	429,418
01/07/2006	468,689	11,214	327,328	46,584	580,35	10,488	214,435	14,396	6,441	141,991
01/08/2006	421,635	13,894	287,355	42,719	849,24	9,102	181,595	14,897	4,452	103,999
01/09/2006	405,906	11,314	297,286	40,458	1168,13	10,308	184,659	8,414	2,24	91,579
01/10/2006	586,961	16,477	425,614	39,829	1309,59	13,02	263,182	8,86	1,196	343,047
01/11/2006	1183,938	47,546	462,182	45,521	1870,44	23,101	307,058	18,463	1,382	711,002
01/12/2006	3014,023	73,286	598,702	47,415	2011,21	26,904	540,594	14,943	1,291	1417,447
01/01/2007	2612,929	188,328	735,515	42,312	1795,2	31,196	451,134	9,524	1,443	3097,262

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/02/2007	2371,985	78,993	1131,732	85,503	4561,35	27,509	846,174	15,246	1,454	2100,911
01/03/2007	1025,442	41,949	740,441	70,414	2734,93	15,074	616,787	23,94	5,506	2076,592
01/04/2007	781,358	38,103	517,372	58,439	998,95	15,006	355,031	12,648	4,063	1908,01
01/05/2007	664,708	32,923	409,72	47,347	772,67	11,736	219,659	15,68	6,029	1001,723
01/06/2007	567,327	23,642	343,144	41,544	731,46	10,018	184,958	9,013	17,329	623,161
01/07/2007	502,691	15,713	308,977	37,012	893,12	8,975	174,692	12,766	9,154	1001,723
01/08/2007	455,771	14,637	281,854	34,289	785,95	7,994	170,71	10,152	6,077	160,288
01/09/2007	414,552	11,805	257,496	33,383	647,71	8,263	161,309	13,344	5,536	138,259
01/10/2007	383,591	14,756	277,842	33,729	1385,64	7,589	181,595	12,661	1,761	337,259
01/11/2007	438,372	33,701	358,166	34,075	1257,9	9,511	326,508	12,138	1,116	1020,222
01/12/2007	721,614	53,581	477,797	41,613	2044,83	10,651	495,541	9,68	0,823	2158,751
01/01/2008	594,034	52,807	586,982	43,923	1308,29	8,51	713,527	18,547	2,034	2267,188
01/02/2008	1158,519	90,394	882,273	63,384	1740,52	19,422	964,72	42,488	1,435	2568,763
01/03/2008	860,265	77,513	812,057	90,765	2623,81	20,277	1042,586	30,274	2,265	2472,365
01/04/2008	786,523	62,428	668,432	126,518	2497,87	17,064	682,028	22,78	6,076	2405,064
01/05/2008	494,692	37,444	473,789	75,448	1073,74	10,364	302,236	32,097	7,666	677,292
01/06/2008	373,544	27,694	376,73	48,374	708,8	8,194	223,703	14,184	8,283	399,626
01/07/2008	345,164	18,178	320,913	41,005	673,5	7,323	197,64	10,059	8,757	190,989
01/08/2008	301,056	17,144	279,699	37,511	596,83	5,93	174,149	9,674	12,197	154,811
01/09/2008	300,279	17,074	259,306	35,544	1083,86	5,505	173,318	14,343	3,001	109,006
01/10/2008	329,905	23,873	279,837	34,757	1216,15	6,968	200,031	25,688	1,645	280,803
01/11/2008	808,623	61,148	367,641	35,762	1179,95	21,606	266,789	57,321	3,2775	729,587
01/12/2008	2035,316	77,491	429,78	42,893	2499,29	27,167	340,387	33,043	3,2775	1789,499
01/01/2009	3250,709	102,07	453,126	46,221	2253,9	43,98	350,509	38,964	0,673	2456,315
01/02/2009	1417,189	86,985	656,086	58,004	2049,17	19,222	618,601	35,453	9,758	2841,538
01/03/2009	967,507	47,493	655,984	69,397	1486,02	18,607	573,613	36,37	4,979	3482,073
01/04/2009	1442,252	43,09	731,806	109,759	2735,41	26,139	841,956	25,931	5,034	2975,485

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/05/2009	669,555	30,572	426,819	167,846	2725,17	14,61	324,218	18,434	11,912	1851,434
01/06/2009	585,655	24,919	359,964	70,396	1046,24	13,527	214,268	12,903	8,561	628,144
01/07/2009	523,258	22,137	307,529	52,736	664,06	11,529	181,935	18,217	18,795	344,4
01/08/2009	431,313	19,07	276,237	46,503	540,57	10,035	172,596	26,007	12,748	218,876
01/09/2009	454,576	20,494	294,027	43,597	672,27	8,87	168,777	40,947	3,2775	169,046
01/10/2009	781,311	47,69	313,546	44,502	682,89	18,299	185,343	30,954	3,2775	179,911
01/11/2009	1110,634	81,662	420,799	43,023	2095,83	19,04	236,794	27,084	3,2775	697,774
01/12/2009	1365,739	107,105	697,341	46,236	2164,94	27,607	580,63	24,959	1,101	1947,334
01/01/2010	1171,588	81,189	789,346	54,864	3613,15	12,61	783,048	49,025	2,25	1780,423
01/02/2010	554,527	47,702	669,185	63,761	1490,19	9,197	1020,956	30,431	1,738	2410,222
01/03/2010	918,199	86,656	668,208	68,962	2487,54	17,883	635,303	32,421	1,273	1961,414
01/04/2010	800,487	73,423	687,666	106,436	2511,72	16,64	366,289	34,247	1,956	2175,23
01/05/2010	629,292	40,045	399,075	59,131	799,9	12,307	201,792	86,745	1,341	1288,319
01/06/2010	518,538	31,827	332,918	50,566	733,82	9,599	177,495	44,652	25,796	508,489
01/07/2010	453,103	26,917	283,196	42,469	609,29	9,549	184,029	32,624	13,781	161,866
01/08/2010	361,654	18,419	257,396	38,321	611,42	7,391	168,621	29,303	4,847	129,18
01/09/2010	296,746	16,14	234,811	35,739	1286,01	6,089	158,299	18,362	2,26	109,148
01/10/2010	401,468	25,453	256,131	38,087	1632,92	7,33	177,548	19,061	1,39	133,769
01/11/2010	1121,081	55,534	396,957	39,629	1722,64	16,625	247,498	19,785	0,98	473,269
01/12/2010	1774,01	97,928	466,899	49,015	2010,36	22,359	195,36	25,121	1,991	696,078
01/01/2011	2144,85	135,266	804,239	58,986	3503,49	20,52	468,07	47,646	1,961	1039,463
01/02/2011	617,35	64,71	631,206	88,682	2588,61	9,617	752,995	71,692	1,789	2044,164
01/03/2011	1759,502	91,661	964,533	132,964	5042,17	36,205	999,716	50,436	3,335	3736,031
01/04/2011	1023,986	62,411	725,624	100,415	3547,49	19,829	817,11	28,177	7,286	2760,171
01/05/2011	619,412	45,352	414,798	79,491	1169,96	13,29	244,674	23,441	35,909	1301,115
01/06/2011	524,352	30,942	340,1	54,225	863,98	11,022	187,27	17,82	13,263	724,799
01/07/2011	454,077	26,249	298,69	48,256	815,1	9,61	177,01	26,09	40,273	190,602

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/08/2011	383,126	23,03	262,333	43,482	782,79	7,9	153,802	58,668	18,429	126,276
01/09/2011	319,197	15,05	238,225	39,991	1319,28	7,677	150,546	53,692	5,412	129,876
01/10/2011	499,636	31,791	284,845	43,346	1629,28	9,314	182,986	24,316	0,855	438,658
01/11/2011	1065,343	44,517	328,224	52,419	1848,86	19,216	247,507	19,677	3,2775	645,356
01/12/2011	2694,348	92,219	411,282	49,353	3005,42	32,886	266,005	21,149	1,841	1470,607
01/01/2012	3470,584	122,957	750,592	55,426	4898,95	34,564	514,737	36,759	4,589	
01/02/2012	1076,588	65,159	584,562	66,862	3378,55	13,427	509,049	21,547	4,465	
01/03/2012	756,609	58,695	548,383	70,264	2587,19	11,292	479,789	13,426	2,144	
01/04/2012	692,398	47,136	468,266	59,562	1593,76	11,545	222,375	11,773	2,079	
01/05/2012	683,611	40,69	368,485	48,687	1125,49	11,353	244,693	13,887	2,248	
01/06/2012	547,764	35,258	319,326	44,061	958,02	10,851	194,605	19,994	4,844	
01/07/2012	460,117	29,788	266,1	39,562	743,88	8,236	156,016	14,675	12,948	
01/08/2012	401,088	19,807	232,118	35,848	728,81	13,035	147,776	14,099	2,348	
01/09/2012	346,578	24,311	226,676	34,309	1470,98	9,028	148,263	14,432	1,613	
01/10/2012	322,842	21,402	259,055	35,772	2063,98	7,107	156,439	16,705	1,194	
01/11/2012	967,208	37,793	362,567	38,335	2007,7	19,09	204,988	11,604	0,684	
01/12/2012	793,031	34,807	420,036	45,815	2031,44	14,262	304,367	10,559	0,742	
01/01/2013	835,119	66,296	750,021	48,387	2571,4	14,136	606,014	12,167	0,898	
01/02/2013	1007,991	58,252	994,158	50,873	2747,11	16,753	1047,095	27,129	0,456	
01/03/2013	675,555	79,55	723,414	52,236	1750,71	18,593	676,86	34,343	0,484	
01/04/2013	807,489	45,791	712,202	52,812	2138,7	20,96	455,884	18,072	1,752	
01/05/2013	448,462	34,744	421,449	45,164	1064,89	12,226	191,755	11,5	9,054	
01/06/2013	468,168	29,334	396,158	40,275	848,05	10,68	179,429	12,925	18,157	
01/07/2013	331,862	29,867	301,74	35,814	788,34	8,797	154,192	11,223	15,058	
01/08/2013	270,329	21,797	263,207	32,753	765,37	7,505	144,856	29,309	4,749	
01/09/2013	235,408	21,986	246,106	31,211	1065,76	6,812	141,958	23,756	3,595	
01/10/2013	356,811	23,864	295,318	31,616	1189,49	8,032	167,309	14,331	1,176	

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/11/2013	389,681	32,619	382,667	35,965	1276,43	10,476	213,687	11,738	1,146	
01/12/2013	3597,654	57,524	646,917	39,588	3047,81	48,774	348,654	18,223	0,798	
01/01/2014	868,531	30,291	636,126	40,67		18,142	513,873	27,53	0,914	
01/02/2014	365,39	18,27	769,764	46,486		12,218	906,063	28,795	1,323	
01/03/2014	392,542	26,976	840,354	62,171		10,446	1015,236	30,572	1,58	
01/04/2014	385,938	33,891	702,841	65,721		14,866	491,092	30,876	0,412	
01/05/2014	316,602	21,514	459,36	55,307		9,79	248,736	19,305	2,022	
01/06/2014	301,953	20,409	360,579	38,394		8,277	187,74	36,371	3	
01/07/2014	283,939	18,1	305,918	33,829		8,496	159,302	22,785	2,321	
01/08/2014	280,436	17,41	274,584	31,048		8,262	145,699	14,401	2,351	
01/09/2014	254,429	15,01	258,89	30,861		6,019	155,689	16,213	6,733	
01/10/2014	237,73	12,88	264,002	31,49		6,787	203,846	21,13	1,079	
01/11/2014	343,518	19,303	364,053	36,906		9,725	301,411	12,463	0,359	
01/12/2014	494,601	21,438	770,81	38,929		10,288	725,09	20,261	0,33	
01/01/2015	662,74		521,686	38,726		3,42	507,171	44,875	0,205	
01/02/2015	662,74		643,415	45,402		5,913	546,004	40,401	0,106	
01/03/2015	662,74		872,505	54,662		8,055	559,225	43,22	2,45	
01/04/2015	662,74		739,477	46,315		6,177	583,623	31,026	0,604	
01/05/2015	662,74		541,045	41,036		8,453	335,804	34,73	0,971	
01/06/2015	662,74		358,712	34,483		7,162	198,759	30,816	2,828	
01/07/2015	662,74		306,808	31,538		6,085	179,231	35,229	6,32	
01/08/2015	662,74		257,518	29,552		4,711	179,134	23,707	3,748	
01/09/2015	175,817		233,682	28,369		3,559	155,465	33,606	1,039	
01/10/2015	107,736		233,937	27,825		2,341	163,198	18,188	0,248	
01/11/2015	216,531		304,548	28,373		3,672	205,235	36,436	0,049	
01/12/2015	513,557		328,111	28,481		7,022	211,766	27,41	2,274	
01/01/2016	1110,047		564,688	60,511		12,462	599,356	23,84	5,443	

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/02/2016	551,822		552,577	59,468		6,61	696,595	29,914	2,511	
01/03/2016	402,68		746,028	43,173		6,336	769,645	31,497	2,985	
01/04/2016	240,359		444,016	37,354		3,447	346,343	23,212	15,857	
01/05/2016	256,918		312,074	35,16		3,252	203,175	20,376	22,758	
01/06/2016	212,57		275,36	31,904		3,789	161,39	15,796	5,119	
01/07/2016	179,459		234,129	28,669		3,53	135,859	15,972	1,775	
01/08/2016	134,87		214,987	27,201		2,497	133,703	15,424	0,844	
01/09/2016	104,839		211,297	26,691		2,258	149,302	17,319	0,641	
01/10/2016	156,264		237,579	29,461		3,387	175,257	14,357	0,132	
01/11/2016	585,973		394,055	29,011		10,406	279,789	10,615	0,249	
01/12/2016	1093,568		554,515	31,977		16,425	316,207	18,626	0,275	
01/01/2017	408,014		564,974	38,697		5,443	20,45	20,45	0,115	
01/02/2017	481,455		842,611	80,175		7,334	15,524	15,524	0,058	
01/03/2017	366,698		789,711	82,693		4,705	12,953	12,953	1,722	
01/04/2017	300,879		543,172	62,829		5,209	13,499	13,499	5,001	
01/05/2017	296,228		398,872	45,771		5,936	14,359	14,359	2,891	
01/06/2017	234,049		300,649	36,665		5,571	24,597	24,597	2,558	
01/07/2017	196,932		256,039	31,643		7,29	11,069	11,069	8,395	
01/08/2017	159,738		226,555	29,584		5,176	11,5	11,5	1,965	
01/09/2017	124,204		198,892	27,033		3	18,188	18,188	1,305	
01/10/2017	104,683		201,646	26,17		3,064	13,88	13,88	0,504	
01/11/2017	264,642		292,749	27,92		8,384	18,188	18,188	0,109	
01/12/2017	880,708		560,949	30,524		30,534	14,573	14,573	3,376	
01/01/2018	400,899		569,431	32,703		7,355	21,644	21,644	2,298	
01/02/2018	1267,627		730,163	64,817		18,409	15,096	15,096	6,747	
01/03/2018	1080,648		631,995	109,003		15,453	18,927	18,927	4,629	
01/04/2018	631,918		567,1	107,225		16,393	14,844	14,844	6,279	

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/05/2018	406,112		362,753	45,685		14,188	18,188	18,188	5,329	
01/06/2018	337,376		301,897	35,56		9,408	9,505	9,505	2,238	
01/07/2018	276,009		251,926	30,648		7,087	12,218	12,218	2,404	
01/08/2018	275,276		224,1	28,771		6,296	9,364	9,364	0,71	
01/09/2018	208,784		219,898	26,935		5,096	20,063	20,063	0,276	
01/10/2018	241,411		272,639	27,778		6,043	12,24	12,24	0,048	
01/11/2018	527,974		533,938	31,562		11,532	12,043	12,043	0,067	
01/12/2018	674,524		527,967	39,606		17,198	13,276	13,276	0,406	
01/01/2019	667,686		504,917	34,358		9,01	16,398	16,398	0,093	
01/02/2019	443,682		584,71	37,988		8,821	18,188	18,188	3,561	
01/03/2019	493,935		636,844	53,399		10,236	18,959	18,959	5,645	
01/04/2019	389,954		597,292	92,453		10,181	19,938	19,938	1,949	
01/05/2019	310,094		412,459	48,293		9,161	28,024	28,024	1,161	
01/06/2019	225,788		296,891	36,898		6,092	22,957	22,957	12,965	
01/07/2019	182,765		258,148	33,205		4,952	15,297	15,297	15,842	
01/08/2019	158,757		228,677	29,492		4,622	12,171	12,171	4,269	
01/09/2019	137,383		206,549	27,479		3,522	10,425	10,425	2,286	
01/10/2019	140,988		256,716	27,955		3,746	13,616	13,616	1,278	
01/11/2019	284,305		327,569	28,126		11,754	15,657	15,657	0,47	
01/12/2019	816,461		436,698	27,991		13,624	9,469	9,469	0,251	
01/01/2020	1226,285		437,173	44,702		29,945	19,694	19,694	0,231	
01/02/2020	1212,568		726,297	59,325		20,823	23,024	23,024	0,527	
01/03/2020	1894,19		761,245	152,33		31,153	8,184	8,184	4,456	
01/04/2020	900,383		526,023	119,476		14,942	5,823	5,823	4,504	
01/05/2020	584,636		374,296	63,674		12,5	18,188	18,188	6,515	
01/06/2020	432,792		294,045	45,724		10,141	18,188	18,188	14,795	
01/07/2020	370,734		250,955	37,458		9,064	7,369	7,369	7,969	

DATA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
01/08/2020	312,906		220,95	33,325		8,705	18,188	18,188	3,2775	
01/09/2020	247,38		193,927	31,189		5,433	18,188	18,188	0,679	
01/10/2020	320,472		201,279	31,205		9,048	6,794	6,794	0,43	
01/11/2020	685,135		237,745	39,898		11,315	14,003	14,003	0,433	
01/12/2020	853,91		267,837	36,12		11,573	24,895	24,895	0,295	
01/01/2021							30,627	30,627	0,181	
01/02/2021							26,52	26,52	0,544	
01/03/2021							29,582	29,582	2,592	
01/04/2021							18,972	18,972	29,509	
01/05/2021							18,915	18,915	11,418	
01/06/2021							36,463	36,463	1,37	
01/07/2021							20,808	20,808	3,046	
01/08/2021							14,881	14,881	2,096	
01/09/2021							14,094	14,094	0,649	
01/10/2021							22,771	22,771	0,169	
01/11/2021							14,765	14,765	0,097	
01/12/2021							15,9	15,9	0,774	