

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – FACET
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

JOSELMO DA LUZ VERÍSSIMO

SÉRIES TEMPORAIS: UM ESTUDO DE PREVISÃO

DOURADOS/MS

2016

JOSELMO DA LUZ VERÍSSIMO

SÉRIES TEMPORAIS: UM ESTUDO DE PREVISÃO

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal da Grande Dourados, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Ms Anderson Bessa da Costa

DOURADOS/MS

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

V574s Veríssimo, Joselmo Da Luz
Séries Temporais: um estudo de previsão / Joselmo Da Luz
Veríssimo -- Dourados: UFGD, 2016.
66f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Anderson Bessa da Costa

TCC (Graduação em Sistemas de Informação) - Faculdade de
Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande
Dourados.
Inclui bibliografia

1. Séries Temporais. 2. ARIMA. 3. Redes neurais. 4. Predição. I.
Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

JOSELMO DA LUZ VERÍSSIMO

SÉRIES TEMPORAIS: UM ESTUDO DE PREVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação na Universidade Federal da Grande Dourados, pela comissão formada por:

Prof. Ms Anderson Bessa da Costa
FACET - UFGD

Prof. Dr. Joinvile Batista Júnior
FACET - UFGD

Prof^a. Dr^a. Valguima Victória Viana Aguiar Odakura
FACET – UFGD

Dourados – MS, 23 de setembro de 2016.

DEDICATÓRIA

Para meus pais, Levi e Clemência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que tem me abençoado ao longo desses anos, concedendo-me força, saúde, ânimo e disposição para continuar nessa jornada.

Aos meus pais, Levi e Clemência, que com tanto amor, carinho apoio e dedicação me proporcionaram a todo o momento, e sem medida de esforços, uma condição favorável e tranquila para desenvolver minhas atividades.

Ao meu orientador, Prof. Anderson Bessa da Costa, que esteve à disposição e me ajudou a desenvolver este trabalho.

Aos professores do Curso de Sistema de Informação da UFGD, que contribuíram com meu aprendizado durante o tempo nesta Universidade.

Aos meus irmãos, namorada, parentes, amigos e a todos que de uma forma direta ou indireta contribuíram e foram essenciais para minha caminhada neste curso de graduação.

“Irmãos, quanto a mim, não julgo que o haja alcançado; mas uma coisa faço, e é que, esquecendo-me das coisas que atrás ficam, e avançando para as que estão adiante, prossigo para o alvo pelo prêmio da vocação celestial de Deus em Cristo Jesus.”
Filipenses 3: 13 e 14.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de predição realizado com séries temporais. Uma série temporal é o conjunto de pontos experimentais (informações) observados ao longo do tempo. O estudo utiliza as metodologias ARIMA e Redes Neurais para realizar as previsões de dados, buscando identificar entre as metodologias estudadas aquela que pode ser considerada de maior eficácia na comparação dos resultados obtidos. Cada metodologia apresenta características próprias na busca pelo melhor resultado. Os modelos ARIMA são uma combinação de três componentes, que podem ser interpretados como "filtros", sendo estes parâmetros importantes para o modelo na previsão dos dados. As Redes Neurais baseiam-se na ideia de aprendizado, assim como no cérebro, as informações recebidas são processadas, treina-se a rede e espera a indicação do resultado conforme seu aprendizado.

Palavras-chaves: Séries Temporais, ARIMA, Redes Neurais, Predição.

ABSTRACT

This work presents a prediction study of time series. A time series and a set of data points (information) observed over time. The study uses the ARIMA and Neural Networks and methodologies to make data predictions, seeking to identify among the studied methods the most effective based on the results obtained. Each methodology has its own characteristics in the search for the best result. ARIMA models are a combination of three components which can be interpreted as "filters", which are important parameters for the model in predicting the data. Neural Networks is based on the idea of learning, as well as in the brain, the information received is processed, used to train the network and a model is used that can be used to predict new data.

Keywords: Time Series, ARIMA, Neural Networks, Prediction.

LISTA DE ABREVIATURAS

AR	Modelo Autoregressivo
ARIMA	Modelo Autoregressivo Integrado de Média Móvel
ARMA	Modelo Autoregressivo de Médias Móveis
EMPA	Erro Médio Percentual Absoluto
EQM	Erro Quadrático Médio
EUA	Estados Unidos da América
FAC	Função de Autocorrelação
FACP	Função de Autocorrelação Parcial
FFNET	Feed-Foward Neural Network
MLP	Perceptron Multicamadas
POO	Programação Orientada a Objeto
RNA	Redes Neurais Artificiais

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exportação de açúcar em toneladas/BR – 1980 a 2006	22
Figura 2: Neurônio Biológico.	25
Figura 3: Neurônio Artificial.	25
Figura 4: Rede Neural Artificial Multicamada.	27
Figura 5: Casos de Sarampo, New York	28
Figura 6: Produção de Carvão – EUA.	29
Figura 7: Média Temperatura / Inglaterra.	30
Figura 8: Consumo de água (ml/hab).....	31
Figura 9: Produção Anual de Carvão – EUA.....	34
Figura 10: Função Autocorrelação para Carvão-1.	35
Figura 11: Produção Carvão EUA, (1920/1968).....	37
Figura 12: Produção Carvão EUA, (1920/1968).....	38
Figura 13: Produção Carvão EUA, (1920/1968).....	39
Figura 14: Previsão ARIMA-Casos de Sarampo, New York.....	43
Figura 15: Previsão Redes Neurais-Casos de Sarampo, New York	43
Figura 16: Previsão ARIMA-Consumo de água.....	44
Figura 17: Previsão Redes Neurais-Consumo de água	44
Figura 18: Previsão ARIMA - Temperatura	45
Figura 19: Previsão Redes Neurais - Temperatura	45
Figura 20: Previsão ARIMA - Produção Anual de Carvão – EUA.....	46
Figura 21: Previsão Redes Neurais - Produção Anual de Carvão – EUA	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valor correlação, por números de dados.....	34
Tabela 2: Tabela FAC para diferenciação	35
Tabela 3: Tabela FACP, para uma diferenciação.....	35
Tabela 4: Tabela FAC, para uma diferenciação	36
Tabela 5: EQM Arima e Redes Neurais	40
Tabela 6: EMPA Arima e Redes Neurais	41
Tabela 7: Comparativo EMPA - Arima e Redes Neurais.....	42
Tabela 8: Comparativo EMQ - Arima e Redes Neurais.....	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivo	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 Séries Temporais	21
3.2 Modelo Auto-regressivo Integrado de Médias Móveis – ARIMA	23
3.3 Redes Neurais	24
3.4 Conjunto de Dados.....	27
3.4.1. Quantitativo de Casos de Sarampo, New York,.....	28
3.4.2 Produção de Carvão, EUA,.....	29
3.4.3 Temperatura mensal, Inglaterra,.....	29
3.4.4 Uso diário de Água (ml/dia), London, Ontario - Canadá,	30
3.5 Python.....	31
3.6 Redes Neurais: FFNET.....	32
3.7 ARIMA.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Testes de Predição	33
4.2 Predição ARIMA.....	33
4.3 Predição Redes Neurais	37
4.4 Avaliação e Comparação de Resultados	39
4.4.1 Erro Quadrático Médio.....	39
4.4.2 Erro Médio Percentual Absoluto	40
4.5 Apresentação de resultados.....	41
4.6 Discussão.....	47
5. CONCLUSÃO	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
7. APÊNDICE	52

1. INTRODUÇÃO

O contínuo crescimento de informações disponibilizadas nos mais diversos setores proporcionaram ao longo do tempo o surgimento e aprimoramento de técnicas matemáticas e estatísticas no estudo e entendimento desses dados visando à extração de informações úteis a tomadas de decisão.

Neste contexto, dados de corte transversal (em inglês *cross-section*) são os dados obtidos a partir de uma ou mais variáveis coletadas em um único período de tempo, sendo neste caso a intenção em avaliar a associação entre os dados obtidos, tais como dados obtidos a partir de uma pesquisa de opinião, a apresentação da contagem populacional, censo, entre outras formas. Uma alternativa de organização dos dados são amostras de dados em que o fator tempo é predominantemente importante no estudo dos dados apresentados, uma vez que cada indicador está diretamente relacionado a um intervalo regular de tempo como, por exemplo, o crescimento da produção brasileira de grãos ao longo das últimas décadas. Estes tipos de dados são conhecidos como séries temporais.

Uma série temporal é uma sequência de dados mensurados tipicamente em sucessivos pontos no espaço temporal em medidas de intervalos uniformes. Séries temporais podem ser encontradas nos mais diversos campos: estatística, econometria, matemática aplicada, processamento de sinais, reconhecimento de padrões, previsão do tempo, previsão de terremotos, astronomia, engenharia de controle, etc. Como exemplos de séries temos o fechamento do índice Dow Jones da bolsa de valores, fluxo anual de volume do rio Nilo, processamento de sinais, entre muitos outros. Em modelos de regressão linear com dados de corte transversal a ordem das observações é irrelevante para a análise, em séries temporais a ordem dos dados é fundamental. Uma característica muito importante deste tipo de dados é que as observações vizinhas são dependentes e o interesse é analisar e modelar esta dependência.

A análise dos dados em séries temporais pode ser realizada através de modelos estatísticos, modelos esses que possibilitam o estudo e entendimento desses dados. Entre os modelos mais utilizados destacam-se os modelos *Autoregressive* (AR, em português Modelo Autoregressivo), *Autoregressive Moving Average* (ARMA, em português Modelo Autoregressivo de Médias Móveis) e *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA, em português Modelo Autoregressivo Integrado de Média Móvel).

Entre os vários modelos disponíveis para a análise de séries temporais, o modelo ARIMA tem tido destaque pelo seu amplo uso em diversos trabalhos científicos. Entretanto, este modelo não é capaz de reconhecer padrões não lineares (Zhang, 2003). Nas duas últimas décadas é notável que se iniciou um extenso estudo na aplicação de Redes Neurais Artificiais - RNA na previsão de séries temporais, sendo estas, lineares ou não lineares. Alon e Sadowski (2001), Faraway (2015), Kao e Huang (2000), Lawrence (1997), e Maier e Dandy (2000) são apenas alguns exemplos.

Os resultados das comparações dos métodos ARIMA e RNA são distintos, não existindo um consenso em um método superior. De fato, as características do próprio conjunto de dados utilizado (linearidade, estacionariedade, sazonalidade entre outras) e escolhas aparentemente sutis como parâmetros das RNA proporcionam diferentes resultados.

O objetivo deste trabalho consiste em reproduzir os experimentos encontrados na literatura, comparando os modelos ARIMAS e as RNA em quatro conjuntos de dados selecionados afim de comparar e analisar a predição dos resultados.

1.1 Objetivo

O objetivo consiste em realizar experimento de predição de séries temporais utilizando o modelo ARIMA e Redes Neurais e comparar com os resultados encontrados na literatura. Para isso, serão selecionados quatro conjunto de dados de séries temporais com características distintas. A ideia é então compararmos os resultados obtidos com as discrepâncias nas comparações encontradas na literatura, visando responder as seguintes questões:

- Algum dos métodos se apresenta superior de forma consistente na predição de todos os conjuntos de dados?
- Na comparação dos resultados, aplicando ambas as metodologias em uma mesma base, é possível notar grande divergência de previsão?

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A classe de fenômenos cujo processo observacional e consequente quantificação numérica gera uma sequência de dados distribuídos no tempo é denominada série temporal (Souza, 1989).

Os métodos para previsão de séries temporais são classificados como métodos quantitativos, baseiam - se na extrapolação de características de observações passadas e no inter-relacionamento entre essas observações, fornecendo previsões acuradas se o futuro apresentar comportamento similar ao passado (Wheel, Wright, 1985).

De acordo com (Wheel, Wright, 1985) a maioria dos métodos de previsão de séries temporais se baseia na suposição de que as observações passadas contêm todas as informações sobre o padrão de comportamento da série temporal e esse padrão é recorrente no tempo. O propósito dos métodos de previsão consiste em distinguir o padrão de qualquer ruído que possa estar contido nas observações e então usar esse padrão para prever os valores futuros da série temporal. Assim, pela identificação desse componente, a previsão para períodos de tempo subsequentes ao observado pode ser desenvolvida.

Uma série temporal é amostra de um processo estocástico, ou seja, nesse processo suas variáveis são aleatórias (randômicas) variando no tempo ou espaço. Um processo estocástico é não estacionário – processos estacionários são aqueles em que suas características de comportamento não são alteradas no tempo - por apresentar tendências. Esses movimentos na série podem dificultar a análise dos dados, ainda assim os modelos estudados nesse trabalho podem ser trabalhados sem a necessidade de serem estacionários.

A predição de séries temporais é um estudo de extrema relevância, uma vez que exemplos de séries temporais são abundantemente encontrados na natureza, nas ciências sociais, ciências médicas, econômicas e diversas áreas de engenharia entre outros.

Dentro de um contexto histórico, desde o começo do século XX são conhecidos métodos matemáticos empregados na predição de séries

temporais. Até 1920, a predição de series temporais era realizada simplesmente extrapolando os dados através de um ajuste global no domínio tempo. O início da previsão de séries é atribuído ao ano 1926, quando a técnica Autoregressiva (AR – *Auto Regressive*) foi proposta por (Yule,1927). Yule tentava prever o número anual de manchas solares. A técnica de predição usada consistia em determinar o valor a ser predito através de uma soma ponderada das observações prévias da série. Uma operação puramente linear. Nos anos posteriores, tais modelos acrescidos de ruído, foram objetos de pesquisas. Com o passar dos anos, o avanço da tecnologia e o advento dos grandes computadores, puderam-se estudar séries mais longas e aplicadas a estes modelos mais complexos.

Os estudos de análise de série temporal iniciou-se com o modelo linear, posteriormente, embora linearidade é uma suposição e uma útil ferramenta poderosa em muitas áreas, tornou-se cada vez mais claro no final de 1970 e início de 1980 que os modelos lineares são insuficientes em muitas aplicações reais (Aguirre, 1996). Por exemplo, os ciclos solares sustentáveis (números de manchas solares anuais), o fluxo de energia e relações amplitude de frequências não são possíveis de serem modelados de forma adequada com modelos lineares. Acelerada por exigências práticas, vários modelos úteis de séries temporais não lineares foram propostos neste mesmo período. De Gooijer e Kumar, (1992), forneceram uma visão geral dos desenvolvimentos nesta área ao início da década de 1990. Estes autores argumentaram que a evidência para o desempenho de previsão superior de modelos não lineares é irregular.

Há diversos trabalhos e pesquisas que através da utilização de séries temporais visando a predição de determinado comportamento (Makridakis et al., 1982), seja em ambiente econômico, medicinal ou meteorológico, através do estudo e manipulação dos dados pode-se verificar certa tendência na predição dessas atividades (Watkins; Mcaleer, 2004).

Dentre os estudos de predição utilizando séries temporais, pode-se destacar o estudo do preço do cobre (Edelstein, 1999), onde o principal objetivo é verificar a valorização deste metal, visando a melhor margem de

lucro, uma vez que os contratos de grandes fornecedoras desta matéria prima são realizados com fixação de preços no ato da assinatura do contrato.

Outros trabalhos apresentados com utilização de séries temporais são: previsão de falhas em sistemas mecânicos (HO e XIE, 1998), previsão das quantidades produzidas de combustíveis fósseis (Ediger *et al*, 2007), previsão da demanda de eletricidade na Turquia (Erdogdu, 2007), previsão do preço do trigo na China (Zou *et al*, 2007). Há uma série de estudos com o objetivo de prever o comportamento financeiro no que se refere a valorização de ações, *commodities*, possibilitando aos investidores uma tomada de decisão baseada nos dados estudados e analisados com uma real perspectiva de lucratividade.

O modelo ARIMA é aplicado quando as séries apresentam estacionariedade, ou seja, se desenvolvem no tempo em torno de média constante. Essa característica é presente em séries geradas por muitos sistemas. Para utilizar o ARIMA em séries não estacionárias é necessário remover o componente não estacionário das séries, o modelo ARIMA (p, d, q) possui um parâmetro de diferenciação d, que é a quantidade de vezes que a série tem que ser diferenciada até atingir a estacionariedade.

Com o avanço das tecnologias e o aprimoramento das metodologias nas aplicações dos modelos matemáticos, estatísticos e computacionais, ao longo dos últimos anos tem emergido diversas formas de resolução através de fórmulas e algoritmos para os problemas matemáticos, entre as mais utilizadas podemos destacar as Redes Neurais.

Segundo Berry e Linoff (1997), a modelagem por meio de Redes Neurais artificiais é uma das técnicas de mineração de dados mais utilizada, sendo largamente empregada em tarefas de classificação e previsão. O desempenho dos computadores permite, atualmente, que se processem grandes bases de dados por meio de Redes Neurais (Detienne, Detienne e Joshi, 2003). Segundo Detienne, Detienne e Joshi (2003), um atrativo das Redes Neurais surge a partir das limitações de técnicas convencionais de regressão múltipla, tais como incapacidade de lidar com não linearidade, exigência de estabelecimento de um modelo subjacente preestabelecido, sensibilidade, exigências quanto à distribuição dos dados, entre outras limitações.

Por se tratar de um assunto amplamente estudado e em crescente desenvolvimento, os algoritmos de predição de séries temporais têm sido estudados e analisados de acordo com o modelo de dados apresentado, resultando assim, o processamento pelo melhor algoritmo com o objetivo de obter a melhor resposta aos dados examinados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção irá apresentar conceitos necessários para o entendimento de séries temporais bem como o funcionamento da metodologia ARIMA, também serão demonstrados conceitos de Redes Neurais e uma breve descrição dos conjuntos de dados selecionados.

3.1 Séries Temporais

Uma série temporal é uma sequência de realizações (observações) de uma variável ao longo do tempo, ou seja, é uma sequência de pontos (dados numéricos) em ordem sucessiva, por ocorrer em intervalos uniformes, como por exemplo, os dados de exportação de açúcar no Brasil, durante o período de 1980 a 2006, Figura 1, (x: ano, y: quantidade de exportação, em toneladas).

A forma mais simples de conceituar uma série temporal, denotada por Z_t , onde $t = 1, 2, \dots, n$ é de interpretar Z_t como sendo um conjunto de observações discretas, observadas em tempos equidistantes que apresentam uma dependência serial entre as mesmas (Silva, 2004). Na série temporal os tempos devem ser equidistantes. Caso contrário, teremos um fluxo de dados (*Datastream*) que apresentam problemas bem distintos das séries temporais.

Seja $Z_t = (Z_1, Z_2, \dots, Z_t)$ o vetor representando T observações passadas da série Z_t , conhecido também como série histórica ou dados. Estamos interessados na determinação das relações de dependência temporal da série através de uma análise estatística detalhada de sua série histórica Z_t . A este estudo denominamos análise de série temporal.

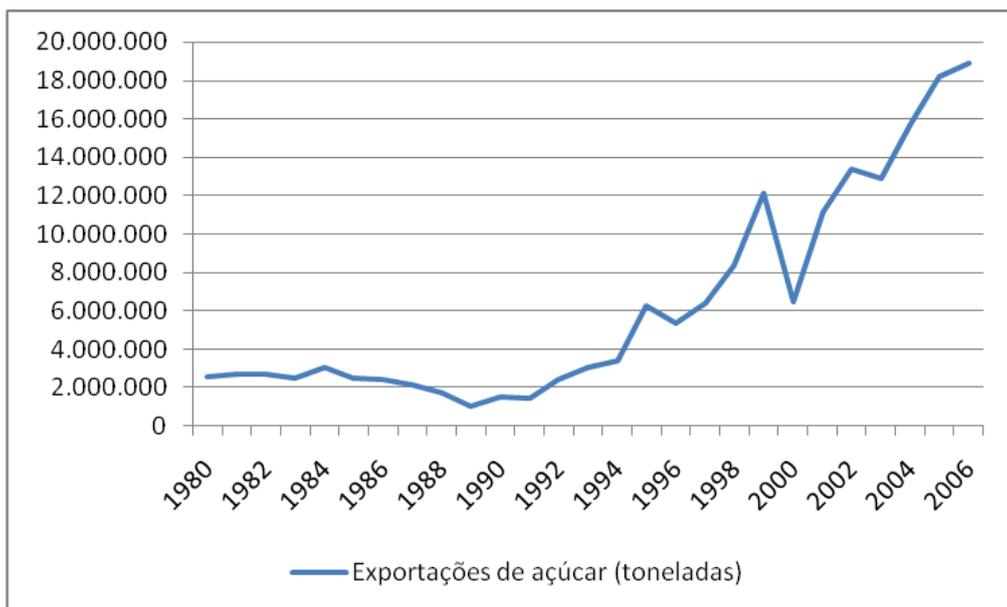


Figura 1: Exportação de açúcar em toneladas/BR – 1980 a 2006. Fonte IPEADATA

Segundo Morettin e Tolo (2006), a análise de uma série temporal é composta por quatro etapas:

1. Investigar o mecanismo gerador da série temporal;
2. Descrever o comportamento da série;
3. Procurar periodicidades relevantes nos dados;
4. Fazer previsões sobre valores futuros da série;

Os três primeiros objetivos acima levam a determinação das relações de dependência de ZT (modelo matemático) que é uma descrição probabilística de uma série temporal. Após isto, pode-se partir para a previsão da série temporal, por exemplo, a determinação dos prováveis valores que assumirão as variáveis aleatórias futuras Z_{t+1}, Z_{t+l} , sendo l o horizonte de previsão máximo. Utiliza-se a seguinte notação:

$Z_r(j)$, sendo T a origem da previsão e

$j = 1, \dots, l$ o horizonte da previsão.

Com respeito ao horizonte de previsão, dependendo de seu valor, as previsões obtidas são classificadas como de curto, médio ou longo prazo. Os métodos de previsão na sua totalidade são diferentes procedimentos computacionais para calcular a previsão de um valor futuro a partir de combinações de valores passados. Os procedimentos de previsão utilizados na

prática variam muito, podendo ser simples e intuitivos ou mais quantitativos e complexos.

Parte dos procedimentos estatísticos, por exemplo, a análise de dados em secção transversal, foi desenvolvida para analisar observações independentes (Silva,2004). Todavia uma característica importante de séries temporais é que as observações vizinhas são, em geral, dependentes. Neste caso, um modo de se estudar o comportamento destas séries é a partir da análise e da modelagem dessas dependências (Morettin e Toloi, 2006).

Para a realização do estudo de séries temporais é necessário o uso de técnicas específicas. Algumas características são particulares a este tipo de dados, por exemplo:

- Observações correlacionadas tendem a ser mais difíceis de se analisar e requerem técnicas específicas.
- A ordem temporal das observações deve ser considerada.
- Fatores complicadores, como a presença de tendências e a variação sazonal ou cíclica podem ser difíceis de estimar ou remover.
- A seleção de modelos pode ser complicada, e as ferramentas podem ser de difícil interpretação.
- É difícil lidar com observações perdidas e com dados discrepantes devido à natureza sequencial.

3.2 Modelo Auto-regressivo Integrado de Médias Móveis – ARIMA

O modelo ARIMA (Auto Regressivo Integrado de Média Móvel), conhecido também como metodologia de Box-Jenkins, é próprio para previsões de séries temporais. Fava (2000b, p. 205) observa que “os modelos ARIMA resultam da combinação de três componentes também denominados “filtros”: o componente Autoregressivo (AR), o filtro de Integração (I) e o componente de Médias Móveis (MA)”. Sobre o modelo ARIMA, Maddala (2003) relata que a abordagem Box-Jenkins é uma das metodologias mais usadas para a análise de dados em séries temporais. Ela é popular em consequência de sua generalidade; ela pode lidar com qualquer série, estacionária ou não, com ou sem elementos sazonais, ou seja, aqueles elementos que se repetem em dado

período de tempo. Este modelo é comumente representado pela notação ARIMA (p,d,q), sendo (p,d,q) a representação da ordem do modelo. Uma representação ARIMA (1,2,0), indica um modelo de ordem 1 para o componente AR (Autoregressivo), ordem 2 para o componente I (Integração ou diferenciação) e o último 0 para o componente MA (Média Móvel).

Com base em Gujarati (2011), caso haja a necessidade de diferenciar uma série temporal d vezes para interpretá-la como estacionária e assim, usar o modelo ARMA (p, q), assume-se que a série temporal original é ARIMA (p,d,q), onde p descreve os números dos termos autorregressivos, d o número de vezes que a série deve ser diferenciada - antes de assumir a série como estacionária - e q o número de termos de média móvel.

Morettin e Tolo (2006) ainda descrevem os principais passos para a construção de um modelo ajustado: 1) Especificação, testa-se alguns modelos em geral; 2) Identificação, em que se identifica um modelo a partir de uma análise, de alguns critérios, como de autocorrelações e autocorrelações parciais; 3) Estimação, processo que estima os parâmetros do modelo identificado; 4) Verificação, analisa-se o modelo ajustado para concluir sua adequabilidade. Se o modelo não for considerado adequado para os fins que se pretende, as fases citadas acima se repetem.

3.3 Redes Neurais

Haykin (2001, p. 24) afirma que rede neural

“é um processador maciça e paralelamente distribuído, constituído de unidades de processamento simples, que têm a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para uso. Ela assemelha-se ao cérebro em dois aspectos: (1) o conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem; (2) forças de conexão entre neurônios (os pesos sinápticos) são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido.”

A base de uma rede neural são os neurônios artificiais que “copiam” o funcionamento dos neurônios biológicos do cérebro humano. As entradas (*inputs*) para os neurônios chegam através dos dendritos. Esses por sua vez também podem agir como saídas (*outputs*) interconectando os neurônios. Matematicamente, os dendritos seriam o somatório. Os axônios, por outro lado, são encontrados somente nas células de saída, eles tem função

sináptica e quando ativos transmitem um sinal elétrico. São responsáveis também por conectar os demais neurônios através de seus dendritos. O cérebro humano dispõe de aproximadamente 10^{10} neurônios interconectados, criando uma imensa rede de processamento paralelo. (Jackson *et al.* 1990, p. 68). A Figura 2 ilustra um neurônio humano.

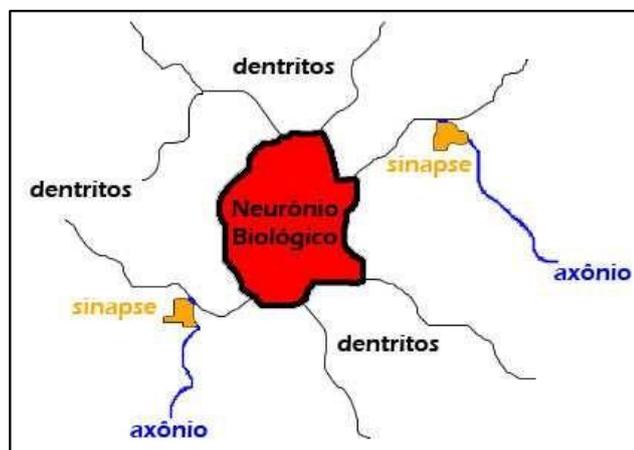


Figura 2: Neurônio Biológico.
Fonte: Adaptado Haykin,2001.

O neurônio artificial foi inspirado no neurônio humano, a Figura 3 mostra suas características. As entradas W_{i1} , W_{i2} e W_{i3} mostradas na Figura (3) são multiplicadas pelos respectivos pesos sinápticos e então são somadas e processadas por uma função de ativação. A função de ativação avalia o resultado obtido de acordo com os limites definidos e valida ou não o teste, para depois calcular as saídas desejadas $F(\text{NET})$.

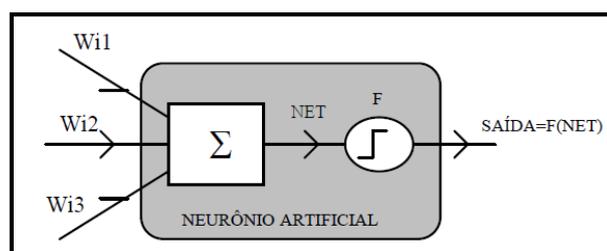


Figura 3: Neurônio Artificial.
Fonte: adaptado de Abelém (1994).

Outros conceitos que são fundamentais para o entendimento do funcionamento e, conseqüentemente, para a implementação das Redes Neurais, são descritos abaixo:

- a) Algoritmo, a rotina para um processo de operações computacionais, interconectadas devidamente, sobre um conjunto

de objetos;

- b) Perceptron, que é uma rede com os neurônios dispostos em camadas. Os neurônios aprendem a responder um para verdadeiro e zero para falso, de acordo com as entradas;
- c) Redes *feedforward*, constituídas por *perceptrons* de várias camadas, onde os nós estão diretamente conectados as entradas e saídas, gerando a retroalimentação.

Freitas (2001) destaca três conceitos fundamentais para o entendimento do processo de aprendizagem:

- d) Algoritmo de treinamento ou algoritmo de aprendizado, constituído por um conjunto de procedimentos que são utilizados para ajustar os parâmetros das Redes Neurais, de maneira que possam realizar determinadas funções;
- e) Número de épocas, que caracteriza o número de vezes que os padrões de treinamento serão apresentados às Redes Neurais, a fim de que se faça a atualização dos pesos; e
- f) Taxa de aprendizado, que controla a intensidade das alterações dos pesos – uma alta taxa de aprendizado acelera o processo, mas pode reduzir a capacidade de generalização da rede neural.

A Rede Neural é um sistema de neurônios ligados por conexões sinápticas e divididos em neurônios de entrada, que recebem estímulos do meio externo, neurônios internos ou ocultos (*hidden*) e neurônios de saída, que se comunicam com o exterior. A forma de arranjar perceptrons em camadas é denominada de *multilayer perceptron*. O *multilayer perceptron* foi concebido para resolver problemas mais complexos, os quais não poderiam ser resolvidos pelo modelo de neurônio básico. Um único *perceptron* ou uma combinação das saídas de alguns *perceptrons* poderia realizar uma operação XOR (operação lógica em dois operandos que resulta em um valor lógico verdadeiro), porém seria incapaz de aprendê-la. Para isto são necessárias mais conexões, os quais só existem em uma rede de *perceptrons* dispostos em camadas. Os neurônios internos são de suma importância na rede neural, pois se provou que sem estes se torna impossível a resolução

de problemas linearmente não separáveis (Smolensky, Mozer and Rumelhart 1996). Em outras palavras, pode-se dizer que uma rede é composta por várias unidades de processamento, cujo funcionamento é bastante simples. Essas unidades, geralmente são conectadas por canais de comunicação que estão associados a determinado peso. As unidades fazem operações apenas sobre seus dados locais, que são entradas recebidas pelas suas conexões. O comportamento inteligente de uma RNA vem das interações entre as unidades de processamento da rede.

A Figura 4 ilustra a topologia de uma rede MLP (*multilayer perceptron*). Percebe-se que existem ligações entre cada neurônio de entrada e a camada escondida, estes por sua vez são conectados à camada de saída para calcular os resultados esperados. A principal vantagem em se utilizar as redes *Multilayer Perceptron* advém do fato deste tipo de topologia ser capaz de realizar prognósticos confiáveis sobre valores futuros de séries temporais.

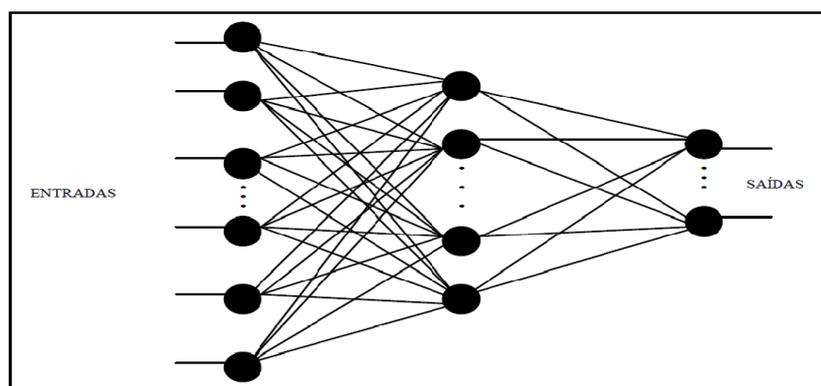


Figura 4: Rede Neural Artificial Multicamada.
Fonte: adaptado de Abelém (1994).

Conforme o exposto, os neurônios, as camadas internas e as ligações, mostram que existem diversos parâmetros a serem envolvidos na construção de uma rede neural.

3.4 Conjunto de Dados

Neste trabalho serão utilizadas quatro bases de dados para os procedimentos de tratamento e processamento das metodologias visando à

predição de valores. As bases de dados fazem parte do dataset DataMarket¹. DataMarket é uma biblioteca virtual (repositório) de séries temporais, criada por Rob Hyndman, Professor de Estatística da Universidade de Monash, na Austrália. Em cada uma das subseções seguintes serão apresentadas uma breve descrição de cada conjunto de dados.

3.4.1. Quantitativo de Casos de Sarampo, New York, 1928-1972.

Esta base de dados contém informações coletadas mensalmente entre o período de janeiro/1928 a junho/1972, com um total de 574 meses, registrando em números absolutos os casos de sarampo ocorridos na cidade de Nova York, Figura 5.

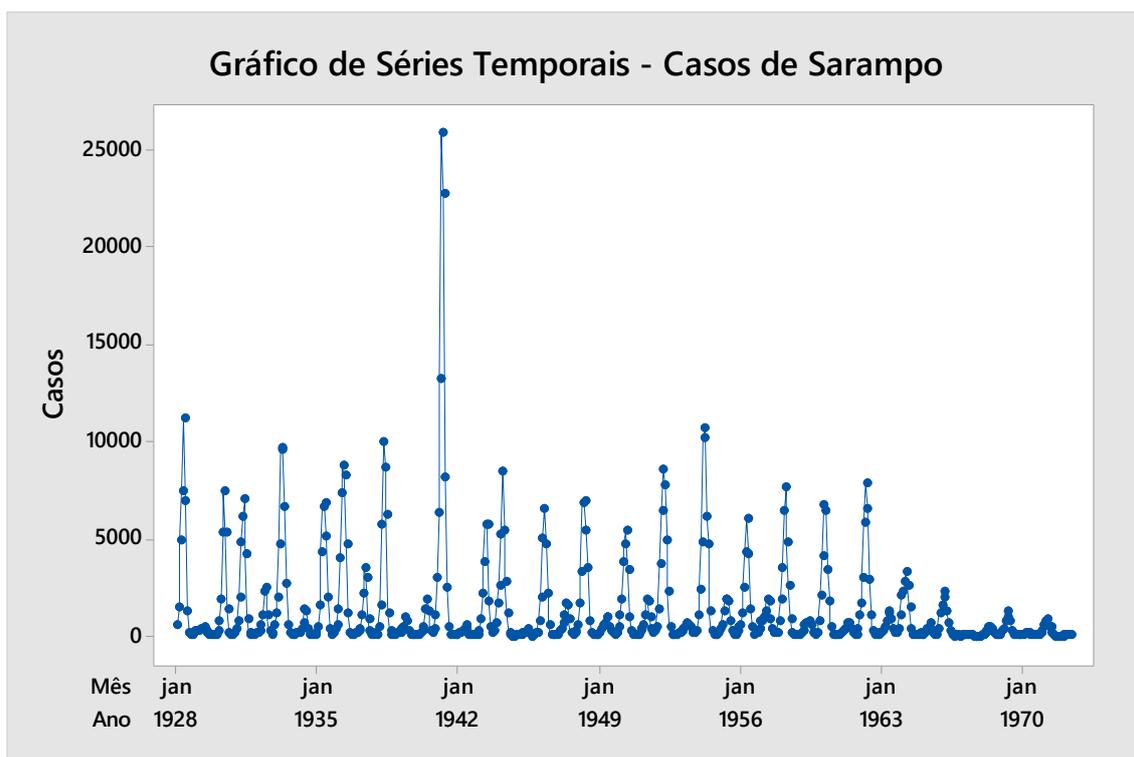


Figura 5: Casos de Sarampo, New York, (x: mês, y: casos absolutos)
Fonte: Baseado em dados obtidos do DataMarket.com

¹ <https://datamarket.com>

3.4.2 Produção de Carvão, EUA, 1920-1968.

Esta base de dados contém os dados da produção anual de carvão nos Estados Unidos durante o período de 1920 a 1968, contendo um total de 49 amostras, Figura 6.

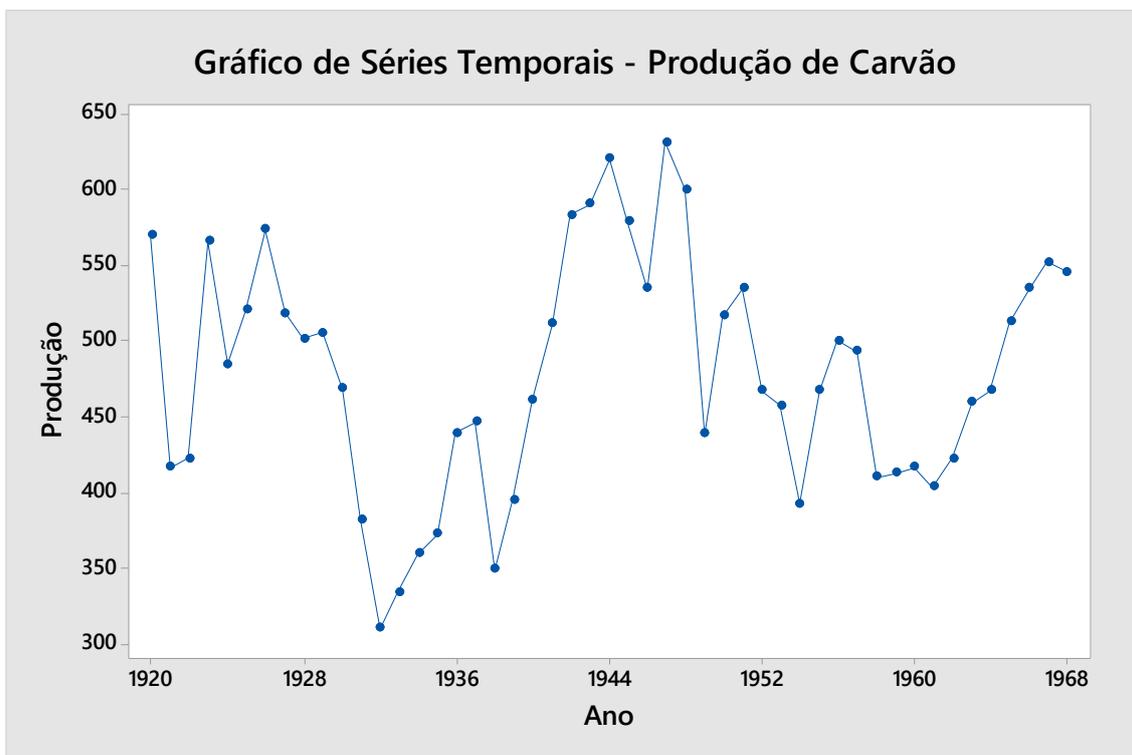


Figura 6: Produção de Carvão – EUA. (x: ano, y: milhões/ton)
Fonte: Baseado em dados obtidos do DataMarket.com

3.4.3 Temperatura mensal, Inglaterra, 1723-1970.

Esta base de dados contém informações coletadas mensalmente entre o período de janeiro/1723 a dezembro/1970, referente à temperatura mensal na Inglaterra. A base possui um total de 2976 amostras, Figura 7.

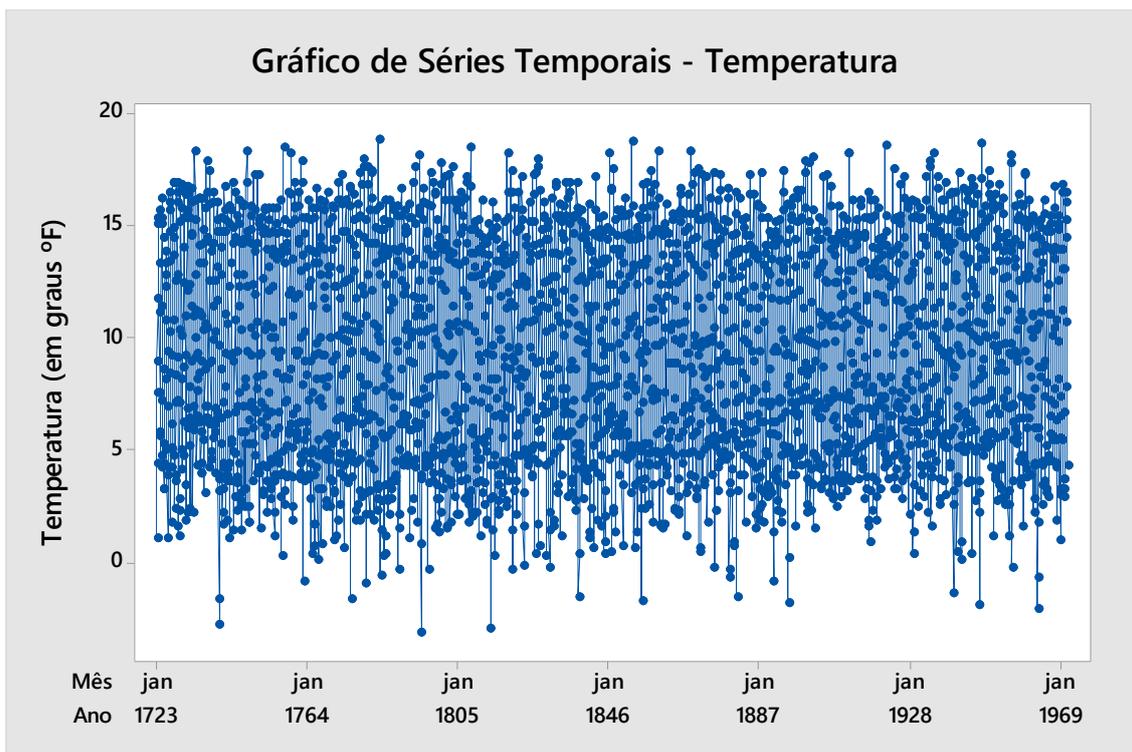


Figura 7: Média Temperatura / Inglaterra. (x: mês, y: temperatura mensal em °F)
Fonte: Baseado em dados obtidos do DataMarket.com

3.4.4 Uso diário de Água (ml/dia), London, Ontario - Canadá, 1966-1988.

Esta base de dados contém informações coletadas mensalmente referente ao consumo de água por habitante durante o período de janeiro/1966 a dezembro/1988 na cidade de London - Canadá. A base contém um total de 276 medições, sendo estas registradas em média mensal ml/hab, Figura 8.

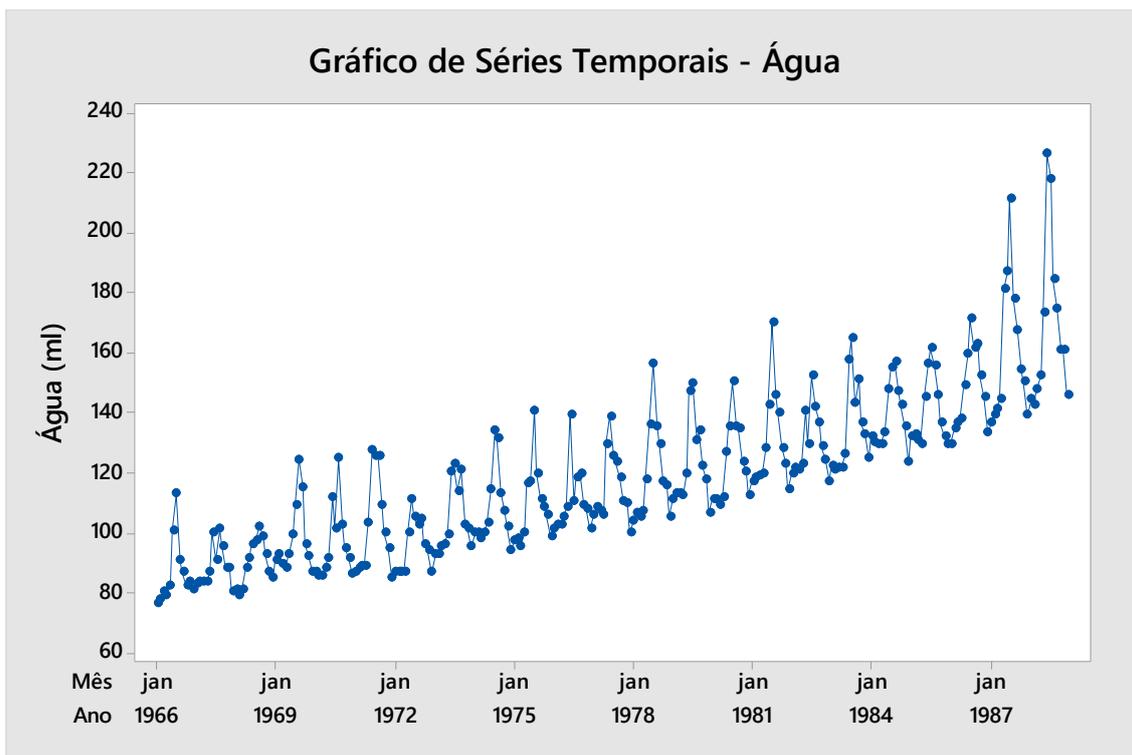


Figura 8: Consumo de água (ml/hab). (x: mês, y: ml/hab.)
Fonte: Baseado em dados obtidos do DataMarket.com

3.5 Python

Python é uma linguagem de programação de propósito geral, frequentemente aplicada em funções de *script*. Ela é comumente definida como uma linguagem de *script* orientada a objetos – uma definição que combina suporte para Programação Orientada a Objeto - POO com orientação global voltada para funções de *script*.

É uma linguagem de computação concisa e utilizada para os mais diversos domínios de aplicação. Entre suas vantagens está sua sintaxe compacta, suportar vários paradigmas de programação e sua manipulação de alto nível de tipos de dados. Sendo também uma linguagem interpretada, permite a construção e testes de programas para realização de tarefas não triviais rapidamente. Sendo a velocidade e desenvolvimento um fator importante, esta linguagem vem sendo muito bem aceita atualmente.

Uma vantagem de desenvolver em Python é o aumento de produtividade do programador, por ter menos digitação, menos depuração e por seus comandos serem executados imediatamente, sem a necessidade de

compilação ou vinculação com outras ferramentas. Além disso, para utilizar um *script* desenvolvido no Linux, Windows ou Mac, seria necessário somente copiar o programa para a plataforma destino.

3.6 Redes Neurais: FFNET

Feed-Forward Neural Network for Python (FFNET²) é uma biblioteca de Redes Neurais para a linguagem de programação Python. Embora seja codificada em Fortran, esta biblioteca possui interface com Python. O grande benefício no emprego desta biblioteca é que além de estar implementado em uma linguagem de baixo nível (Fortran), torna-a rápida e principalmente pelo motivo de utilizar um algoritmo genético na inicialização dos pesos da rede. Isso garante um resultado praticamente sempre melhor do que uma rede neural sem o emprego desta técnica.

A biblioteca FFNET utilizada para os processamentos de teste neste trabalho é a FFNET versão 0.8.3.

3.7 ARIMA

A biblioteca ARIMA³ utilizada está implementada para programação em linguagem Python. Atualmente na versão 0.6.0, esta biblioteca faz parte do pacote de análise de séries temporais *statsmodels.tsa*.

² <http://ffnet.sourceforge.net> ³ <http://statsmodels.sourceforge.net>

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram testadas as quatro bases de dados apresentadas, buscando a geração de resultados de predição dos valores para cada conjunto de dados. Os experimentos foram realizados utilizando as metodologias de predição ARIMA e Redes Neurais com a aplicação dos programas (*scripts*) para cada conjunto de valores. A avaliação dos resultados será apurada com duas métricas de cálculo de erros: Erro Quadrático Médio (EQM) e o Erro Médio Percentual Absoluto (EMPA) . Nas Seções 4.2 e 4.3 são demonstradas a utilização das metodologias ARIMA e Redes Neurais respectivamente.

4.1 Testes de Predição

Para a realização dos testes de predição deste trabalho, foram utilizadas as bibliotecas FFNET, para os testes utilizando Redes Neurais, e a biblioteca ARIMA para os testes referentes ao modelo ARIMA. A linguagem Python foi utilizada para execução dos *scripts/códigos* em ambas as metodologias.

Os testes de predição foram aplicados nas quatro bases de dados utilizando ambos os modelos em cada base, com o objetivo de apurar, para os conjuntos de testes, qual metodologia se torna mais apropriada, tendo em vista os resultados apresentados.

4.2 Predição ARIMA

Segundo Fava(2000), para aplicação da metodologia ARIMA(p, d, q), é preciso verificar a estacionariedade da série, e caso a série seja não estacionária, é preciso realizar transformações para tornar a série estacionária, através do procedimento de diferenciação. A série apresentada neste procedimento é a série de produção de carvão anual dos EUA, entre 1920 a 1968, Figura 9.

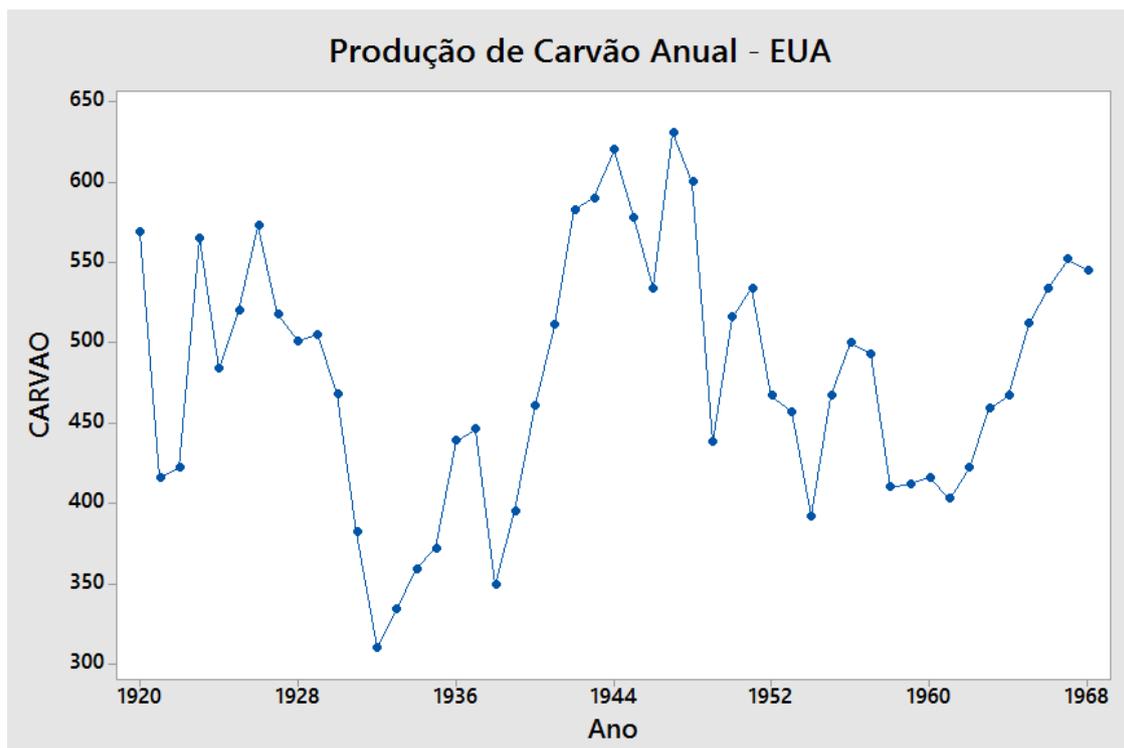


Figura 9: Produção Anual de Carvão – EUA(x: ano, y: milhões/ton).
Fonte: Baseado em dados obtidos do DataMarket.com

A cada iteração ou diferenciação da série temporal deve-se observar se os valores referente às *lags* (defasagens) estão em nível inferior a equação: $\mathbb{C} = \left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right) \cdot 2$, sendo C o valor da correlação, e *n* o valor de amostras na série diferenciada, Tabela 1.

Correlação (n valores)	Valor
49	0,2857
48	0,2886
47	0,2917

Tabela 1: Valor correlação, por números de dados. Fonte: do autor, 2016

Carvão		Carvão-1		Carvão-2	
Lag	FAC	Lag	FAC	Lag	FAC
1	0,678627	1	-0,068237	1	-0,336854
2	0,444047	2	-0,323987	2	-0,352400
3	0,406117	3	0,246354	3	0,349292
4	0,181249	4	-0,077795	4	-0,109712
5	0,038222	5	-0,082215	5	-0,060371
6	-0,064926	6	0,049994	6	0,059902
7	-0,206266	7	-0,033421	7	-0,039316
8	-0,306471	8	-0,006900	8	0,085369
9	-0,400395	9	-0,132913	9	-0,147532
10	-0,415132	10	-0,000320	10	-0,021231

Carvão		Carvão-1		Carvão-2	
11	-0,417905	11	0,128653	11	0,227864
12	-0,489923	12	-0,185335	12	0,170288

Tabela 2: Tabela FAC para diferenciação. Fonte: do autor, 2016

A Tabela 2 apresenta as correlações em cada *lag* apresentada pela base de dados após as diferenciações. Verifica-se que a Tabela 2, coluna Carvão-1, já apresenta uma série estacionária, pois seu índice correlacional não apresenta alteração na tabela após a segunda *lag*, Figura 10. Obtendo-se assim, o número de diferenciação/iteração para transformação da série em estacionária, $d = 1$, assim, temos ARIMA ($p, 1, q$).

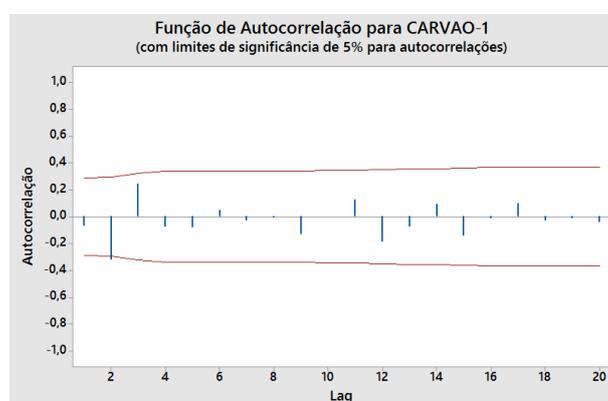


Figura 10: Função Autocorrelação para Carvão-1. Fonte: do autor, 2016

Para identificar a ordem p é importante observar o momento em que as autocorrelações parciais deixam de ser próximas de zero ou estatisticamente significativas, observando a ocorrência de uma diferenciação, sendo o valor correlacional $C = 0,2886$.

Carvão-1	
Lag	FACP
1	-0,068237
2	-0,330180
3	0,219226
4	-0,188146
5	0,082831
6	-0,115627
7	0,037827
8	-0,051565
9	-0,162629
10	0,006041
11	0,015562
12	-0,148292

Tabela 3: Tabela FACP, para uma diferenciação. Fonte: do autor, 2016

Conforme se observa na Tabela 3, a partir da segunda *lag*, os valores parciais da autocorrelação da primeira diferenciação não ultrapassam o valor correlacional de $C = 0,2886$, valor este, apresentado na Tabela 1, referente a primeira diferenciação, sendo assim, defini-se o valor $p=2$. Assim temos, $ARIMA(2,1,q)$.

Para a verificação do parâmetro de medidas móveis, é preciso verificar em qual *lag* da diferenciação estacionária Carvão-1 os valores correspondentes são todos estatisticamente iguais a zero.

Carvão-1	
Lag	FAC
1	-0,068237
2	-0,323987
3	0,246354
4	-0,077795
5	-0,082215
6	0,049994
7	-0,033421
8	-0,006900
9	-0,132913
10	-0,000320
11	0,128653
12	-0,185335

Tabela 4: Tabela FAC, para uma diferenciação. Fonte: do autor, 2016

Conforme demonstrado na Tabela 4, a partir da terceira *lag*, os valores são todos abaixo do valor correlacional da primeira diferenciação, sendo assim, obtemos $q=3$, completando os parâmetros para a biblioteca $ARIMA(2,1,3)$ para a execução e predição dos valores originais da base de dados, Figura 11:

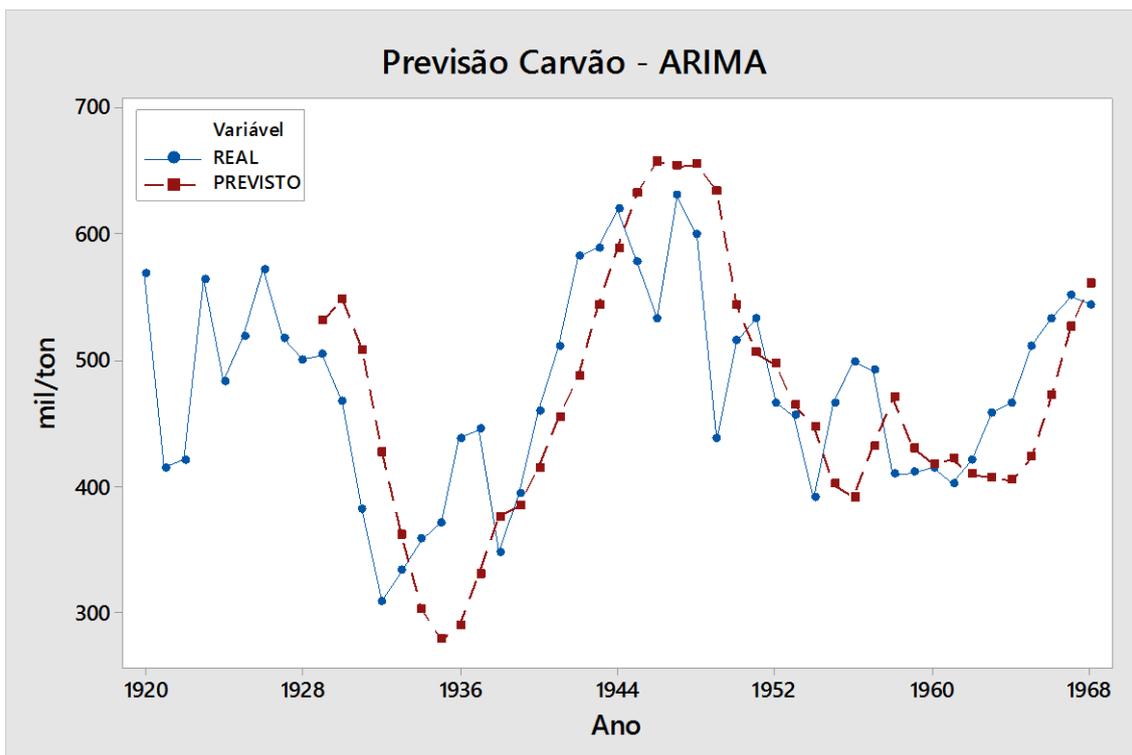


Figura 11: Produção Carvão EUA, (1920/1968) (x: ano, y: milhões/ton)
Predição ARIMA(2,1,3)

4.3 Predição Redes Neurais

Os testes de predição utilizando o modelo de Redes Neurais foram realizados utilizando a biblioteca ffnnet. A predição de valores em Redes Neurais torna-se complexa, em termos de entendimento das padronizações aprendidas pela própria rede. O processo de aprendizagem é efetuado pelas camadas internas da rede, onde as informações são processadas gerando os resultados de saída.

Para aplicação dos testes nestas bases de dados, será utilizada uma Rede Neural *feedforward* com arquitetura direta, ou seja, todas as conexões tem a mesma direção, partindo da camada de entrada rumo a camada de saída. As camadas da Rede Neural são classificadas em três grupos: camada de entrada: onde os padrões são apresentados à rede; camadas intermediárias ou escondidas: onde é feita a maior parte do processamento, através das conexões ponderadas e camada de saída: onde o resultado final é concluído e apresentado.

A rede possui o mesmo tamanho para a primeira camada e a camada de saída, podendo ela conter uma ou duas camadas intermediárias e que seus valores devem ser entre 1 e n no máximo.

Na aplicação dos testes foi utilizado o processo de janela deslizante, ou seja, a previsão dos dados se dá através do treinamento de valores constante em um intervalo, uma janela deslizante, de tamanho n . Os valores da série temporal são pontos cobertos pela janela de acordo com seu tamanho, sendo que a janela se desloca no sentido da evolução do tempo a cada passo do treinamento, Figura 12.

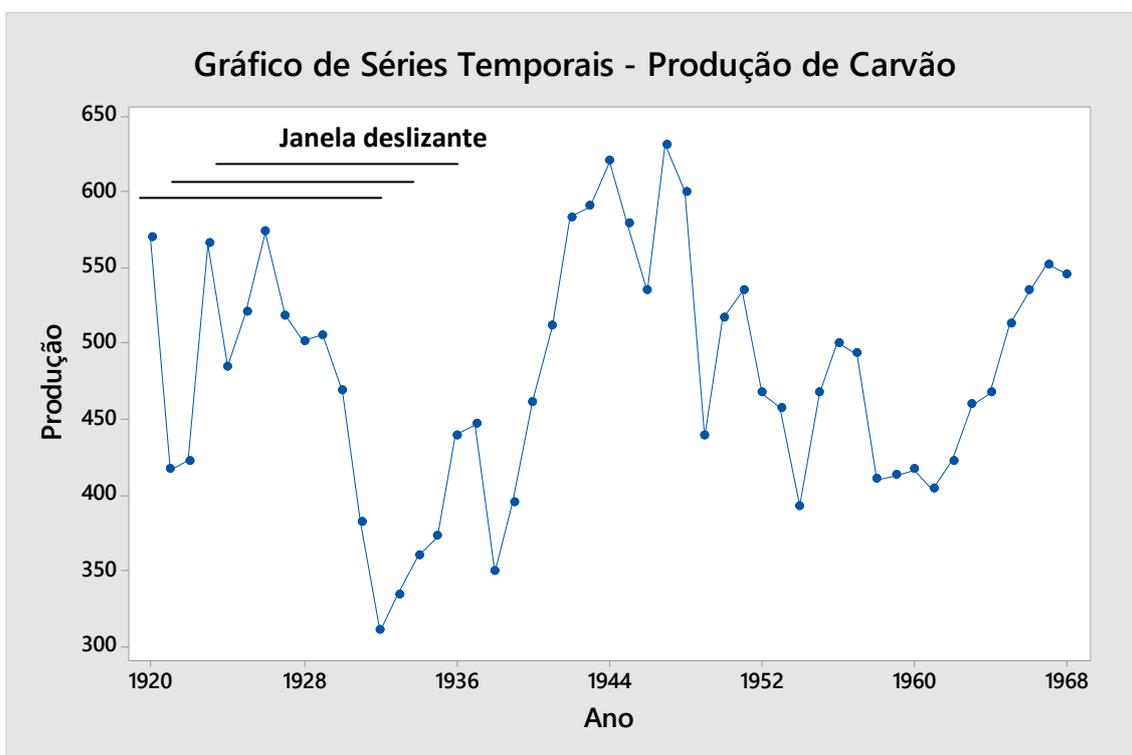


Figura 12: Produção Carvão EUA, (1920/1968) (x: ano, y: milhões/ton)
Fonte: Baseado em dados obtidos através do Datamarket.com

O treinamento da Rede Neural consiste em processar os dados recebidos nas camadas intermediárias, analisá-los e produzir resultados na camada de saída, ajustando os pesos das conexões das unidades das camadas internas conforme a taxa de erros, calculadas internamente.

Depois que a rede estiver treinada e o erro estiver em um nível satisfatório, ela poderá ser utilizada como uma ferramenta para classificação de novos dados.

Abaixo segue Figura 13, gráfico do processamento da base de produção de carvão anual dos EUA, entre 1920 a 1968.

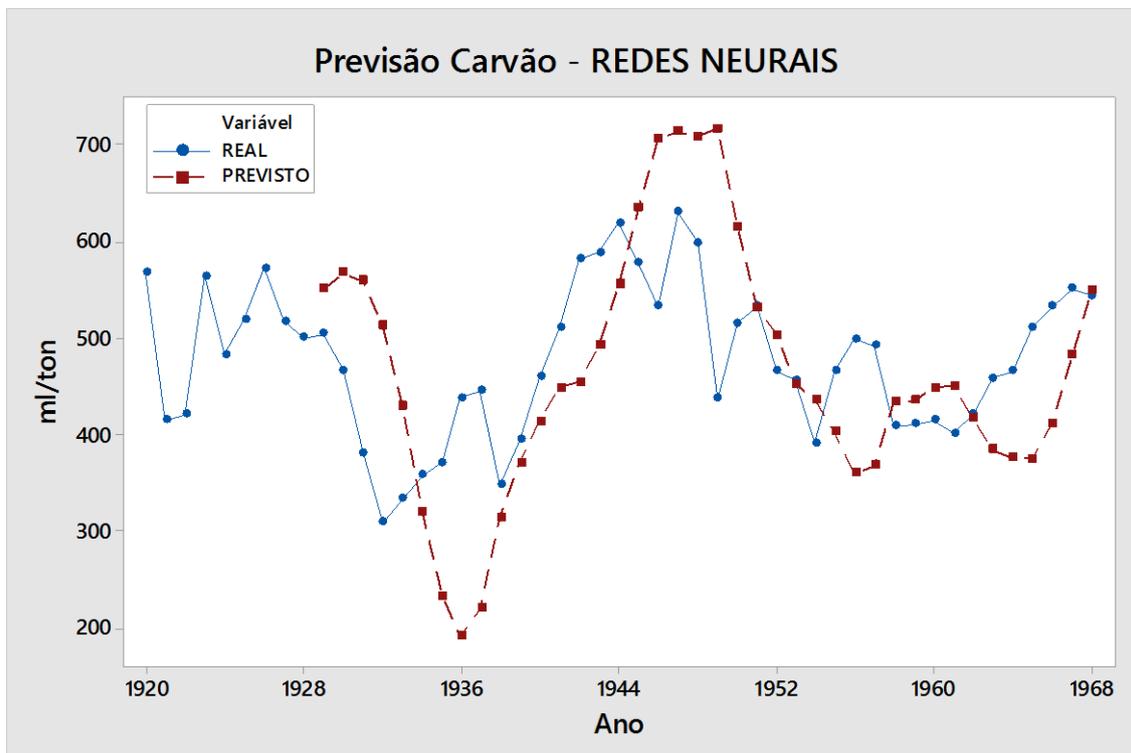


Figura 13: Produção Carvão EUA, (1920/1968) (x: ano, y: milhões/ton)
Fonte: Baseado em dados obtidos através do Datamarket.com

4.4 Avaliação e Comparação de Resultados

Para avaliação de resultados serão apresentados as tabelas e gráficos dos testes realizados. As métricas de comparação utilizadas a fim de avaliar matematicamente os melhores resultados serão Erro Quadrático Médio (EQM) e o Erro Médio Percentual Absoluto (EMPA). Neste Capítulo estão os gráficos gerados com as previsões dos modelos ARIMA e Redes Neurais, na seção do Apêndice, constarão as tabelas de cálculo de erros de cada previsão gerada.

4.4.1 Erro Quadrático Médio

O Erro Quadrático Médio (EQM) também pode ser usado como uma medida do erro de previsão. O EQM é determinado somando os erros de previsão ao quadrado e dividindo pelo número de erros usados no cálculo. O erro quadrático médio pode ser expresso pela seguinte equação abaixo, sendo e o erro ao quadrado (valor previsto – valor real) e n o número de amostras:

$$EQM = \sum_{t=1}^n e_t^2$$

Para uma exemplificação da aplicação, utilizaremos os primeiros 15 valores de previsão de ambos os modelos para a mesma base de dados, neste exemplo, a produção de Carvão dos EUA.

Ano	ARIMA				REDES NEURAIAS		
	Real	Previsto	e ²		Real	Previsto	e ²
1929	505	532	719		505	552	2187
1930	468	549	6633		468	569	10144
1931	382	509	16185		382	560	31590
1932	310	428	13990		310	514	41500
1933	334	362	804		334	430	9196
1934	359	304	3068		359	321	1481
1935	372	279	8561		372	233	19242
1936	439	291	21986		439	192	61199
1937	446	332	13066		446	220	51058
1938	349	377	793		349	315	1138
1939	395	385	93		395	372	509
1940	461	416	2058		461	415	2134
1941	511	455	3127		511	449	3852
1942	583	488	8993		583	455	16270
1943	590	544	2131		590	493	9315
		EQM	6814			EQM	17388

Tabela 5: EQM Arima e Redes Neurais. Fonte: do autor, 2016

4.4.2 Erro Médio Percentual Absoluto

O Erro Médio Percentual Absoluto é uma métrica aplicada para apurar o percentual de erro em cada previsão, seu calculo leva em consideração a diferença absoluta entre os valores previstos e os reais, gerando um percentual desta diferença, o erro percentual absoluto médio pode ser expresso pela seguinte equação abaixo, sendo EP o erro percentual (valor real – valor predito) e n o número de amostras

$$EMPA = \frac{\sum_{t=1}^n |EPt|}{n}$$

Para uma exemplificação da aplicação, utilizaremos novamente os primeiros 15 valores de previsão de ambos os modelos para a mesma base de dados, neste exemplo, a produção de Carvão dos EUA.

Ano	ARIMA				REDES NEURAIAS		
	Real	Previsto	EP		Real	Previsto	EP
1929	505	532	-0,05308		505	552	-0,09261
1930	468	549	-0,17403		468	569	-0,21521
1931	382	509	-0,33304		382	560	-0,46528
1932	310	428	-0,38154		310	514	-0,65714
1933	334	362	-0,08491		334	430	-0,28711
1934	359	304	0,154287		359	321	0,107204
1935	372	279	0,248731		372	233	0,372891
1936	439	291	0,337763		439	192	0,563516
1937	446	332	0,25629		446	220	0,506639
1938	349	377	-0,08071		349	315	0,096649
1939	395	385	0,024473		395	372	0,057089
1940	461	416	0,098397		461	415	0,100211
1941	511	455	0,109426		511	449	0,121458
1942	583	488	0,162664		583	455	0,218789
1943	590	544	0,078249		590	493	0,163585
		EMPA	2,4197			EMPA	3,9778

Tabela 6: EMPA Arima e Redes Neurais. Fonte: do autor, 2016

Conforme observado nas Tabelas 5 e 6, os valores do EQM e EMPA apresentados pelo modelo ARIMA foi menor em ambos os casos do que o apresentado pelas Redes Neurais, e portanto, a predição de valores neste caso, foi mais precisa, tornando, nesta base de dados, a melhor predição de resultados obtidas através da utilização do modelo ARIMA.

4.5 Apresentação de resultados

Os testes aplicados com a utilização do ARIMA tiveram suas propriedades de parâmetros em conformidade com a suavização/diferenciação necessária para transformação das bases não estacionárias em estacionárias.

Nos testes aplicados utilizando Redes Neurais, os parâmetros de passagem à rede foram sendo alterados tendo em vista os resultados gerados, possibilitando a busca pelos melhores parâmetros para utilização da rede. É importante ressaltar que os valores preditos pela Rede Neural, conforme Figura 13, iniciaram-se sendo utilizada uma janela deslizante de quinze valores, sendo esse o parâmetro passado para treinamento da Rede Neural.

Segue os resultados obtidos, com a aplicação dos procedimentos e rotinas nas aplicações das bibliotecas ARIMA e Redes Neurais. Na seção de Apêndice deste trabalho, constarão as respectivas tabelas de previsão geradas para cada base de dados. As Tabelas 7 e 8 apresentam os resultados entre as

bases de dados, aplicadas às métricas de comparação EMPA e EQM, respectivamente.

BASE DE DADOS	METODOLOGIA	EMPA	MELHOR MODELO
CASOS DE SARAMPO	ARIMA	3,640	ARIMA
	Redes Neurais	4,692	
PRODUÇÃO DE CARVÃO	ARIMA	0,165	ARIMA
	Redes Neurais	0,624	
TEMPERATURA	ARIMA	0,601	Redes Neurais
	Redes Neurais	0,076	
CONSUMO DE ÁGUA	ARIMA	1,389	Redes Neurais
	Redes Neurais	0,106	

Tabela 7: Comparativo EMPA - Arima e Redes Neurais. Fonte: do autor, 2016

BASE DE DADOS	METODOLOGIA	EQM	MELHOR MODELO
CASOS DE SARAMPO	ARIMA	74,29	ARIMA
	Redes Neurais	128,26	
PRODUÇÃO DE CARVÃO	ARIMA	53,07	ARIMA
	Redes Neurais	126,06	
TEMPERATURA	ARIMA	52,85	Redes Neurais
	Redes Neurais	6,29	
CONSUMO DE ÁGUA	ARIMA	190,40	Redes Neurais
	Redes Neurais	97,05	

Tabela 8: Comparativo EMQ - Arima e Redes Neurais. Fonte: do autor, 2016

1 – ARIMA: Casos de Sarampo: Figura 14.

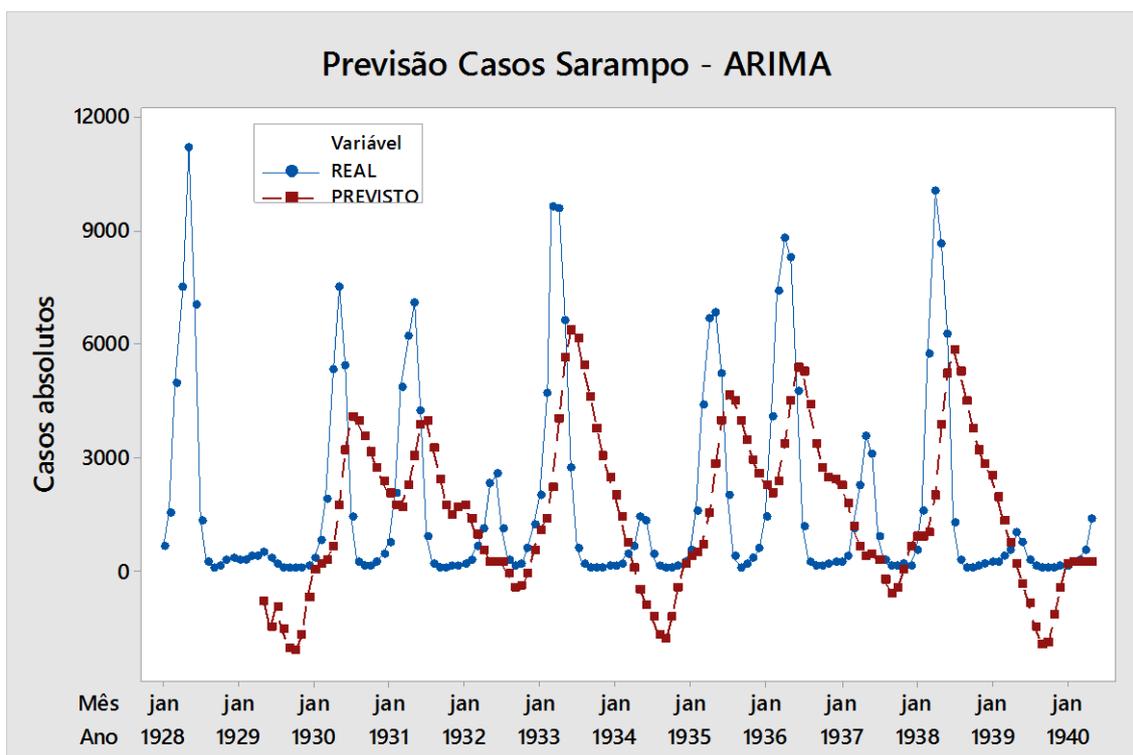


Figura 14: Previsão ARIMA-Casos de Sarampo, New York, (x: mês, y: casos absolutos)
Fonte: do autor, 2016.

2 – REDES NEURAIIS – Casos de Sarampo: Figura 15

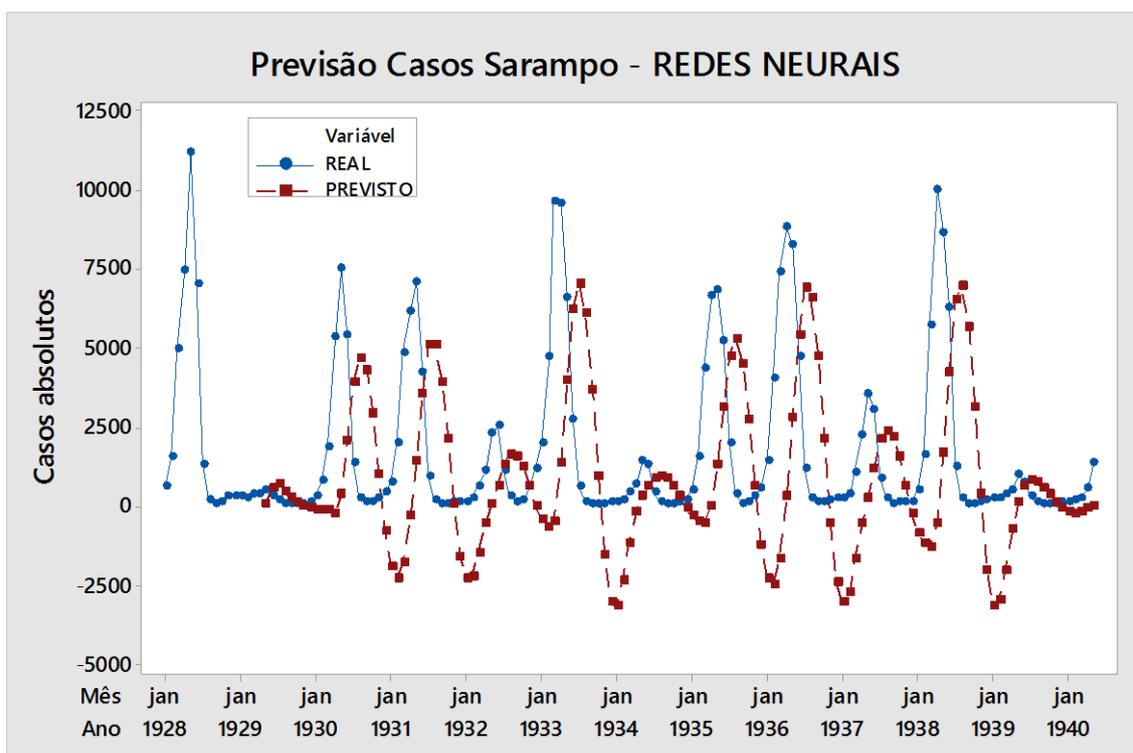


Figura 15: Previsão Redes Neurais-Casos de Sarampo, New York, (x: mês, y: casos absolutos)
Fonte: do autor, 2016.

3 – ARIMA – Previsão uso de água diário, Figura 16.

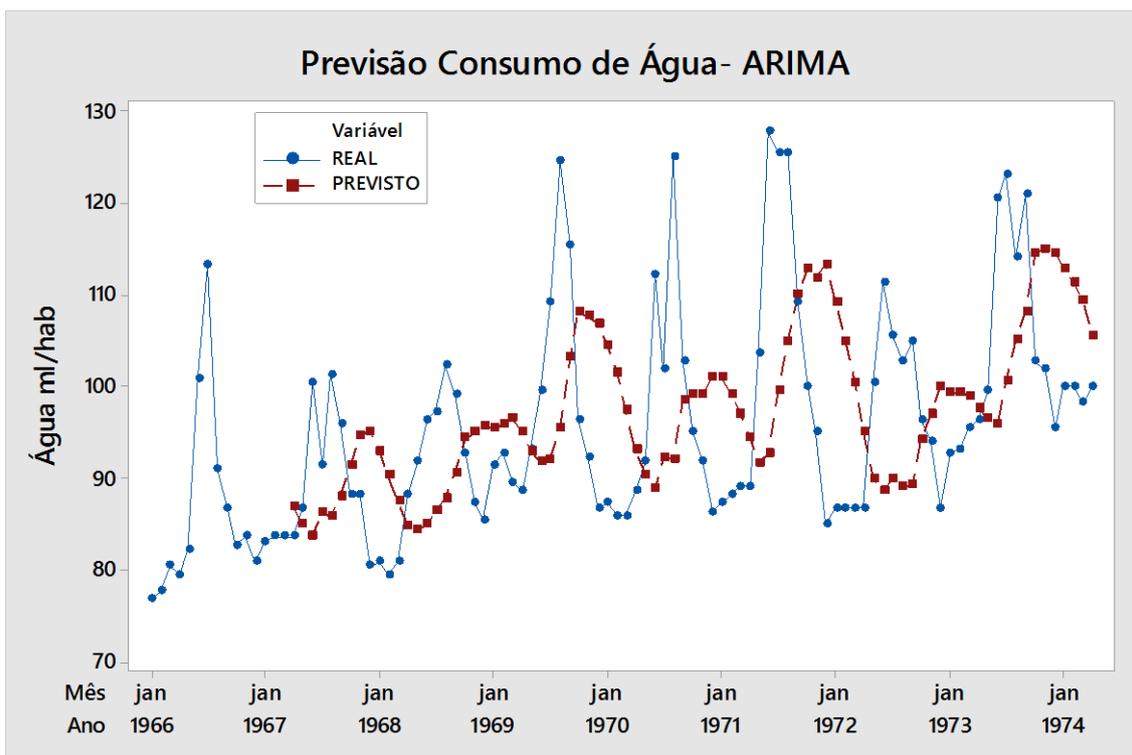


Figura 16: Previsão ARIMA-Consumo de água (ml/hab). (x: mês, y: ml/hab.)
Fonte: do autor, 2016

4 – REDES NEURAIIS – Previsão uso de água diário, Figura 17.

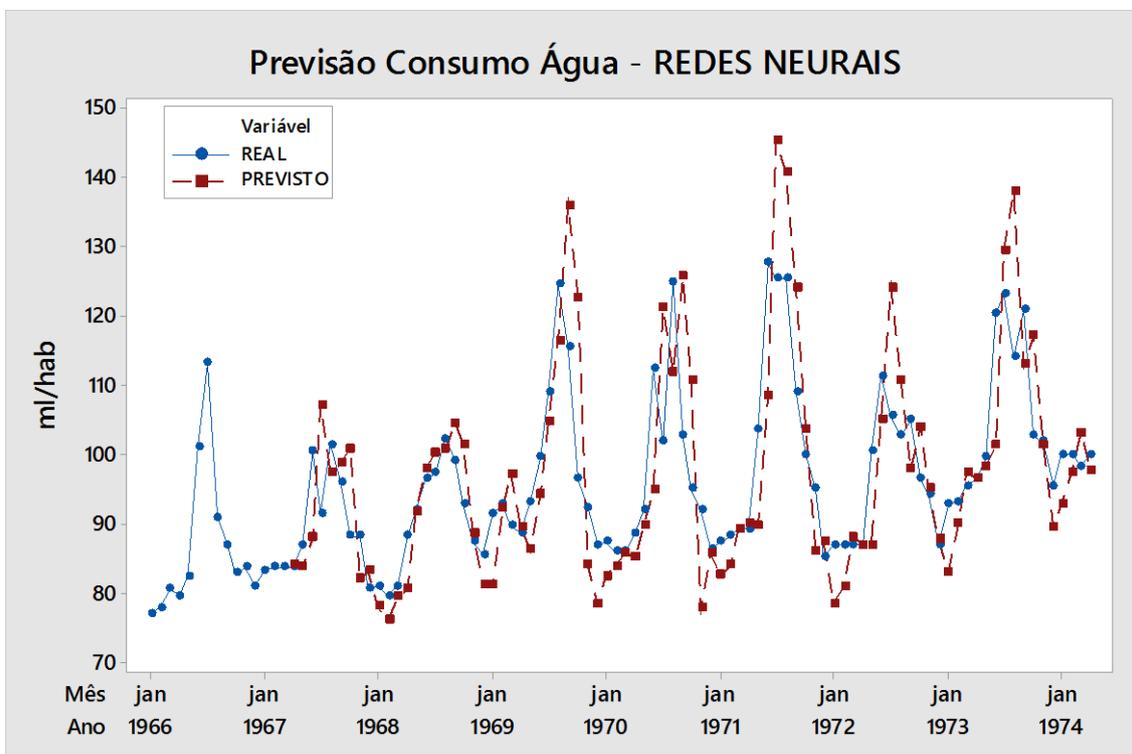


Figura 17: Previsão Redes Neurais-Consumo de água (ml/hab). (x: mês, y: ml/hab.)
Fonte: do autor, 2016

5 – ARIMA – previsão temperatura, Figura18.

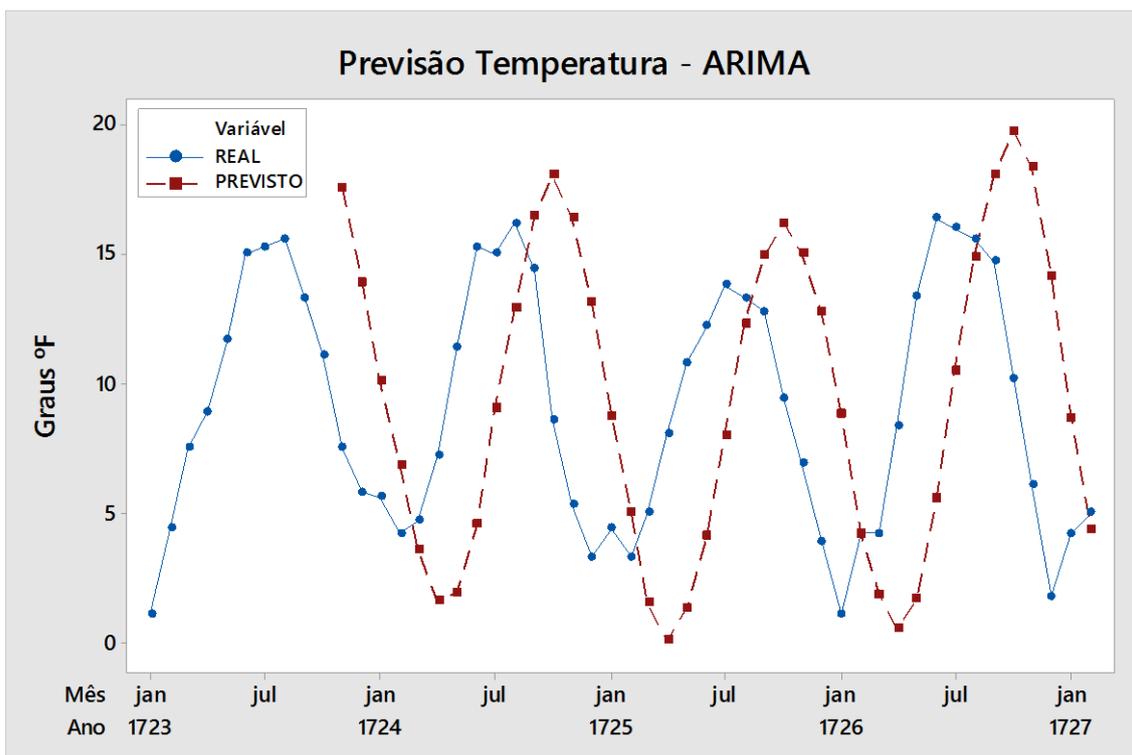


Figura 18: Previsão ARIMA - Temperatura (x: mês, y: temperatura mensal em °F)
 Fonte: do autor, 2016.

6 – REDES NEURAIIS – Previsão Temperatura, Figura 19.

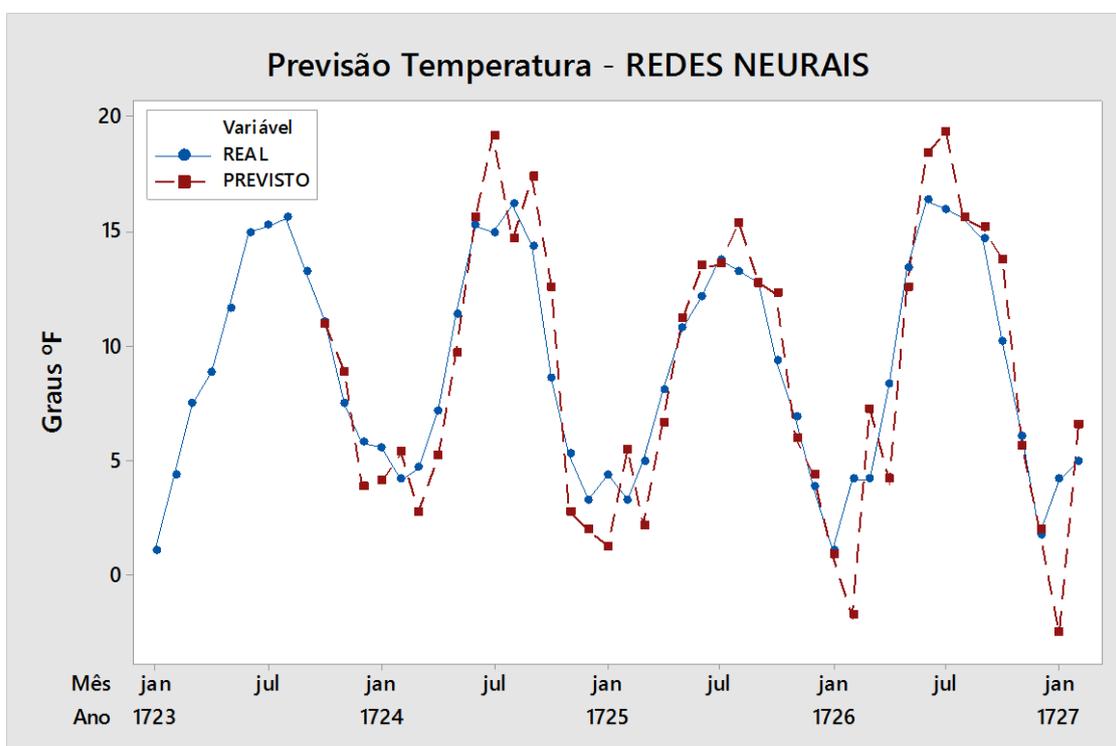


Figura 19: Previsão Redes Neurais - Temperatura (x: mês, y: temperatura mensal em °F)
 Fonte: do autor, 2016.

7 – ARIMA – Previsão carvão, Figura 20.

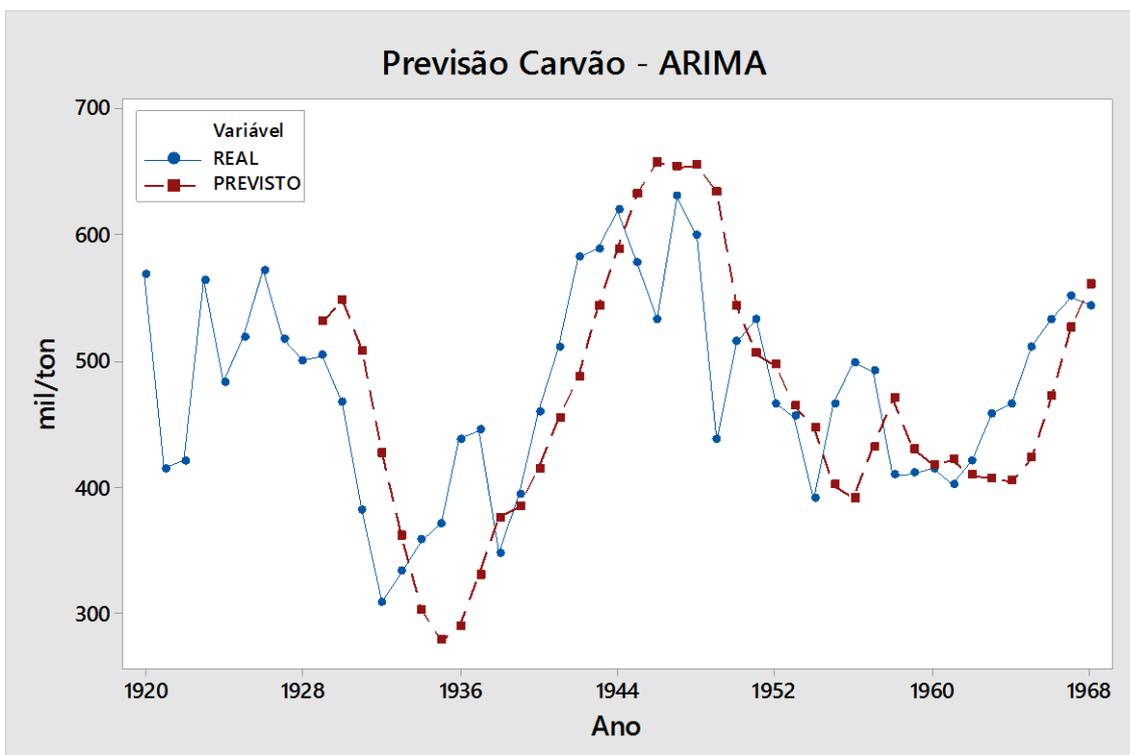


Figura 20: Previsão ARIMA - Produção Anual de Carvão – EUA(x: ano, y: milhões/ton).
Fonte: do autor, 2016.

8 – REDES NEURAIIS – Previsão Carvão, Figura 21.

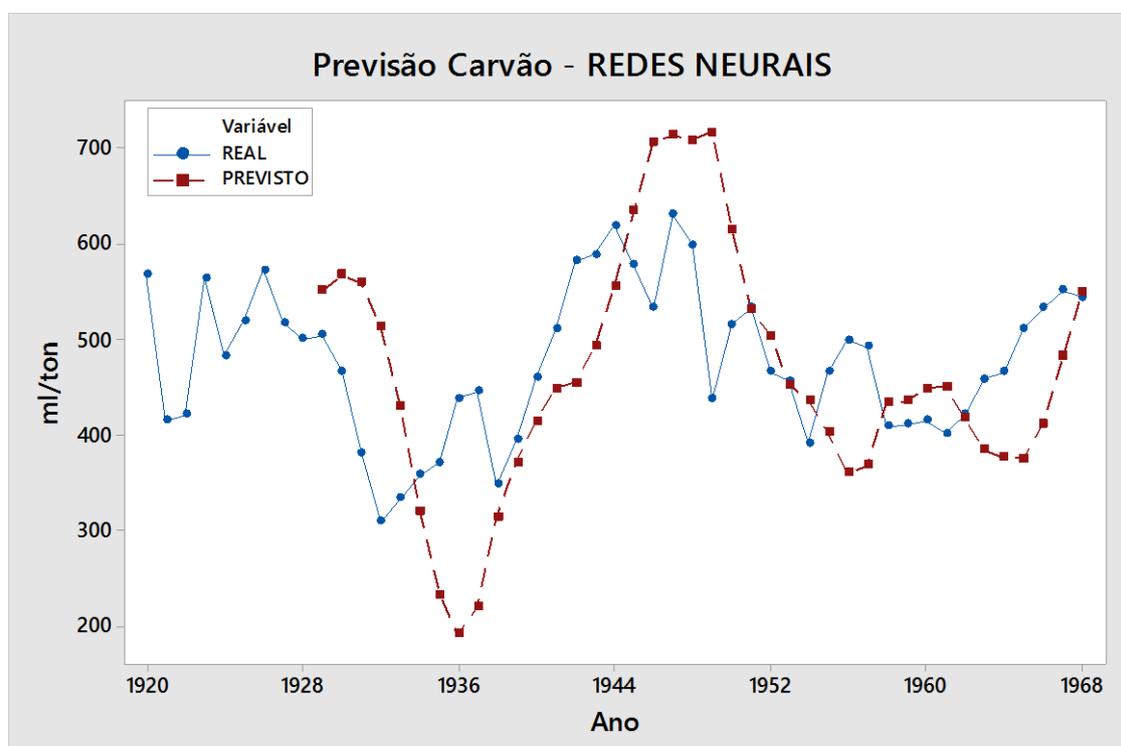


Figura 21: Previsão Redes Neurais - Produção Anual de Carvão – EUA(x: ano, y: milhões/ton).
Fonte: do autor, 2016.

4.6 Discussão

Durante a realização dos testes pode-se perceber uma melhor previsão dos dados com a utilização de Redes Neurais, conforme apurado nas tabelas de cálculos de erros e gráficos, o modelo pode fazer uma previsão mais próxima do valor real nas bases de dados da previsão do consumo de água e na previsão da temperatura, superando nessas bases o modelo ARIMA.

Pode-se atribuir este bom desempenho ao fato de que o modelo de Redes Neurais utiliza no processamento da série temporal o treinamento para poder prever os valores futuros, sendo ajustados, em suas camadas internas, os valores a cada iteração, proporcionando uma previsão de valor mais apurada.

É importante ressaltar que o modelo ARIMA apresentou melhores resultados na base de dados da previsão do carvão e dos casos de sarampo, obtendo-se nesses casos valores mais próximos do real.

Tanto a metodologia ARIMA quanto a utilização de Redes Neurais foram possíveis de realizar a predição dos dados nas bases estudadas, obtendo-se os resultados de que entre quatro bases de dados, cada metodologia apresentou melhores resultados em duas bases.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentados os métodos de predição de dados ARIMA e Redes Neurais. A metodologia ARIMA, amplamente utilizada em muitos experimentos de predição, mostrou-se superior em duas bases de dados apresentadas. A utilização de Redes Neurais também foi superior em duas bases de dados em comparação com a Metodologia ARIMA.

Torna-se válido ressaltar que a melhor predição de valores na geração de resultados esta diretamente ligada a vários fatores apresentados pelo conjunto de dados, tais como estacionariedade e linearidade, sendo esses fatores importantes e relevantes para a predição e para a melhor metodologia a ser aplicada.

Conforme verificado em vários artigos estudados para a construção deste trabalho, e na produção deste, é possível afirmar que apenas um método de predição não é superior se aplicados em todas as bases de dados, uma vez que a predição está ligada diretamente ao comportamento do conjunto de dados durante seu valor histórico de tempo.

Nos experimentos realizados foi possível obter a informação que apesar das metodologias apresentarem resultados diferentes de predição, suas diferenças não foram tão divergentes, conclui-se que é possível obter um melhor resultado na previsão das bases de dados, alternando as metodologias e buscando parâmetros compatíveis com cada base de dados.

É importante ressaltar que a tarefa de predição de dados não é fácil, é preciso identificar os melhores modelos, executar a suavização nas bases de dados de acordo com o modelo escolhido, realizar testes e comparar resultados. Entretanto, utilizando os dados de forma correta é possível através da análise e comparação destes dados obter resultados satisfatórios na tarefa de predição.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, L.A. (1996). A tutorial introduction to nonlinear dynamics and chaos Part II: Modeling and control. *Control & Automation*, 7(1):50-66.
- Alon, I., Qi, M., & Sadowski, R. J. (2001). Forecasting aggregate retail sales : a comparison of artificial neural networks and traditional methods. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 8(3), 147–156. [http://doi.org/10.1016/S0969-6989\(00\)00011-4](http://doi.org/10.1016/S0969-6989(00)00011-4)
- BERRY, Michael J.A.; LINOFF, Gordon. Data mining techniques for marketing, sales and customer support. 1st ed.[S.I.]: John Wiley & Sons, 1997.
- BOX, G.E.P. & JENKINS, G.M. (1970). Time Series Analysis, forecasting and Control. San Francisco: Holden-Day, Inc.
- De Gooijer, J. G. and Kumar, K. (1992) Some recent developments in non-linear time series modelling, testing and forecasting, *International Journal of Forecasting*, 8, 135-156.
- DETIENNE, Kristen Bell; DETIENNE, David H.; JOSHI, Shirish A. Neural networks as statistical tools for business researchers. *Organizational Research Methods*, Thousand Oaks, v.6, n.2, p.236-265, Apr. 2003.
- EDELSTEIN, Daniel. Metal prices in the United States through 1998 – Copper. USGS Minerals Information Team. Special Publication, 1999.
- EDIGER, Volkan S.; AKAR, Sertac; URGULU, Berkin. Forecasting production of fossil fuel sources in Turkey using a comparative regression and ARIMA model. *Energy Policy*, [S.I.], v.34, Issue 18, p.3836-3846, Dec. 2007.
- ERDOGDU, Erkan. Electricity demand analysis using cointegration and ARIMA modelling: a case study of Turkey. *Energy Policy*, [S.I.], v.35, Issue 2, p.1129-1146, Feb. 2007.
- Faraway, J. (2014). Time series forecasting with neural networks : a comparative study using the airline data, *47(2)*, 231–250.
- FAVA, Vera Lúcia. Análise de séries de tempo. In: VASCONSELOS, M. A. S.; ALVES, Denisard (Org.). *Manual de Econometria:nível intermediário*. São Paulo: Atlas, 2000a. p. 199-203.
- FREITAS, S. O. Utilização de um modelo baseado em Redes Neurais para a precificação de opções. 2001. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Ciências Econômicas, UFMG, Belo Horizonte.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D.C. *Econometria Básica*, 5.ed., São Paulo: AMGH Editora LTDA, 2011.
- HAYKIN, S. *Redes Neurais: Princípios e Prática*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HO, S.L.; XIE, M. The use of ARIMA models for reliability forecasting and analysis. *Computer Ind. Engineering*, [S.l.], v.35, n.1-2, p.213-216, Oct. 1998.

JACKSON T.; BEALE, R. *Neural Computing: An Introduction*, Adam Hilger, Bristol, England, 1990.

Kao, J.-J., & Huang, S.-S. (2000). Forecasts Using Neural Network versus Box-Jenkins Methodology for Ambient Air Quality Monitoring Data. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50(2), 219–226. <http://doi.org/10.1080/10473289.2000.10463997>

Lawrence, R. (1997). Using Neural Networks to Forecast Stock Market Prices. *Methods*, 1–21. Retrieved from <http://people.ok.ubc.ca/rlawrenc/research/Papers/nn.pdf>

MADDALA, G.S.. *Introdução à econometria*. 3a. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

Maier, H. R., & Dandy, G. C. (2000). Neural networks for the prediction and forecasting of water resources variables: A review of modelling issues and applications. *Environmental Modelling and Software*, 15(1), 101–124. [http://doi.org/10.1016/S1364-8152\(99\)00007-9](http://doi.org/10.1016/S1364-8152(99)00007-9).

MAKRIDAKIS, S. et al. The accuracy of Extrapolation (Times Series) Methods Results of a Forecasting competition. *Journal of Forecasting*. v. 1, p. 111-153, 1982.

MORETTIN, P.L., TOLOI, C.M.C., *Análises de séries temporais*. Editora Edgard Blucher, 2006 2ªed, 531p.

SILVA, W. V. ; SOUZA, A. M. ; KRÜGER, E. R. ; JACOB I, L. F. Um estudo econométrico usando dados cross section. In: 16º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, 2004, Caxambu, MG. 16º SINAPE. São Paulo: Editora da ABE, 2004. Vol. 16. p.1-5.

Smolensky, P., Mozer, M. C., & Rumelhart, D. E. (Eds.). (1996). *Mathematical Perspectives on Neural Networks*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Publishers.

SOUZA, Reinaldo Castro. Modelos Estruturais para Previsão de Séries Temporais: Abordagens Clássica e Bayesiana. In: 17º Colóquio Brasileiro de Matemática. Rio de Janeiro, 1989.

WHEELWRIGHT, Steven C.; MAKRIDAKIS, Spyros. *Forecasting Methods for Management*. 4th edition. New York : John Wiley & Sons Inc, 1985.

WATKINS, C.; MCALEER, M. Econometric Modeling of Non-ferrous Metal Prices. *Journal of Economic Surveys*. v.18, nº 5, 2004.

YULE G. (1927). On a method of investigating periodicities in disturbed series with special reference to Wolfer's sunspot numbers. *Philos. Trans. R. Soci.*, A226.

Zhang, G. P. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, 50, 159–175. [http://doi.org/10.1016/S0925-2312\(01\)00702-0](http://doi.org/10.1016/S0925-2312(01)00702-0)

ZOU, H. F. et al. An investigation and comparison of artificial neural network and time series models for Chinese food grain price forecasting. *Neurocomputing*, [S.I.], v.70, Issue 16-18, p.2913- 2923, Oct. 2007.

APÊNDICE

TABELA DE PREDIÇÕES – CÁLCULO ERRO MÉDIO PERCENTUAL ABSOLUTO

PREVISÃO – ÁGUA – TABELA DE EMPA

ARIMA			
Mês	REAL	PREVISTO	
1966-01	76,83		
1966-02	77,74		
1966-03	80,47		
1966-04	79,56		
1966-05	82,28		
1966-06	100,92		
1966-07	113,2		
1966-08	90,92		
1966-09	86,83		
1966-10	82,74		
1966-11	83,65		
1966-12	80,92		
1967-01	83,19		
1967-02	83,65		
1967-03	83,65		
1967-04	83,65	87,01628571	-0,04024251
1967-05	86,83	85,00352381	0,021035082
1967-06	100,47	83,7912381	0,166007384
1967-07	91,38	86,39857143	0,054513335
1967-08	101,38	85,86314286	0,153056393
1967-09	95,92	88,09704762	0,081557052
1967-10	88,19	91,34714286	-0,03579933
1967-11	88,19	94,66695238	-0,07344316
1967-12	80,47	95,09409524	-0,18173351
1968-01	80,92	92,87838095	-0,14778029
1968-02	79,56	90,30219048	-0,13501999
1968-03	80,92	87,56266667	-0,08208931
1968-04	88,19	84,86066667	0,037751824
1968-05	91,83	84,46485714	0,080204104
1968-06	96,38	84,97133333	0,118371723
1968-07	97,29	86,45742857	0,111343113
1968-08	102,29	87,82247619	0,141436346
1968-09	99,1	90,646	0,08530777
1968-10	92,74	94,38552381	-0,01774341
1968-11	87,29	94,99647619	-0,0882859
1968-12	85,47	95,73428571	-0,12009226
1969-01	91,38	95,50533333	-0,04514482
1969-02	92,74	95,89942857	-0,03406759
1969-03	89,56	96,56504762	-0,07821625
1969-04	88,65	95,0027619	-0,07166116
1969-05	93,2	93,01095238	0,002028408
1969-06	99,56	91,79142857	0,078029042
1969-07	109,11	92,09838095	0,155912557
1969-08	124,56	95,59647619	0,232526684
1969-09	115,47	103,2061905	0,106207755
1969-10	96,38	108,1934286	-0,12257137
1969-11	92,29	107,6919048	-0,16688595
1969-12	86,83	106,9352381	-0,23154714
1970-01	87,29	104,4918095	-0,19706506
1970-02	85,92	101,4919048	-0,18123725
1970-03	85,92	97,4	-0,13361266
1970-04	88,65	93,05257143	-0,0496624
1970-05	91,83	90,37714286	0,01582116
1970-06	112,29	88,84790476	0,208763872
1970-07	101,83	92,28580952	0,093726706
1970-08	125,02	92,13761905	0,263016965

REDES				
Mês	REAL	PREVISTO		
1966-01	76,83			
1966-02	77,74			
1966-03	80,47			
1966-04	79,56			
1966-05	82,28			
1966-06	100,92			
1966-07	113,2			
1966-08	90,92			
1966-09	86,83			
1966-10	82,74			
1966-11	83,65			
1966-12	80,92			
1967-01	83,19			
1967-02	83,65			
1967-03	83,65			
1967-04	83,65	83,95		-0,00358637
1967-05	86,83	83,65		0,036623287
1967-06	100,47	87,89		0,125211506
1967-07	91,38	107,1366667		-0,17243015
1967-08	101,38	97,44333333		0,038830802
1967-09	95,92	98,65333333		-0,02849597
1967-10	88,19	100,7666667		-0,14260876
1967-11	88,19	81,97333333		0,070491741
1967-12	80,47	83,03666667		-0,03189594
1968-01	80,92	77,89666667		0,037362004
1968-02	79,56	75,92333333		0,045709737
1968-03	80,92	79,40666667		0,018701598
1968-04	88,19	80,46666667		0,087576067
1968-05	91,83	91,52		0,003375803
1968-06	96,38	97,89		-0,01566715
1968-07	97,29	100,3233333		-0,03117826
1968-08	102,29	100,6266667		0,016260957
1968-09	99,1	104,5633333		-0,0551295
1968-10	92,74	101,37		-0,09305586
1968-11	87,29	88,49333333		-0,01378547
1968-12	85,47	81,23333333		0,04956905
1969-01	91,38	81,23		0,111074633
1969-02	92,74	92,13666667		0,006505643
1969-03	89,56	97,13333333		-0,08456156
1969-04	88,65	89,40666667		-0,00853544
1969-05	93,2	86,22666667		0,074821173
1969-06	99,56	94,11		0,05474086
1969-07	109,11	104,7133333		0,040295726
1969-08	124,56	116,5333333		0,064440163
1969-09	115,47	136,0766667		-0,17845905
1969-10	96,38	122,74		-0,27350073
1969-11	92,29	83,95666667		0,090295084
1969-12	86,83	78,2		0,099389612
1970-01	87,29	82,28333333		0,057356704
1970-02	85,92	83,80333333		0,02463532
1970-03	85,92	85,77		0,00174581
1970-04	88,65	85,00666667		0,041097951
1970-05	91,83	89,56		0,024719591
1970-06	112,29	94,71		0,15655891
1970-07	101,83	121,23		-0,1905136
1970-08	125,02	111,9833333		0,104276649

1970-09	102,74	98,53352381	0,040942926	1970-09	102,74	125,7766667	-0,22422296
1970-10	95,01	99,10866667	-0,04313932	1970-10	95,01	110,7733333	-0,16591236
1970-11	91,83	99,07780952	-0,07892638	1970-11	91,83	77,58	0,155178046
1970-12	86,38	101,1032381	-0,1704473	1970-12	86,38	85,61666667	0,008836922
1971-01	87,29	101,1387619	-0,15865233	1971-01	87,29	82,44333333	0,055523733
1971-02	88,19	99,15733333	-0,12436028	1971-02	88,19	83,96	0,047964622
1971-03	89,1	97,01342857	-0,08881514	1971-03	89,1	89,09666667	3,74111E-05
1971-04	89,1	94,34533333	-0,05887018	1971-04	89,1	90,00333333	-0,01013842
1971-05	103,65	91,68685714	0,115418648	1971-05	103,65	89,70666667	0,134523235
1971-06	127,75	92,63485714	0,274873917	1971-06	127,75	108,5	0,150684932
1971-07	125,47	99,50295238	0,206958218	1971-07	125,47	145,4833333	-0,15950692
1971-08	125,47	105,0099048	0,163067628	1971-08	125,47	140,7766667	-0,12199463
1971-09	109,11	109,9797143	-0,00797099	1971-09	109,11	123,95	-0,13600953
1971-10	100,01	112,9382857	-0,12926993	1971-10	100,01	103,6566667	-0,03646302
1971-11	95,01	111,8675238	-0,17742894	1971-11	95,01	86,07	0,094095358
1971-12	85,01	113,27	-0,33243148	1971-12	85,01	87,27666667	-0,02666353
1972-01	86,83	109,256	-0,25827479	1972-01	86,83	78,34333333	0,097738877
1972-02	86,83	104,982381	-0,20905656	1972-02	86,83	80,77	0,069791547
1972-03	86,83	100,427619	-0,15660047	1972-03	86,83	88,04333333	-0,01397367
1972-04	86,83	95,13333333	-0,09562747	1972-04	86,83	86,83	0
1972-05	100,47	89,97352381	0,104473735	1972-05	100,47	86,83	0,135761919
1972-06	111,38	88,60990476	0,204436122	1972-06	111,38	105,0166667	0,057131741
1972-07	105,47	89,95209524	0,147130983	1972-07	105,47	124,11	-0,17673272
1972-08	102,74	89,08171429	0,132940293	1972-08	102,74	110,7733333	-0,0781909
1972-09	105,01	89,37133333	0,148925499	1972-09	105,01	97,89	0,067803066
1972-10	96,38	94,19419048	0,022679078	1972-10	96,38	103,9466667	-0,07850868
1972-11	94,1	96,99628571	-0,03077881	1972-11	94,1	95,01666667	-0,00974141
1972-12	86,83	100,0215238	-0,15192357	1972-12	86,83	87,58666667	-0,00871435
1973-01	92,74	99,35561905	-0,07133512	1973-01	92,74	82,88666667	0,106246855
1973-02	93,2	99,42895238	-0,06683425	1973-02	93,2	89,86333333	0,035801144
1973-03	95,47	99,02314286	-0,03721738	1973-03	95,47	97,29333333	-0,0190985
1973-04	96,38	97,65533333	-0,01323234	1973-04	96,38	96,53333333	-0,00159092
1973-05	99,56	96,526	0,030474086	1973-05	99,56	98,19666667	0,013693585
1973-06	120,47	95,97180952	0,203355113	1973-06	120,47	101,2266667	0,15973548
1973-07	123,2	100,6299048	0,183198825	1973-07	123,2	129,56	-0,05162338
1973-08	114,11	105,0548571	0,079354508	1973-08	114,11	138,05	-0,20979756
1973-09	120,93	108,2250476	0,105060385	1973-09	120,93	112,9	0,066402051
1973-10	102,74	114,5905714	-0,11534525	1973-10	102,74	117,1433333	-0,14019207
1973-11	101,83	114,8757143	-0,12811268	1973-11	101,83	101,2233333	0,005957642
1973-12	95,47	114,5541905	-0,19989725	1973-12	95,47	89,4	0,063580182
1974-01	100,01	112,9301905	-0,12918899	1974-01	100,01	92,7433333	0,072659401
1974-02	100,01	111,3921905	-0,11381052	1974-02	100,01	97,2833333	0,02726394
1974-03	98,2	109,3813333	-0,11386286	1974-03	98,2	103,0366667	-0,04925322
1974-04	100,01	105,5419048	-0,05531352	1974-04	100,01	97,59666667	0,02413092
EMPA				EMPA			
-1,38908023				0,106442859			

PREVISÃO CARVÃO - TABELA EMPA

ARIMA		
Ano	REAL	PREVISTO
1920	569	
1921	416	
1922	422	
1923	565	
1924	484	
1925	520	
1926	573	

REDES		
Ano	REAL	PREVISTO
1920	569	
1921	416	
1922	422	
1923	565	
1924	484	
1925	520	
1926	573	

1927	518			1927	518		
1928	501			1928	501		
1929	505	531,8055556	-0,05308031	1929	505	551,7687556	-0,0926114
1930	468	549,4444444	-0,17402659	1930	468	568,7198667	-0,21521339
1931	382	509,2222222	-0,33304247	1931	382	559,7351889	-0,46527536
1932	310	428,2777778	-0,38154122	1932	310	513,7148833	-0,65714478
1933	334	362,3611111	-0,08491351	1933	334	429,8963444	-0,2871148
1934	359	303,6111111	0,154286599	1934	359	320,5138889	0,107203652
1935	372	279,4722222	0,248730585	1935	372	233,2847222	0,372890532
1936	439	290,7222222	0,337762592	1936	439	191,6166667	0,563515566
1937	446	331,6944444	0,256290483	1937	446	220,0388889	0,506639263
1938	349	377,1666667	-0,08070678	1938	349	315,2694444	0,096649156
1939	395	385,3333333	0,024472574	1939	395	372,45	0,057088608
1940	461	415,6388889	0,098397204	1940	461	414,8027778	0,100210894
1941	511	455,0833333	0,109425962	1941	511	448,9347222	0,121458469
1942	583	488,1666667	0,16266438	1942	583	455,4458333	0,218789308
1943	590	543,8333333	0,078248588	1943	590	493,4847222	0,163585217
1944	620	589,5	0,049193548	1944	620	556,3347222	0,102685932
1945	578	633,2222222	-0,09554018	1945	578	635,3902778	-0,09929114
1946	534	658,0833333	-0,23236579	1946	534	707,2805556	-0,32449542
1947	631	653,9444444	-0,03636204	1947	631	714,8583333	-0,13289752
1948	600	655,9444444	-0,09324074	1948	600	709,7736111	-0,18295602
1949	438	634,7222222	-0,44913749	1949	438	718,2083333	-0,63974505
1950	516	544,5833333	-0,05539406	1950	516	616,3041667	-0,19438792
1951	534	506,3055556	0,051862256	1951	534	531,825	0,004073034
1952	467	497,6111111	-0,06554842	1952	467	504,3152778	-0,07990424
1953	457	465,3611111	-0,01829565	1953	457	453,2652778	0,008172259
1954	392	448,0833333	-0,14306973	1954	392	437,3125	-0,11559311
1955	467	402,6666667	0,137758744	1955	467	403,0944444	0,136842731
1956	500	392,6388889	0,214722222	1956	500	360,9458333	0,278108333
1957	493	432,5	0,122718053	1957	493	369,1402778	0,251236759
1958	410	470,6944444	-0,14803523	1958	410	435,1944444	-0,06144986
1959	412	431,4166667	-0,04712783	1959	412	436,5833333	-0,05966828
1960	416	419,1944444	-0,00767895	1960	416	449,4194444	-0,0803352
1961	403	422,9166667	-0,04942101	1961	403	451,7402778	-0,12094362
1962	422	410,2222222	0,027909426	1962	422	418,1444444	0,009136388
1963	459	408,25	0,110566449	1963	459	385,2527778	0,160669329
1964	467	405,7777778	0,131096836	1964	467	376,8319444	0,193079348
1965	512	424,1944444	0,171495226	1965	512	376,4055556	0,264832899
1966	534	472,6944444	0,114804411	1966	534	413,1722222	0,226269247
1967	552	527,8333333	0,043780193	1967	552	482,6055556	0,125714573
1968	545	562,1944444	-0,03154944	1968	545	550,5569444	-0,01019623
		EMPA	0,165272261			EMPA	0,624070356

PREVISÃO CASOS DE SARAMPO – TABELA EMPA

ARIMA				REDES			
Mês	REAL	PREVISTO		Mês	REAL	PREVISTO	
1928-01	609			1928-01	609		
1928-02	1516			1928-02	1516		
1928-03	4952			1928-03	4952		
1928-04	7466			1928-04	7466		
1928-05	11155			1928-05	11155		
1928-06	7002			1928-06	7002		
1928-07	1315			1928-07	1315		
1928-08	189			1928-08	189		
1928-09	74			1928-09	74		
1928-10	119			1928-10	119		
1928-11	287			1928-11	287		
1928-12	324			1928-12	324		
1929-01	288			1929-01	288		
1929-02	241			1929-02	241		
1929-03	347			1929-03	347		
1929-04	378			1929-04	378		
1929-05	498	-835,875	2,678463855	1929-05	498	81,78958333	0,835763889
1929-06	324	-1526,575	5,711651235	1929-06	324	568,48125	-0,75457176
1929-07	151	-956,699346	7,335757261	1929-07	151	652,3041667	-3,31989514
1929-08	69	-1570,6732	23,76337975	1929-08	69	430,1993056	-5,23477254
1929-09	44	-2075,3268	48,16651812	1929-09	44	218,3958333	-3,96354167
1929-10	42	-2108,01307	51,19078743	1929-10	42	109,5465278	-1,60825066
1929-11	34	-1716,28105	51,47885429	1929-11	34	10,06527778	0,703962418
1929-12	121	-698,535948	6,773024361	1929-12	121	-79,9576389	1,660806933
1930-01	316	13,7254902	0,956564904	1930-01	316	-132,808333	1,420279536
1930-02	781	160,8431373	0,794054882	1930-02	781	-158,497917	1,202942275
1930-03	1870	283,6928105	0,848292615	1930-03	1870	-140,947917	1,075373217
1930-04	5309	621,9019608	0,882858926	1930-04	5309	-227,332639	1,042820237
1930-05	7499	1695	0,773969863	1930-05	7499	356,9277778	0,952403283
1930-06	5386	3174,960784	0,410516007	1930-06	5386	2030,461806	0,623011176
1930-07	1386	4048,79085	-1,92120552	1930-07	1386	3902,510417	-1,81566408
1930-08	211	3929,771242	-17,6245083	1930-08	211	4643,022222	-21,0048447
1930-09	107	3521,96732	-31,9155824	1930-09	107	4287,303472	-39,0682567
1930-10	128	3105,496732	-23,2616932	1930-10	128	2914,830556	-21,7721137
1930-11	219	2702,45098	-11,3399588	1930-11	219	969,5138889	-3,42700406
1930-12	423	2340,215686	-4,53242479	1930-12	423	-801,390278	2,894539664
1931-01	750	2006,039216	-1,67471895	1931-01	750	-1931,75486	3,575673148
1931-02	2010	1719,973856	0,144291614	1931-02	2010	-2299,52847	2,144044016
1931-03	4858	1691,444444	0,651822881	1931-03	4858	-1824,22569	1,375509612
1931-04	6172	2254,477124	0,634725028	1931-04	6172	-335,713889	1,054393047
1931-05	7095	3014,856209	0,575073121	1931-05	7095	1393,48125	0,803596723
1931-06	4238	3859,104575	0,0894043	1931-06	4238	3550,805556	0,162150648
1931-07	907	3941,385621	-3,34551888	1931-07	907	5075,229167	-4,59562201
1931-08	165	3228,20915	-18,5649039	1931-08	165	5084,48125	-29,8150379
1931-09	43	2399,339869	-54,7986016	1931-09	43	3908,086111	-89,8857235
1931-10	54	1697,79085	-30,4405713	1931-10	54	2116,298611	-38,190715
1931-11	93	1484,052288	-14,9575515	1931-11	93	24,93888889	0,731839904
1931-12	134	1668,294118	-11,4499561	1931-12	134	-1610,94861	13,02200456
1932-01	146	1730,653595	-10,8537917	1932-01	146	-2286,43264	16,66049753
1932-02	270	1375,784314	-4,09549746	1932-02	270	-2230,55139	9,26130144
1932-03	621	919,1895425	-0,4801764	1932-03	621	-1476,36181	3,377394212
1932-04	1096	525,8431373	0,520216116	1932-04	1096	-544,155556	1,496492295
1932-05	2271	230,7189542	0,898406449	1932-05	2271	61,31736111	0,972999841
1932-06	2537	189,620915	0,925257818	1932-06	2537	634,3652778	0,749954561
1932-07	1081	194,0653595	0,820476078	1932-07	1081	1312,219444	-0,21389403
1932-08	288	-123,751634	1,429693174	1932-08	288	1616,388194	-4,61245901

1932-09	118	-459,575163	4,894704775	1932-09	118	1567,931944	-12,2875589
1932-10	149	-427,124183	3,866605255	1932-10	149	1264,797917	-7,48857662
1932-11	594	-123,078431	1,207202746	1932-11	594	639,4055556	-0,07644033
1932-12	1183	518,6078431	0,561616363	1932-12	1183	-30,3430556	1,025649244
1933-01	1960	1045,189542	0,466740029	1933-01	1960	-415,6625	1,212072704
1933-02	4699	1368,915033	0,708679499	1933-02	4699	-685,535417	1,14588964
1933-03	9635	2183,666667	0,77336101	1933-03	9635	-523,467361	1,054329773
1933-04	9573	3990,457516	0,583154965	1933-04	9573	1340,852083	0,859933972
1933-05	6605	5596,830065	0,152637386	1933-05	6605	3952,115972	0,401647847
1933-06	2697	6362,098039	-1,35895367	1933-06	2697	6204,538889	-1,30053351
1933-07	601	6136,594771	-9,21064022	1933-07	601	7033,827778	-10,7035404
1933-08	139	5396,627451	-37,8246579	1933-08	139	6085,804861	-42,7827688
1933-09	50	4561,281046	-90,2256209	1933-09	50	3687,334028	-72,7466806
1933-10	55	3754,607843	-67,2655971	1933-10	55	908,3333333	-15,5151515
1933-11	71	3022,333333	-41,5680751	1933-11	71	-1552,69931	22,8690043
1933-12	131	2467,620915	-17,8368009	1933-12	131	-3079,41667	24,50699746
1934-01	133	2004,150327	-14,0687994	1934-01	133	-3192,07639	25,00057435
1934-02	168	1397,973856	-7,32127295	1934-02	168	-2366,88333	15,08859127
1934-03	431	714,503268	-0,6577802	1934-03	431	-1199,64861	3,78340745
1934-04	652	69,60784314	0,893239504	1934-04	652	-206,516667	1,316743354
1934-05	1414	-528,261438	1,373593662	1934-05	1414	302,0569444	0,786381227
1934-06	1317	-908,490196	1,689817917	1934-06	1317	600,0520833	0,544379587
1934-07	422	-1249,35948	3,960567481	1934-07	422	859,8152778	-1,03747696
1934-08	95	-1690,17647	18,79133127	1934-08	95	923,6618056	-8,72275585
1934-09	47	-1815,46405	39,62689473	1934-09	47	836,4736111	-16,7973109
1934-10	45	-1215,91503	28,02033406	1934-10	45	638,6430556	-13,1920679
1934-11	86	-436,915033	6,080407357	1934-11	86	287,2548611	-2,3401728
1934-12	205	150,0457516	0,268069504	1934-12	205	-80,3388889	1,391897019
1935-01	508	380,4248366	0,251132211	1935-01	508	-318,341667	1,626656824
1935-02	1576	453,0130719	0,712555157	1935-02	1576	-501,16875	1,318000476
1935-03	4357	704,3660131	0,838336926	1935-03	4357	-561,622917	1,128901289
1935-04	6630	1533,908497	0,768641252	1935-04	6630	-5,77986111	1,000871774
1935-05	6813	2784,764706	0,591257199	1935-05	6813	1316,268056	0,80680052
1935-06	5182	3949,457516	0,23785073	1935-06	5182	3076,027083	0,406401566
1935-07	1975	4627,352941	-1,34296351	1935-07	1975	4740,275694	-1,40013959
1935-08	358	4493,803922	-11,5525249	1935-08	358	5276,900694	-13,7399461
1935-09	67	3969,379085	-58,244464	1935-09	67	4456,251389	-65,5112148
1935-10	136	3410,941176	-24,0804498	1935-10	136	2707,992361	-18,9117085
1935-11	333	2903,862745	-7,72030854	1935-11	333	603,9673611	-0,8137158
1935-12	555	2550,287582	-3,59511276	1935-12	555	-1262,68125	3,275101351
1936-01	1426	2254,562092	-0,58103933	1936-01	1426	-2300,77986	2,613450113
1936-02	4054	2050,339869	0,494242755	1936-02	4054	-2495,79306	1,615637162
1936-03	7376	2367,686275	0,679001319	1936-03	7376	-1704,41806	1,231076201
1936-04	8792	3339,352941	0,620182786	1936-04	8792	274,8104167	0,968743128
1936-05	8247	4481,718954	0,456563726	1936-05	8247	2793,050694	0,661325246
1936-06	4738	5336,823529	-0,12638741	1936-06	4738	5368,918056	-0,13316126
1936-07	1143	5267,686275	-3,60864941	1936-07	1143	6917,286806	-5,05186947
1936-08	213	4350,385621	-19,4243456	1936-08	213	6556,452778	-29,7814684
1936-09	87	3353,575163	-37,546841	1936-09	87	4715,644444	-53,2028097
1936-10	99	2719,019608	-26,4648445	1936-10	99	2126,093056	-20,4756874
1936-11	154	2467,980392	-15,0258467	1936-11	154	-554,023611	4,597555916
1936-12	219	2381,143791	-9,8728027	1936-12	219	-2447,68056	12,17662354
1937-01	235	2226,117647	-8,47284105	1937-01	235	-3079,55069	14,10447104
1937-02	365	1752,745098	-3,80204136	1937-02	365	-2712,72292	8,43211758
1937-03	1075	1131,006536	-0,0520991	1937-03	1075	-1702,06528	2,583316537
1937-04	2253	628,869281	0,720874709	1937-04	2253	-597,095139	1,265022254
1937-05	3546	377,7647059	0,89346737	1937-05	3546	252,0180556	0,928928918
1937-06	3058	398,2352941	0,869772631	1937-06	3058	1167,489583	0,618217926
1937-07	880	276,2810458	0,686044266	1937-07	880	2081,977778	-1,36588384
1937-08	247	-264,895425	2,072451113	1937-08	247	2356,370833	-8,53996289
1937-09	84	-592,503268	8,053610333	1937-09	84	2145,292361	-24,5391948
1937-10	90	-447,437908	5,971532317	1937-10	90	1543,045139	-16,144946

1937-11	136	27,03921569	0,801182238	1937-11	136	629,7902778	-3,63081087		
1937-12	122	611,124183	-4,00921461	1937-12	122	-267,988889	3,196630237		
1938-01	519	892,4444444	-0,71954614	1938-01	519	-876,624306	2,689064173		
1938-02	1585	882,5620915	0,443178491	1938-02	1585	-1183,31736	1,746572468		
1938-03	5713	1000,235294	0,82491943	1938-03	5713	-1287,15486	1,225302794		
1938-04	10018	1991,869281	0,801170964	1938-04	10018	-558,217361	1,055721438		
1938-05	8634	3831,424837	0,556239885	1938-05	8634	1685,759028	0,804753414		
1938-06	6253	5176,124183	0,172217466	1938-06	6253	4228,277083	0,323800243		
1938-07	1231	5833,934641	-3,7391833	1938-07	1231	6539,861806	-4,3126416		
1938-08	239	5259,522876	-21,0063719	1938-08	239	6945,647917	-28,0612884		
1938-09	75	4462,130719	-58,4950763	1938-09	75	5647,919444	-74,3055926		
1938-10	56	3723,575163	-65,4924136	1938-10	56	3122,459028	-54,7581969		
1938-11	110	3154,392157	-27,6762923	1938-11	110	378,9743056	-2,44522096		
1938-12	171	2809,30719	-15,428697	1938-12	171	-2054,12847	13,01244721		
1939-01	224	2481,359477	-10,0774977	1939-01	224	-3202,14444	15,2952877		
1939-02	219	1937,091503	-7,84516668	1939-02	219	-3009,77292	14,74325533		
1939-03	361	1321,830065	-2,66157913	1939-03	361	-2064,30903	6,718307556		
1939-04	517	717,3660131	-0,38755515	1939-04	517	-756,821528	2,463871427		
1939-05	969	142,9215686	0,852506121	1939-05	969	89,86944444	0,907255475		
1939-06	738	-333,437908	1,451812884	1939-06	738	608,4666667	0,175519422		
1939-07	274	-879,294118	4,209102619	1939-07	274	779,4402778	-1,84467255		
1939-08	110	-1488,44444	14,53131313	1939-08	110	708,5902778	-5,4417298		
1939-09	36	-1989,88889	56,27469136	1939-09	36	533,6277778	-13,8229938		
1939-10	54	-1939,24837	36,91200678	1939-10	54	363,8611111	-5,73816872		
1939-11	60	-1210,54902	21,17581699	1939-11	60	138,0083333	-1,30013889		
1939-12	91	-466,058824	6,121525533	1939-12	91	-68,39375	1,75157967		
1940-01	90	142,1960784	-0,57995643	1940-01	90	-188,141667	3,090462963		
1940-02	207	214,5816993	-0,03662657	1940-02	207	-254,610417	2,230002013		
1940-03	268	205,6666667	0,232587065	1940-03	268	-183,15625	1,683418843		
1940-04	533	189,496732	0,644471422	1940-04	533	-75,0027778	1,140718157		
1940-05	1365	225,9477124	0,83447054	1940-05	1365	-16,7284722	1,012255291		
EMPA				-3,64010414	EMPA				-4,69273584

PREVISÃO TEMPERATURA – TABELA EMPA

ARIMA				REDES			
Mês	REAL	PREVISTO		Mês	REAL	PREVISTO	
1723-01	1,1			1723-01	1,1		
1723-02	4,4			1723-02	4,4		
1723-03	7,5			1723-03	7,5		
1723-04	8,9			1723-04	8,9		
1723-05	11,7			1723-05	11,7		
1723-06	15			1723-06	15		
1723-07	15,3			1723-07	15,3		
1723-08	15,6			1723-08	15,6		
1723-09	13,3			1723-09	13,3		
1723-10	11,1			1723-10	11,1		
1723-11	7,5	17,56666667	-1,34222222	1723-11	7,5	8,9	-0,18666667
1723-12	5,8	13,93333333	-1,40229885	1723-12	5,8	3,9	0,327586207
1724-01	5,6	10,07333333	-0,79880952	1724-01	5,6	4,1	0,267857143
1724-02	4,2	6,866666667	-0,63492063	1724-02	4,2	5,4	-0,28571429
1724-03	4,7	3,6	0,234042553	1724-03	4,7	2,8	0,404255319
1724-04	7,2	1,593333333	0,778703704	1724-04	7,2	5,2	0,277777778
1724-05	11,4	1,933333333	0,830409357	1724-05	11,4	9,7	0,149122807
1724-06	15,3	4,553333333	0,702396514	1724-06	15,3	15,6	-0,01960784
1724-07	15	9,073333333	0,395111111	1724-07	15	19,2	-0,28
1724-08	16,2	12,88	0,204938272	1724-08	16,2	14,7	0,092592593
1724-09	14,4	16,46666667	-0,14351852	1724-09	14,4	17,4	-0,208333333
1724-10	8,6	18,03333333	-1,09689922	1724-10	8,6	12,6	-0,46511628
1724-11	5,3	16,36666667	-2,08805031	1724-11	5,3	2,8	0,471698113
1724-12	3,3	13,14	-2,98181818	1724-12	3,3	2	0,393939394

1725-01	4,4	8,76	-0,99090909	1725-01	4,4	1,3	0,704545455		
1725-02	3,3	5,013333333	-0,51919192	1725-02	3,3	5,5	-0,66666667		
1725-03	5	1,513333333	0,697333333	1725-03	5	2,2	0,56		
1725-04	8,1	0,073333333	0,990946502	1725-04	8,1	6,7	0,172839506		
1725-05	10,8	1,34	0,875925926	1725-05	10,8	11,2	-0,03703704		
1725-06	12,2	4,086666667	0,665027322	1725-06	12,2	13,5	-0,10655738		
1725-07	13,8	7,993333333	0,420772947	1725-07	13,8	13,6	0,014492754		
1725-08	13,3	12,32666667	0,073182957	1725-08	13,3	15,4	-0,15789474		
1725-09	12,8	14,95333333	-0,16822917	1725-09	12,8	12,8	0		
1725-10	9,4	16,18666667	-0,72198582	1725-10	9,4	12,3	-0,30851064		
1725-11	6,9	15,02666667	-1,17777778	1725-11	6,9	6	0,130434783		
1725-12	3,9	12,75333333	-2,27008547	1725-12	3,9	4,4	-0,12820513		
1726-01	1,1	8,82	-7,01818182	1726-01	1,1	0,9	0,181818182		
1726-02	4,2	4,18	0,004761905	1726-02	4,2	-1,7	1,404761905		
1726-03	4,2	1,866666667	0,555555556	1726-03	4,2	7,3	-0,73809524		
1726-04	8,4	0,533333333	0,936507937	1726-04	8,4	4,2	0,5		
1726-05	13,4	1,693333333	0,873631841	1726-05	13,4	12,6	0,059701493		
1726-06	16,4	5,533333333	0,662601626	1726-06	16,4	18,4	-0,12195122		
1726-07	16	10,46666667	0,345833333	1726-07	16	19,4	-0,2125		
1726-08	15,6	14,9	0,044871795	1726-08	15,6	15,6	-1,1387E-16		
1726-09	14,7	18,05333333	-0,22811791	1726-09	14,7	15,2	-0,03401361		
1726-10	10,2	19,76666667	-0,9379085	1726-10	10,2	13,8	-0,35294118		
1726-11	6,1	18,36	-2,00983607	1726-11	6,1	5,7	0,06557377		
1726-12	1,8	14,14666667	-6,85925926	1726-12	1,8	2	-0,11111111		
1727-01	4,2	8,706666667	-1,07301587	1727-01	4,2	-2,5	1,595238095		
1727-02	5	4,386666667	0,122666667	1727-02	5	6,6	-0,32		
EMPA				-0,60119537	EMPA				0,076058049

TABELA DE PREDIÇÕES – CÁLCULO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO

PREVISÃO – ÁGUA – TABELA DE EQM

ARIMA				REDES			
Mês	REAL	PREVISTO		Mês	REAL	PREVISTO	
1966-01	76,83			1966-01	76,83		
1966-02	77,74			1966-02	77,74		
1966-03	80,47			1966-03	80,47		
1966-04	79,56			1966-04	79,56		
1966-05	82,28			1966-05	82,28		
1966-06	100,92			1966-06	100,92		
1966-07	113,2			1966-07	113,2		
1966-08	90,92			1966-08	90,92		
1966-09	86,83			1966-09	86,83		
1966-10	82,74			1966-10	82,74		
1966-11	83,65			1966-11	83,65		
1966-12	80,92			1966-12	80,92		
1967-01	83,19			1967-01	83,19		
1967-02	83,65			1967-02	83,65		
1967-03	83,65			1967-03	83,65		
1967-04	83,65	87,01628571	11,33187951	1967-04	83,65	83,95666667	0,094044444
1967-05	86,83	85,00352381	3,336015274	1967-05	86,83	83,65	10,1124
1967-06	100,47	83,7912381	278,1810987	1967-06	100,47	87,89	158,2564
1967-07	91,38	86,39857143	24,81463061	1967-07	91,38	107,1366667	248,2725444
1967-08	101,38	85,86314286	240,7728556	1967-08	101,38	97,44333333	15,49734444
1967-09	95,92	88,09704762	61,19858395	1967-09	95,92	98,65333333	7,471111111
1967-10	88,19	91,34714286	9,96755102	1967-10	88,19	100,7666667	158,1725444
1967-11	88,19	94,66695238	41,95091215	1967-11	88,19	81,97333333	38,64694444
1967-12	80,47	95,09409524	213,8641615	1967-12	80,47	83,03666667	6,587777778
1968-01	80,92	92,87838095	143,002875	1968-01	80,92	77,89666667	9,140544444
1968-02	79,56	90,30219048	115,3946562	1968-02	79,56	75,92333333	13,22534444
1968-03	80,92	87,56266667	44,12502044	1968-03	80,92	79,40666667	2,290177778
1968-04	88,19	84,86066667	11,08446044	1968-04	88,19	80,46666667	59,64987778
1968-05	91,83	84,46485714	54,24532931	1968-05	91,83	91,52	0,0961
1968-06	96,38	84,97133333	130,1576751	1968-06	96,38	97,89	2,2801
1968-07	97,29	86,45742857	117,3446038	1968-07	97,29	100,3233333	9,201111111
1968-08	102,29	87,82247619	209,3092452	1968-08	102,29	100,6266667	2,766677778
1968-09	99,1	90,646	71,470116	1968-09	99,1	104,5633333	29,84801111
1968-10	92,74	94,38552381	2,707748608	1968-10	92,74	101,37	74,4769
1968-11	87,29	94,99647619	59,38977527	1968-11	87,29	88,49333333	1,448011111
1968-12	85,47	95,73428571	105,3555612	1968-12	85,47	81,23333333	17,94934444
1969-01	91,38	95,50533333	17,01837511	1969-01	91,38	81,23	103,0225
1969-02	92,74	95,89942857	9,981988898	1969-02	92,74	92,13666667	0,364011111
1969-03	89,56	96,56504762	49,07069215	1969-03	89,56	97,13333333	57,35537778
1969-04	88,65	95,0027619	40,35758382	1969-04	88,65	89,40666667	0,572544444
1969-05	93,2	93,01095238	0,035739002	1969-05	93,2	86,22666667	48,62737778
1969-06	99,56	91,79142857	60,35070204	1969-06	99,56	94,11	29,7025
1969-07	109,11	92,09838095	289,3951826	1969-07	109,11	104,7133333	19,33067778
1969-08	124,56	95,59647619	838,8857115	1969-08	124,56	116,5333333	64,42737778
1969-09	115,47	103,2061905	150,401024	1969-09	115,47	136,0766667	424,6347111
1969-10	96,38	108,1934286	139,5570946	1969-10	96,38	122,74	694,8496
1969-11	92,29	107,6919048	237,2186703	1969-11	92,29	83,95666667	69,44444444
1969-12	86,83	106,9352381	404,2205989	1969-12	86,83	78,2	74,4769
1970-01	87,29	104,4918095	295,9022509	1970-01	87,29	82,28333333	25,06671111
1970-02	85,92	101,4919048	242,4842179	1970-02	85,92	83,80333333	4,480277778
1970-03	85,92	97,4	131,7904	1970-03	85,92	85,77	0,0225
1970-04	88,65	93,05257143	19,38263518	1970-04	88,65	85,00666667	13,27387778
1970-05	91,83	90,37714286	2,110793878	1970-05	91,83	89,56	5,1529
1970-06	112,29	88,84790476	549,5318292	1970-06	112,29	94,71	309,0564
1970-07	101,83	92,28580952	91,09157185	1970-07	101,83	121,23	376,36
1970-08	125,02	92,13761905	1081,250977	1970-08	125,02	111,9833333	169,9546778

1970-09	102,74	98,53352381	17,69444194	1970-09	102,74	125,7766667	530,6880111
1970-10	95,01	99,10866667	16,79906844	1970-10	95,01	110,7733333	248,4826778
1970-11	91,83	99,07780952	52,53074289	1970-11	91,83	77,58	203,0625
1970-12	86,38	101,1032381	216,77374	1970-12	86,38	85,6166667	0,582677778
1971-01	87,29	101,1387619	191,7882063	1971-01	87,29	82,44333333	23,49017778
1971-02	88,19	99,15733333	120,2824004	1971-02	88,19	83,96	17,8929
1971-03	89,1	97,01342857	62,62235176	1971-03	89,1	89,0966667	1,11111E-05
1971-04	89,1	94,34533333	27,51352178	1971-04	89,1	90,00333333	0,816011111
1971-05	103,65	91,68685714	143,116787	1971-05	103,65	89,7066667	194,4165444
1971-06	127,75	92,63485714	1233,073258	1971-06	127,75	108,5	370,5625
1971-07	125,47	99,50295238	674,287562	1971-07	125,47	145,4833333	400,5335111
1971-08	125,47	105,0099048	418,6154972	1971-08	125,47	140,7766667	234,2940444
1971-09	109,11	109,9797143	0,756402939	1971-09	109,11	123,95	220,2256
1971-10	100,01	112,9382857	167,1405715	1971-10	100,01	103,6566667	13,29817778
1971-11	95,01	111,8675238	284,176109	1971-11	95,01	86,07	79,9236
1971-12	85,01	113,27	798,6276	1971-12	85,01	87,2766667	5,137777778
1972-01	86,83	109,256	502,925476	1972-01	86,83	78,34333333	72,02351111
1972-02	86,83	104,982381	329,5089342	1972-02	86,83	80,77	36,7236
1972-03	86,83	100,427619	184,8952438	1972-03	86,83	88,04333333	1,472177778
1972-04	86,83	95,13333333	68,94534444	1972-04	86,83	86,83	0
1972-05	100,47	89,97352381	110,1760124	1972-05	100,47	86,83	186,0496
1972-06	111,38	88,60990476	518,4772372	1972-06	111,38	105,0166667	40,49201111
1972-07	105,47	89,95209524	240,8053682	1972-07	105,47	124,11	347,4496
1972-08	102,74	89,08171429	186,5487687	1972-08	102,74	110,7733333	64,53444444
1972-09	105,01	89,37133333	244,5678951	1972-09	105,01	97,89	50,6944
1972-10	96,38	94,19419048	4,777763274	1972-10	96,38	103,9466667	57,25444444
1972-11	94,1	96,99628571	8,388470939	1972-11	94,1	95,0166667	0,840277778
1972-12	86,83	100,0215238	174,0163004	1972-12	86,83	87,5866667	0,572544444
1973-01	92,74	99,35561905	43,76641538	1973-01	92,74	82,8866667	97,08817778
1973-02	93,2	99,42895238	38,79984776	1973-02	93,2	89,86333333	11,13334444
1973-03	95,47	99,02314286	12,62482416	1973-03	95,47	97,29333333	3,324544444
1973-04	96,38	97,65533333	1,626475111	1973-04	96,38	96,53333333	0,023511111
1973-05	99,56	96,526	9,205156	1973-05	99,56	98,1966667	1,858677778
1973-06	120,47	95,97180952	600,1613366	1973-06	120,47	101,2266667	370,3058778
1973-07	123,2	100,6299048	509,4091991	1973-07	123,2	129,56	40,4496
1973-08	114,11	105,0548571	81,99561216	1973-08	114,11	138,05	573,1236
1973-09	120,93	108,2250476	161,415815	1973-09	120,93	112,9	64,4809
1973-10	102,74	114,5905714	140,4360432	1973-10	102,74	117,1433333	207,4560111
1973-11	101,83	114,8757143	170,1906612	1973-11	101,83	101,2233333	0,368044444
1973-12	95,47	114,5541905	364,2063261	1973-12	95,47	89,4	36,8449
1974-01	100,01	112,9301905	166,9313219	1974-01	100,01	92,7433333	52,80444444
1974-02	100,01	111,3921905	129,55426	1974-02	100,01	97,2833333	7,434711111
1974-03	98,2	109,3813333	125,0222151	1974-03	98,2	103,0366667	23,39334444
1974-04	100,01	105,5419048	30,60197029	1974-04	100,01	97,5966667	5,824177778
		EQM	190,4096629			EQM	97,09512797

PREVISÃO – CARVÃO – TABELA DE EQM

ARIMA		
Ano	REAL	PREVISTO
1920	569	
1921	416	
1922	422	
1923	565	
1924	484	
1925	520	
1926	573	
1927	518	
1928	501	
1929	505	532 719
1930	468	549 6633

REDES NEURAIS		
Ano	REAL	PREVISTO
1920	569	
1921	416	
1922	422	
1923	565	
1924	484	
1925	520	
1926	573	
1927	518	
1928	501	
1929	505	552 2187
1930	468	569 10144

1931	382	509	16185	1931	382	560	31590
1932	310	428	13990	1932	310	514	41500
1933	334	362	804	1933	334	430	9196
1934	359	304	3068	1934	359	321	1481
1935	372	279	8561	1935	372	233	19242
1936	439	291	21986	1936	439	192	61199
1937	446	332	13066	1937	446	220	51058
1938	349	377	793	1938	349	315	1138
1939	395	385	93	1939	395	372	509
1940	461	416	2058	1940	461	415	2134
1941	511	455	3127	1941	511	449	3852
1942	583	488	8993	1942	583	455	16270
1943	590	544	2131	1943	590	493	9315
1944	620	590	930	1944	620	556	4053
1945	578	633	3049	1945	578	635	3294
1946	534	658	15397	1946	534	707	30026
1947	631	654	526	1947	631	715	7032
1948	600	656	3130	1948	600	710	12050
1949	438	635	38700	1949	438	718	78517
1950	516	545	817	1950	516	616	10061
1951	534	506	767	1951	534	532	5
1952	467	498	937	1952	467	504	1392
1953	457	465	70	1953	457	453	14
1954	392	448	3145	1954	392	437	2053
1955	467	403	4139	1955	467	403	4084
1956	500	393	11526	1956	500	361	19336
1957	493	433	3660	1957	493	369	15341
1958	410	471	3684	1958	410	435	635
1959	412	431	377	1959	412	437	604
1960	416	419	10	1960	416	449	1117
1961	403	423	397	1961	403	452	2376
1962	422	410	139	1962	422	418	15
1963	459	408	2576	1963	459	385	5439
1964	467	406	3748	1964	467	377	8130
1965	512	424	7710	1965	512	376	18386
1966	534	473	3758	1966	534	413	14599
1967	552	528	584	1967	552	483	4816
1968	545	562	296	1968	545	551	31
EQM				EQM			
5307				12606			

PREVISÃO – CASOS DE SARAMPO – TABELA DE EQM

ARIMA			REDES NEURAIS		
Month	REAL	PREVISTO	Month	REAL	PREVISTO
1928-01	609		1928-01	609	
1928-02	1516		1928-02	1516	
1928-03	4952		1928-03	4952	
1928-04	7466		1928-04	7466	
1928-05	11155		1928-05	11155	
1928-06	7002		1928-06	7002	
1928-07	1315		1928-07	1315	
1928-08	189		1928-08	189	
1928-09	74		1928-09	74	
1928-10	119		1928-10	119	
1928-11	287		1928-11	287	
1928-12	324		1928-12	324	
1929-01	288		1929-01	288	
1929-02	241		1929-02	241	
1929-03	347		1929-03	347	
1929-04	378		1929-04	378	
1929-05	498	-835,875	1929-05	498	81,78958333
		1779222,516			173231,1109

1929-06	324	-1526,575	3424627,831	1929-06	324	568,48125	59771,0816
1929-07	151	-956,6993464	1226997,842	1929-07	151	652,3041667	251305,8675
1929-08	69	-1570,673203	2688528,211	1929-08	69	430,1993056	130464,9383
1929-09	44	-2075,326797	4491546,074	1929-09	44	218,3958333	30413,90668
1929-10	42	-2108,013072	4622556,209	1929-10	42	109,5465278	4562,533415
1929-11	34	-1716,281046	3063483,739	1929-11	34	10,06527778	572,8709279
1929-12	121	-698,5359477	671639,1696	1929-12	121	-79,9576389	40383,97263
1930-01	316	13,7254902	91369,87928	1930-01	316	-132,808333	201428,9201
1930-02	781	160,8431373	384594,5344	1930-02	781	-158,497917	882656,3354
1930-03	1870	283,6928105	2516370,5	1930-03	1870	-140,947917	4043911,524
1930-04	5309	621,9019608	21968888,03	1930-04	5309	-227,332639	30650979,09
1930-05	7499	1695	33686416	1930-05	7499	356,9277778	51009195,63
1930-06	5386	3174,960784	4888694,413	1930-06	5386	2030,461806	11259636,57
1930-07	1386	4048,79085	7090455,109	1930-07	1386	3902,510417	6332824,677
1930-08	211	3929,771242	13829259,55	1930-08	211	4643,022222	19642820,98
1930-09	107	3521,96732	11662001,8	1930-09	107	4287,303472	17474937,12
1930-10	128	3105,496732	8865486,789	1930-10	128	2914,830556	7766424,545
1930-11	219	2702,45098	6167528,772	1930-11	219	969,5138889	563271,0974
1930-12	423	2340,215686	3675715,988	1930-12	423	-801,390278	1499131,552
1931-01	750	2006,039216	1577634,511	1931-01	750	-1931,75486	7191809,135
1931-02	2010	1719,973856	84115,16408	1931-02	2010	-2299,52847	18572035,65
1931-03	4858	1691,444444	10027074,09	1931-03	4858	-1824,22569	44652140,23
1931-04	6172	2254,477124	15346985,48	1931-04	6172	-335,713889	42350340,06
1931-05	7095	3014,856209	16647573,35	1931-05	7095	1393,48125	32507316,06
1931-06	4238	3859,104575	143561,743	1931-06	4238	3550,805556	472236,2045
1931-07	907	3941,385621	9207496,096	1931-07	907	5075,229167	17374134,39
1931-08	165	3228,20915	9383250,299	1931-08	165	5084,48125	24201295,77
1931-09	43	2399,339869	5552337,58	1931-09	43	3908,086111	14938890,65
1931-10	54	1697,79085	2702048,357	1931-10	54	2116,298611	4253075,561
1931-11	93	1484,052288	1935026,467	1931-11	93	24,93888889	4632,314846
1931-12	134	1668,294118	2354058,439	1931-12	134	-1610,94861	3044845,655
1932-01	146	1730,653595	2511127,015	1932-01	146	-2286,43264	5916728,543
1932-02	270	1375,784314	1222758,948	1932-02	270	-2230,55139	6252757,248
1932-03	621	919,1895425	88917,00325	1932-03	621	-1476,36181	4398926,543
1932-04	1096	525,8431373	325078,8481	1932-04	1096	-544,155556	2690110,246
1932-05	2271	230,7189542	4162746,746	1932-05	2271	61,31736111	4882697,365
1932-06	2537	189,620915	5510188,569	1932-06	2537	634,3652778	3620018,886
1932-07	1081	194,0653595	786653,0566	1932-07	1081	1312,219444	53462,43149
1932-08	288	-123,751634	169539,4081	1932-08	288	1616,388194	1764615,195
1932-09	118	-459,5751634	333593,0694	1932-09	118	1567,931944	2102302,644
1932-10	149	-427,124183	331919,0742	1932-10	149	1264,797917	1245004,991
1932-11	594	-123,0784314	514201,4767	1932-11	594	639,4055556	2061,664475
1932-12	1183	518,6078431	441416,9381	1932-12	1183	-30,3430556	1472201,37
1933-01	1960	1045,189542	836878,1732	1933-01	1960	-415,6625	5643772,314
1933-02	4699	1368,915033	11089465,89	1933-02	4699	-685,535417	28993221,65
1933-03	9635	2183,666667	55522368,44	1933-03	9635	-523,467361	103194459,1
1933-04	9573	3990,457516	31164780,58	1933-04	9573	1340,852083	67768259,32
1933-05	6605	5596,830065	1016406,617	1933-05	6605	3952,115972	7037793,665
1933-06	2697	6362,098039	13432943,64	1933-06	2697	6204,538889	12302829,06
1933-07	601	6136,594771	30642809,47	1933-07	601	7033,827778	41381273,22
1933-08	139	5396,627451	27642646,41	1933-08	139	6085,804861	35364488,06
1933-09	50	4561,281046	20351656,67	1933-09	50	3687,334028	13230198,83
1933-10	55	3754,607843	13687098,19	1933-10	55	908,3333333	728177,7778
1933-11	71	3022,333333	8710368,444	1933-11	71	-1552,69931	2636399,435
1933-12	131	2467,620915	5459797,301	1933-12	131	-3079,41667	10306775,17
1934-01	133	2004,150327	3501203,545	1934-01	133	-3192,07639	11056132,99
1934-02	168	1397,973856	1512835,687	1934-02	168	-2366,88333	6425633,514
1934-03	431	714,503268	80374,10295	1934-03	431	-1199,64861	2659014,893
1934-04	652	69,60784314	339180,6244	1934-04	652	-206,516667	737050,8669
1934-05	1414	-528,2614379	3772379,493	1934-05	1414	302,0569444	1236417,359
1934-06	1317	-908,4901961	4952806,613	1934-06	1317	600,0520833	514014,3152
1934-07	422	-1249,359477	2793442,502	1934-07	422	859,8152778	191682,2175

1934-08	95	-1690,176471	3186855,031	1934-08	95	923,6618056	686680,388
1934-09	47	-1815,464052	3468772,346	1934-09	47	836,4736111	623268,5826
1934-10	45	-1215,915033	1589906,72	1934-10	45	638,6430556	352412,0774
1934-11	86	-436,9150327	273440,1314	1934-11	86	287,2548611	40503,51912
1934-12	205	150,0457516	3019,969413	1934-12	205	-80,3388889	81418,28151
1935-01	508	380,4248366	16275,42232	1935-01	508	-318,341667	682840,5501
1935-02	1576	453,0130719	1261099,641	1935-02	1576	-501,16875	4314630,016
1935-03	4357	704,3660131	13341735,04	1935-03	4357	-561,622917	24192851,4
1935-04	6630	1533,908497	25970148,61	1935-04	6630	-5,77986111	44033574,37
1935-05	6813	2784,764706	16226679,58	1935-05	6813	1316,268056	30214062,07
1935-06	5182	3949,457516	1519160,974	1935-06	5182	3076,027083	4435121,926
1935-07	1975	4627,352941	7034976,125	1935-07	1975	4740,275694	7646749,666
1935-08	358	4493,803922	17104874,08	1935-08	358	5276,900694	24195584,04
1935-09	67	3969,379085	15228562,52	1935-09	67	4456,251389	19265527,75
1935-10	136	3410,941176	10725239,71	1935-10	136	2707,992361	6615144,706
1935-11	333	2903,862745	6609335,254	1935-11	333	603,9673611	73423,31079
1935-12	555	2550,287582	3981172,534	1935-12	555	-1262,68125	3303965,127
1936-01	1426	2254,562092	686515,1395	1936-01	1426	-2300,77986	13888888,13
1936-02	4054	2050,339869	4014653,919	1936-02	4054	-2495,79306	42899789,07
1936-03	7376	2367,686275	25083206,37	1936-03	7376	-1704,41806	82453992,06
1936-04	8792	3339,352941	29731359,95	1936-04	8792	274,8104167	72542518,4
1936-05	8247	4481,718954	14177341,35	1936-05	8247	2793,050694	29745563,03
1936-06	4738	5336,823529	358589,6194	1936-06	4738	5368,918056	398057,5928
1936-07	1143	5267,686275	17013036,86	1936-07	1143	6917,286806	33342388,11
1936-08	213	4350,385621	17117959,78	1936-08	213	6556,452778	40239393,14
1936-09	87	3353,575163	10670513,3	1936-09	87	4715,644444	21424349,39
1936-10	99	2719,019608	6864502,745	1936-10	99	2126,093056	4109106,256
1936-11	154	2467,980392	5354505,255	1936-11	154	-554,023611	501297,4339
1936-12	219	2381,143791	4674865,772	1936-12	219	-2447,68056	7111185,185
1937-01	235	2226,117647	3964549,484	1937-01	235	-3079,55069	10986246,31
1937-02	365	1752,745098	1925836,457	1937-02	365	-2712,72292	9472378,352
1937-03	1075	1131,006536	3136,732069	1937-03	1075	-1702,06528	7712091,557
1937-04	2253	628,869281	2637800,592	1937-04	2253	-597,095139	8123042,301
1937-05	3546	377,7647059	10037714,88	1937-05	3546	252,0180556	10850317,05
1937-06	3058	398,2352941	7074348,291	1937-06	3058	1167,489583	3574029,636
1937-07	880	276,2810458	364476,5757	1937-07	880	2081,977778	1444750,578
1937-08	247	-264,8954248	262036,926	1937-08	247	2356,370833	4449445,313
1937-09	84	-592,503268	457656,6716	1937-09	84	2145,292361	4248926,198
1937-10	90	-447,4379085	288839,5055	1937-10	90	1543,045139	2111340,176
1937-11	136	27,03921569	11872,45252	1937-11	136	629,7902778	243828,8384
1937-12	122	611,124183	239242,4664	1937-12	122	-267,988889	152091,3335
1938-01	519	892,4444444	139460,7531	1938-01	519	-876,624306	1947767,202
1938-02	1585	882,5620915	493419,0153	1938-02	1585	-1183,31736	7663581,012
1938-03	5713	1000,235294	22210151,17	1938-03	5713	-1287,15486	49002168,08
1938-04	10018	1991,869281	64418774,32	1938-04	10018	-558,217361	111856373,7
1938-05	8634	3831,424837	23064728,2	1938-05	8634	1685,759028	48278052,61
1938-06	6253	5176,124183	1159661,525	1938-06	6253	4228,277083	4099502,889
1938-07	1231	5833,934641	21187007,3	1938-07	1231	6539,861806	28184013,67
1938-08	239	5259,522876	25205649,95	1938-08	239	6945,647917	44979126,28
1938-09	75	4462,130719	19246915,95	1938-09	75	5647,919444	31057431,13
1938-10	56	3723,575163	13451107,58	1938-10	56	3122,459028	9403170,969
1938-11	110	3154,392157	9268323,605	1938-11	110	378,9743056	72347,17705
1938-12	171	2809,30719	6960664,826	1938-12	171	-2054,12847	4951196,718
1939-01	224	2481,359477	5095671,809	1939-01	224	-3202,14444	11738465,75
1939-02	219	1937,091503	2951838,414	1939-02	219	-3009,77292	10424974,55
1939-03	361	1321,830065	923194,4145	1939-03	361	-2064,30903	5882123,88
1939-04	517	717,3660131	40146,53919	1939-04	517	-756,821528	1622621,285
1939-05	969	142,9215686	682405,5748	1939-05	969	89,86944444	772870,5337
1939-06	738	-333,4379085	1147979,192	1939-06	738	608,4666667	16778,88444
1939-07	274	-879,2941176	1330087,322	1939-07	274	779,4402778	255469,8744
1939-08	110	-1488,444444	2555024,642	1939-08	110	708,5902778	358310,3207
1939-09	36	-1989,888889	4104225,79	1939-09	36	533,6277778	247633,4052

1939-10	54	-1939,248366	3973039,049	1939-10	54	363,8611111	96013,90818
1939-11	60	-1210,54902	1614294,811	1939-11	60	138,0083333	6085,300069
1939-12	91	-466,0588235	310314,5329	1939-12	91	-68,39375	25406,36754
1940-01	90	142,1960784	2724,430604	1940-01	90	-188,141667	77362,78674
1940-02	207	214,5816993	57,48216498	1940-02	207	-254,610417	213084,1768
1940-03	268	205,6666667	3885,444444	1940-03	268	-183,15625	203541,9619
1940-04	533	189,496732	117994,4951	1940-04	533	-75,0027778	369667,3778
1940-05	1365	225,9477124	1297440,114	1940-05	1365	-16,7284722	1909173,571
		EQM	7429895,715			EQM	12826212,37

PREVISÃO – TEMPERATURA – TABELA DE EQM

ARIMA				REDES NEURAIS			
Mês	REAL	PREVISTO		Mês	REAL	PREVISTO	
1723-01	1,1			1723-01	1,1		
1723-02	4,4			1723-02	4,4		
1723-03	7,5			1723-03	7,5		
1723-04	8,9			1723-04	8,9		
1723-05	11,7			1723-05	11,7		
1723-06	15			1723-06	15		
1723-07	15,3			1723-07	15,3		
1723-08	15,6			1723-08	15,6		
1723-09	13,3			1723-09	13,3		
1723-10	11,1			1723-10	11,1		
1723-11	7,5	17,56666667	101,3377778	1723-11	7,5	8,9	1,96
1723-12	5,8	13,93333333	66,15111111	1723-12	5,8	3,9	3,61
1724-01	5,6	10,07333333	20,01071111	1724-01	5,6	4,1	2,25
1724-02	4,2	6,866666667	7,111111111	1724-02	4,2	5,4	1,44
1724-03	4,7	3,6	1,21	1724-03	4,7	2,8	3,61
1724-04	7,2	1,593333333	31,43471111	1724-04	7,2	5,2	4
1724-05	11,4	1,933333333	89,61777778	1724-05	11,4	9,7	2,89
1724-06	15,3	4,553333333	115,4908444	1724-06	15,3	15,6	0,09
1724-07	15	9,073333333	35,12537778	1724-07	15	19,2	17,64
1724-08	16,2	12,88	11,0224	1724-08	16,2	14,7	2,25
1724-09	14,4	16,46666667	4,271111111	1724-09	14,4	17,4	9
1724-10	8,6	18,03333333	88,98777778	1724-10	8,6	12,6	16
1724-11	5,3	16,36666667	122,4711111	1724-11	5,3	2,8	6,25
1724-12	3,3	13,14	96,8256	1724-12	3,3	2	1,69
1725-01	4,4	8,76	19,0096	1725-01	4,4	1,3	9,61
1725-02	3,3	5,013333333	2,935511111	1725-02	3,3	5,5	4,84
1725-03	5	1,513333333	12,15684444	1725-03	5	2,2	7,84
1725-04	8,1	0,073333333	64,42737778	1725-04	8,1	6,7	1,96
1725-05	10,8	1,34	89,4916	1725-05	10,8	11,2	0,16
1725-06	12,2	4,086666667	65,82617778	1725-06	12,2	13,5	1,69
1725-07	13,8	7,993333333	33,71737778	1725-07	13,8	13,6	0,04
1725-08	13,3	12,32666667	0,947377778	1725-08	13,3	15,4	4,41
1725-09	12,8	14,95333333	4,636844444	1725-09	12,8	12,8	0
1725-10	9,4	16,18666667	46,05884444	1725-10	9,4	12,3	8,41
1725-11	6,9	15,02666667	66,04271111	1725-11	6,9	6	0,81
1725-12	3,9	12,75333333	78,38151111	1725-12	3,9	4,4	0,25
1726-01	1,1	8,82	59,5984	1726-01	1,1	0,9	0,04
1726-02	4,2	4,18	0,0004	1726-02	4,2	-1,7	34,81
1726-03	4,2	1,866666667	5,444444444	1726-03	4,2	7,3	9,61
1726-04	8,4	0,533333333	61,88444444	1726-04	8,4	4,2	17,64
1726-05	13,4	1,693333333	137,0460444	1726-05	13,4	12,6	0,64
1726-06	16,4	5,533333333	118,0844444	1726-06	16,4	18,4	4
1726-07	16	10,46666667	30,61777778	1726-07	16	19,4	11,56
1726-08	15,6	14,9	0,49	1726-08	15,6	15,6	0
1726-09	14,7	18,05333333	11,24484444	1726-09	14,7	15,2	0,25
1726-10	10,2	19,76666667	91,52111111	1726-10	10,2	13,8	12,96
1726-11	6,1	18,36	150,3076	1726-11	6,1	5,7	0,16

1726-12	1,8	14,14666667	152,4401778
1727-01	4,2	8,706666667	20,31004444
1727-02	5	4,386666667	0,376177778
EQM		52,85162778	

1726-12	1,8	2	0,04
1727-01	4,2	-2,5	44,89
1727-02	5	6,6	2,56
EQM		6,2965	