

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Departamento de Estatística

Análise de Preço do Ouro (EUA) Séries Temporais

**Douglas de Paula Nestlehner
Eric Sato
Hélio Mota Ezequiel
Letícia Ap. da Silva**

Novembro, 2021

Sumário

1	Introdução	2
1.1	Análise Descritiva dos Dados	2
1.2	Estacionariedade	5
1.2.1	Variabilidade	6
1.2.2	Tendência	7
1.2.3	Série Diferenciada	7
1.3	Estimação do Modelo	8
1.3.1	Modelo AUTO-ARIMA	8
1.3.2	Diagnóstico do Modelo	9
1.3.3	Previsão	11
1.3.4	Pontos Influentes	11
1.4	Impacto do 11 de Setembro	12

Capítulo 1

Introdução

O mercado de ouro, assim como o mercado de ações, integra o grupo dos chamados mercados de risco, já que suas cotações variam segundo a lei da oferta e da procura. Um grande centro de negócios é a Bolsa de Mercadorias de Nova York (COMEX), onde só se opera em mercado futuro. Há também, nesta praça, um forte mercado de balcão para o ouro físico.

Este estudo terá como objetivo apresentar uma análise de série temporal dos dados mensais do preço do ouro nos Estados Unidos, o país com a maior reserva de ouro do mundo. Para isso, utilizamos a base de dados "Monthly Gold Prices" retirada da plataforma Kaggle ([link](#)). Essa base contém dados mensais de janeiro de 1979 a julho de 2021, dos principais países comerciantes de ouro (Estados Unidos, Japão, Reino Unido, Canadá, Suíça, Índia, China, Turquia, Arábia Saudita, Indonésia, Emirados Árabes Unidos, Tailândia, Vietnã, Egito, Coreia do Sul, Austrália e África do Sul) e a Europa, contendo a informação do preço do ouro (moeda local) na região.

A seguir, vamos apresentar uma análise descritiva da série (medidas resumo, tendência, sazonalidade e variância), ajustaremos um modelo adequado para a série e então faremos previsões de suavização exponencial.

Após, todos os ensinamentos vistos durante a disciplina de Séries Temporais, apresentamos nesse capítulo os resultados obtidos a partir das técnicas e metodologias estudadas para o banco de dados relacionado ao preço de ouro nos Estados Unidos da América. Caso alguma dúvida relacionada a parte computacional venha a surgir o Apêndice no fim do documento apresenta o raciocínio utilizado para geração dos resultados.

1.1 Análise Descritiva dos Dados

Como citado anteriormente analisamos apenas os dados dos preço de ouro mensal dos Estados Unidos. Na Tabela 1.1 esta representado as primeiras e ultimas informações dos dados a serem analisados:

Calculamos algumas medidas descritivas (variável "United States(USD)"), com o intuito de termos informações sobre os nossos dados, os resultados obtidos podem ser ob-

Observações	Data	United States(USD)
1	31-01-1979	233.7
2	28-02-1979	251.3
3	30-03-1979	240.1
4	30-04-1979	245.3
...
508	30-04-2021	1767.7
509	31-05-2021	1900.0
510	30-06-2021	1763.2
511	30-07-2021	1825.8

Tabela 1.1: Dados analisados

servados na Tabela 1.2

Mínimo	1ºQ.	Mediana	Média	3ºQ.	Máximo
2337	3542	4151	6937	11666	19649

Tabela 1.2: Medidas Descritivas

Também plotamos um histograma dos valores observados incluindo nele a mediana e a média, representado na Figura 1.1

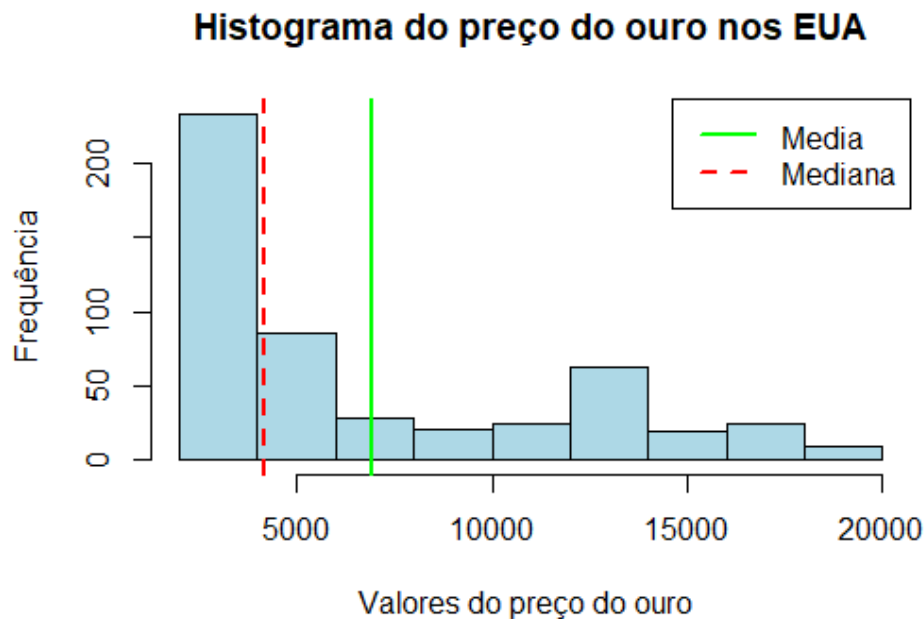


Figura 1.1: Histograma da frequência da série temporal.

Nele pode-se notar que a maior parte das observações são valores próximos a 5000, além disso, os valores parecem estar distribuídos de forma desigual. Entretanto, sabemos que essa não é a melhor forma de observar a distribuição dos valores, como se trata de uma série temporal o mais indicado é plotarmos o gráfico completo da série. Sendo assim, será possível identificar mais características da série.

Assim sendo, definimos os dados como série temporal, e como se trata de dados mensais temos que a frequência/período é igual a 12. Em seguida plotamos o gráfico da série, representado na Figura 1.2

É possível observar que até o ano de 2001 o preço do ouro não teve grandes mudanças, manteve-se sempre em torno de \$ 500 (USD), e a partir desse ano teve uma alta alcançando valores bem mais elevados, assim sendo, algumas suposições e observações sobre a série podem ser feitas:

- Aparentemente a série não tem sazonalidade;

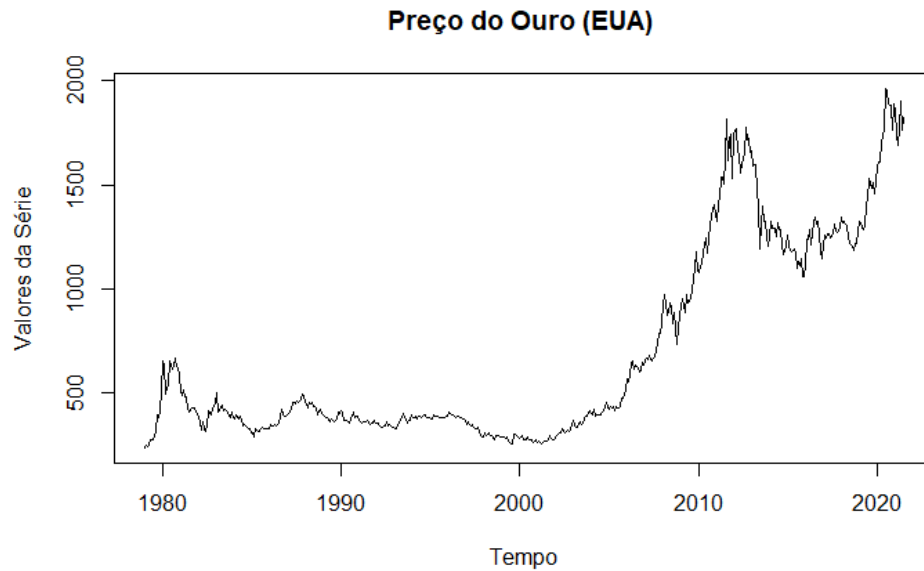


Figura 1.2: Gráfico da série temporal.

- A tendência pode ser observada de forma clara depois de 2001;
- A variância;

1.2 Estacionariedade

Agora vamos verificar se a série é estacionária ou não, e caso não seja vamos utilizar de técnicas que foram apresentadas no curso, para transforma-la de tal modo que se torne estacionária.

Para que uma série seja considerada estacionária a série não deve aumentar ou diminuir linearmente ou exponencialmente com o tempo (sem tendências), não apresentar nenhum tipo de padrão de repetição (sem sazonalidade), e apresentar variância constante.

Para ter uma visão geral da série em relação a estacionariedade, plotamos o gráfico de decomposição da série, representado na Figura 1.3

Observa-se que a tendência ao longo da série toda não é presente, e a sazonalidade não existe, mas também realizamos alguns testes e outras análises para poder provar.

Para provar a não estacionariedade realizamos o teste de Dickey-Fuller para verificar se a série é estacionária, que tem como hipóteses:

$$H_0 : \phi = 1 \text{ (A série não é estacionária)}$$

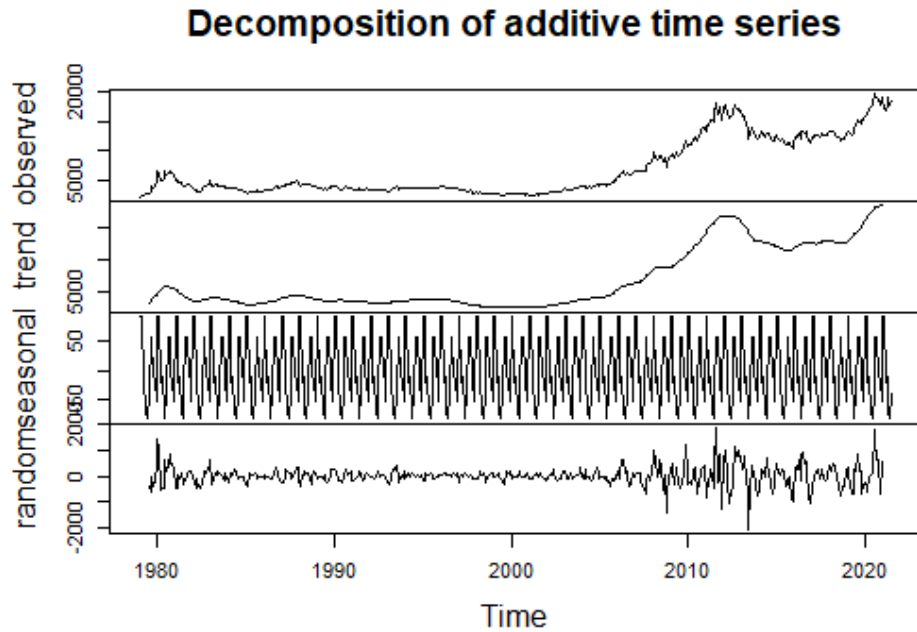


Figura 1.3: Decomposição da Série

$$H_1 : \phi < 1 \text{ (A série é estacionária)}$$

Como o p-valor = 0.850 é maior que $\alpha = 5\%$ não rejeitamos H_0 . Isto é, ao nível de significância de 5% há evidências de que a série não é estacionária.

1.2.1 Variabilidade

Com o intuito de verificar se a variância é constante ao longo do tempo, analisaremos o gráfico da amplitude média abaixo. Ajustaremos o valor do parâmetro k de acordo com o tamanho do período da sazonalidade da série, que é de 12 meses.

E de forma bem clara é possível ver que a linha central vermelha cresce no decorrer do período, o que demonstra que a variabilidade da série não é constante. Fato já esperado pelo grupo por se tratar de uma série relacionada com bolsas de valores.

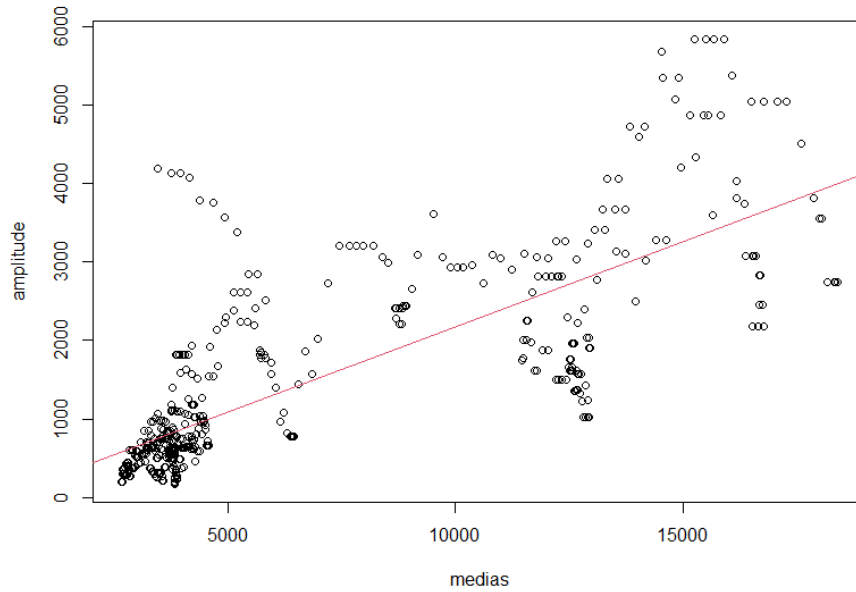


Figura 1.4: Medidas descritivas

1.2.2 Tendência

Considerando a série temporal do preço do Ouro nos E.U.A. como:

$$(Z_t), \{t = 1989, \dots, 2021\}$$

Realizaremos o teste de Cox-Stuart para verificar se existe tendência na série, que tem como hipóteses:

$$H_0 : P(Z_t < z_{i+c}) = P(Z_t > z_{i+c}) \text{ (A série não possui tendência)}$$

$$H_1 : P(Z_t < z_{i+c}) \neq P(Z_t > z_{i+c}) \text{ (A série possui tendência)}$$

Como o p-valor < 0.001 é menor que $\alpha = 5\%$, rejeitamos H_0 . Isto é, ao nível de significância de 5% há evidências de que a série possui tendência, como esperado.

1.2.3 Série Diferenciada

Concluimos anteriormente que a série não é estacionária, então calculamos a série diferenciada e verificamos estacionariedade, pelos mesmos métodos apresentados anteriormente, verificando tendência, sazonalidade e variabilidade constante. Também realizamos o teste de Dickey Fuller obtendo:

Teste de Dickey-Fuller

$$\text{valor-p} = 0.01$$

Concluindo que ao nível de significância $\alpha = 0.05$ rejeita-se H_0 , ou seja, a série é estacionária. Então para as próximas análises utilizamos a série diferenciada.

1.3 Estimação do Modelo

Nessa seção iremos estimar um modelo que descreva a série em que estamos analisando.

1.3.1 Modelo AUTO-ARIMA

Para realizarmos a estimação da nossa série para uma possível previsão no futuro. Utilizamos a função 'auto.arima' para gerar o seguinte modelo ARIMA:

$$Modelo = SARIMA(2, 1, 2)(2, 0, 0)_{12}$$

Os coeficientes encontrados foram:

$$ar1 = -1.3866$$

$$ar2 = -0.9783$$

$$ma1 = 1.3588$$

$$ma2 = 0.9363$$

$$sar1 = 0.0632$$

$$sar2 = 0.0291$$

$$drift = 31.9308$$

Além disso, apresentamos os critérios de seleção do Modelo:

Tabela 1.3: Critérios de seleção do modelo

Variável	Valor <i>Modelo</i>
$\hat{\sigma}^2$	189770
AIC	7655.23
AICc	7655.51
BIC	7689.1

1.3.2 Diagnóstico do Modelo

Com o intuito de verificar se o modelo escolhido foi adequado, vamos testar as suposições acima dos erros. Assim, faremos uma análise descritiva destes:

Tabela 1.4: Medidas descritivas dos resíduos

Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
-2009.6583	-157.7667	-18.8665	-0.5637	146.2764	1863.3746

Também traremos um histograma dos resíduos.

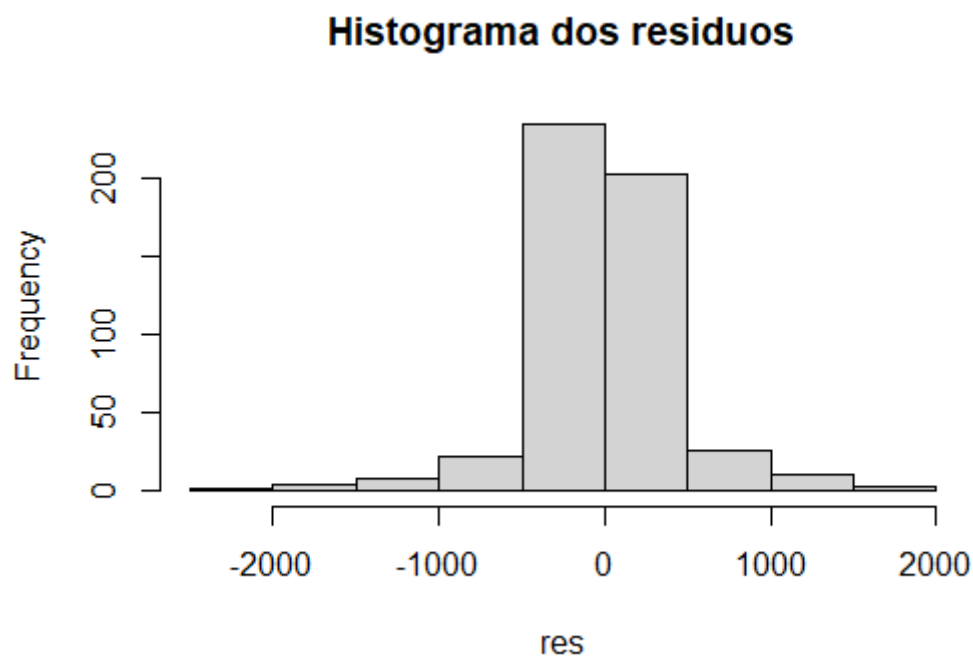


Figura 1.5: Histograma dos Resíduos.

Podemos verificar que há um ponto aparentemente um outlier à esquerda do gráfico, fazendo com que sua cauda fique um pouco maior à esquerda, porém este gráfico aparenta uma distribuição normal.

Abaixo na Figura 1.6, verificaremos o plot dos resíduos do modelo.

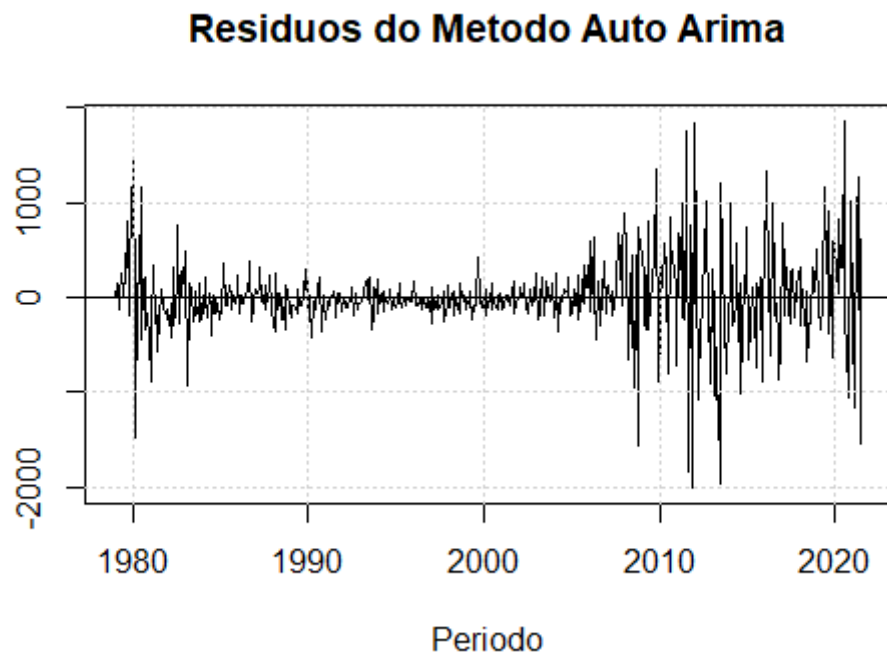


Figura 1.6: Resíduos do modelo

Podemos verificar que no início do gráfico os valores estão em torno de zero, porém ao final podemos notar que há um aumento na variabilidade.

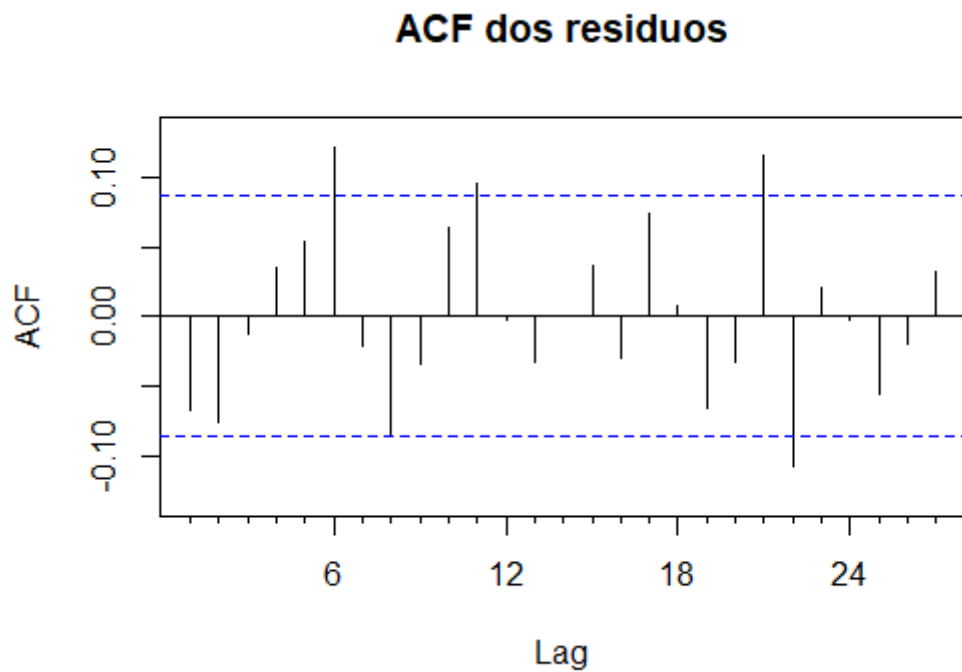


Figura 1.7: ACF dos resíduos.

1.3.3 Previsão

A seguir, mostraremos o gráfico contendo o modelo de previsão para a série.

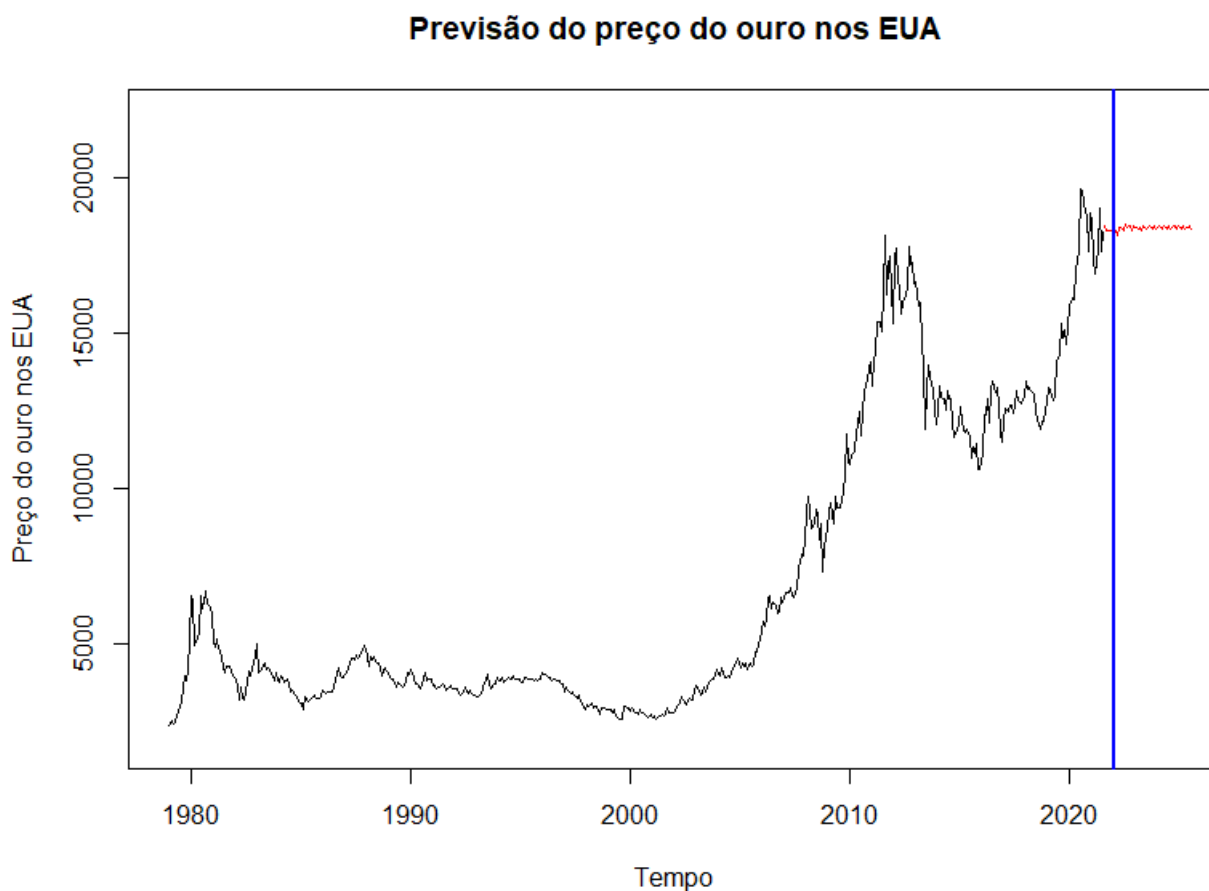


Figura 1.8: Gráfico mostrando a previsão do modelo.

Podemos verificar que nosso modelo de previsão não foi muito boa, visto que a previsão ficou parecida como uma reta.

Uma explicação para isso ter ocorrido, pode ser explicado pelo fato de que o preço do ouro é muito variável de acordo com o tempo. Assim, fica difícil realizar uma previsão perto da realidade, situação esta que seria muito interessante se pudesse ocorrer na realidade já que muitos investidores estariam interessados em conseguir prever a variação do preço do ouro.

1.3.4 Pontos Influentes

Afim de verificar possíveis casos que estejam interferindo no modelo, encontramos os pontos influentes que representados na Figura 1.9

```
> detectio(modelo_autoarima)
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]      [,5]      [,6]      [,7]      [,8]
ind    13.000000  15.00000 358.000000 371.000000 392.000000 393.000000 396.000000 397.000000
lambda1 4.207019 -4.32815  -4.607465  4.001954  5.167625  -5.437938  -5.920809  5.408151
      [,9]      [,10]     [,11]     [,12]
ind   414.00000 446.000000 499.000000 510.000000
lambda1 -5.75981  3.907835  5.489831  -4.532736
```

Figura 1.9: Pontos Influentes no modelo

Observamos que nosso modelo apresenta 12 pontos influentes. Mas optamos por manter esses casos.

1.4 Impacto do 11 de Setembro

Com o acontecimento do trágico atentado as torres gemias em Nova Iorque (EUA), a bolsa de valores ficou 4 dias fechada e a perda total foi de 1.4 Trilhões de dólares. Somado a isso, tivemos o início da 'guerra ao terror' e a soma de todos estes eventos fez com que o mundo de investidores migrasse para o ouro e impactando no aumento do preço e até em crises futuras. Portanto, o grupo decidiu utilizar mais uma das técnicas vistas em aula e expor o impacto no preço do ouro (EUA) após o 11 de setembro de 2001.

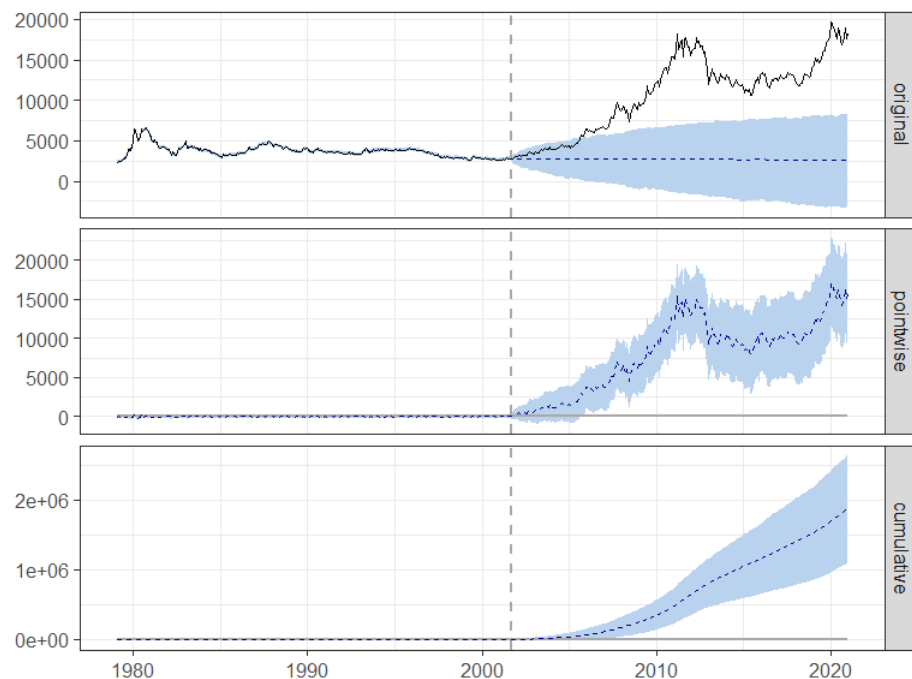


Figura 1.10: Gráfico do efeito do 11 de Setembro do preço do ouro nos EUA.

Ao analisar a Figura 2.12, percebemos o impacto no aumento do valor, além de uma disparada na tendência crescente, indicativo de que o valor presenciado ainda pode vir a aumentar para os próximos anos.