Modelos Sazonais

Aula 06

Bueno (2011) – Seção 3.11

Enders, 2004 – Capítulo 2

Morettin (2011) – Seção 3.6

Morettin e Toloi, 2006 – Capítulo 10

Introdução

Muitas séries econômicas podem apresentar uma componente sazonal, em decorrência de safras agrícolas, férias, clima ou datas especiais como, por exemplo, Natal.

Essa tal componente sazonal pode aparecer quando são feitas observações intra-anuais para a série de interesse, isto é, os dados são registrados mensalmente, trimestralmente ou semanalmente, por exemplo.

Introdução

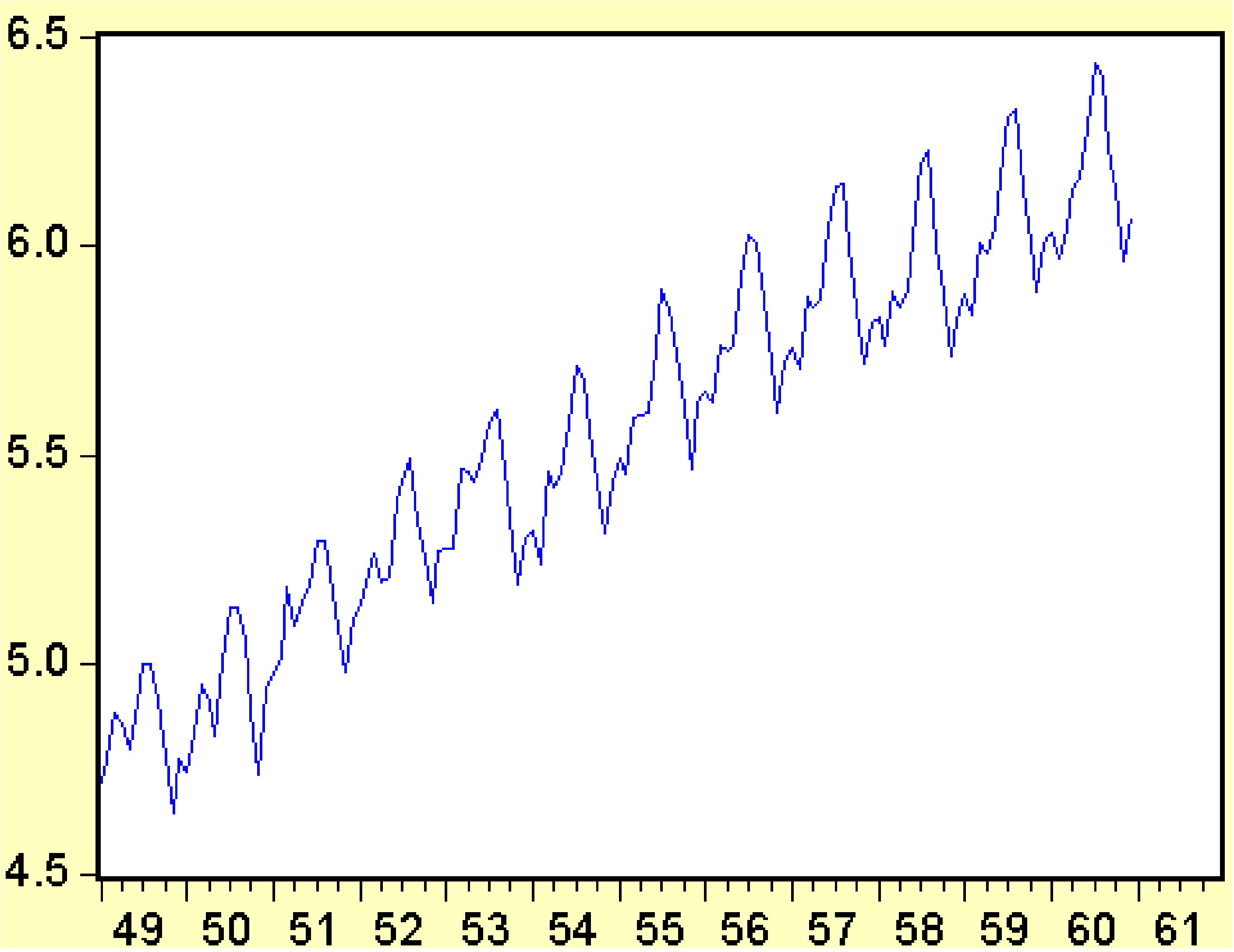
Um modelo clássico para séries temporais supõe que uma série temporal Z_t, t = 1, ..., *n*, possa ser escrita como a soma de três componentes: uma tendência, uma componente sazonal e um termo aleatório:

$$Z_t = T_t + S_t + a_t, \qquad t = 1, \ldots, n \qquad (1)$$

No *slide*, a seguir, temos um exemplo de uma série temporal com as componentes tendência e sazonalidade entrando de forma aditiva no PGD.

Exemplo

(Série temporal com componentes aditivos)



Introdução

O processo descrito em (1) é dito aditivo e é adequado, por exemplo, quando S_t não depende das outras componentes, como T_t.

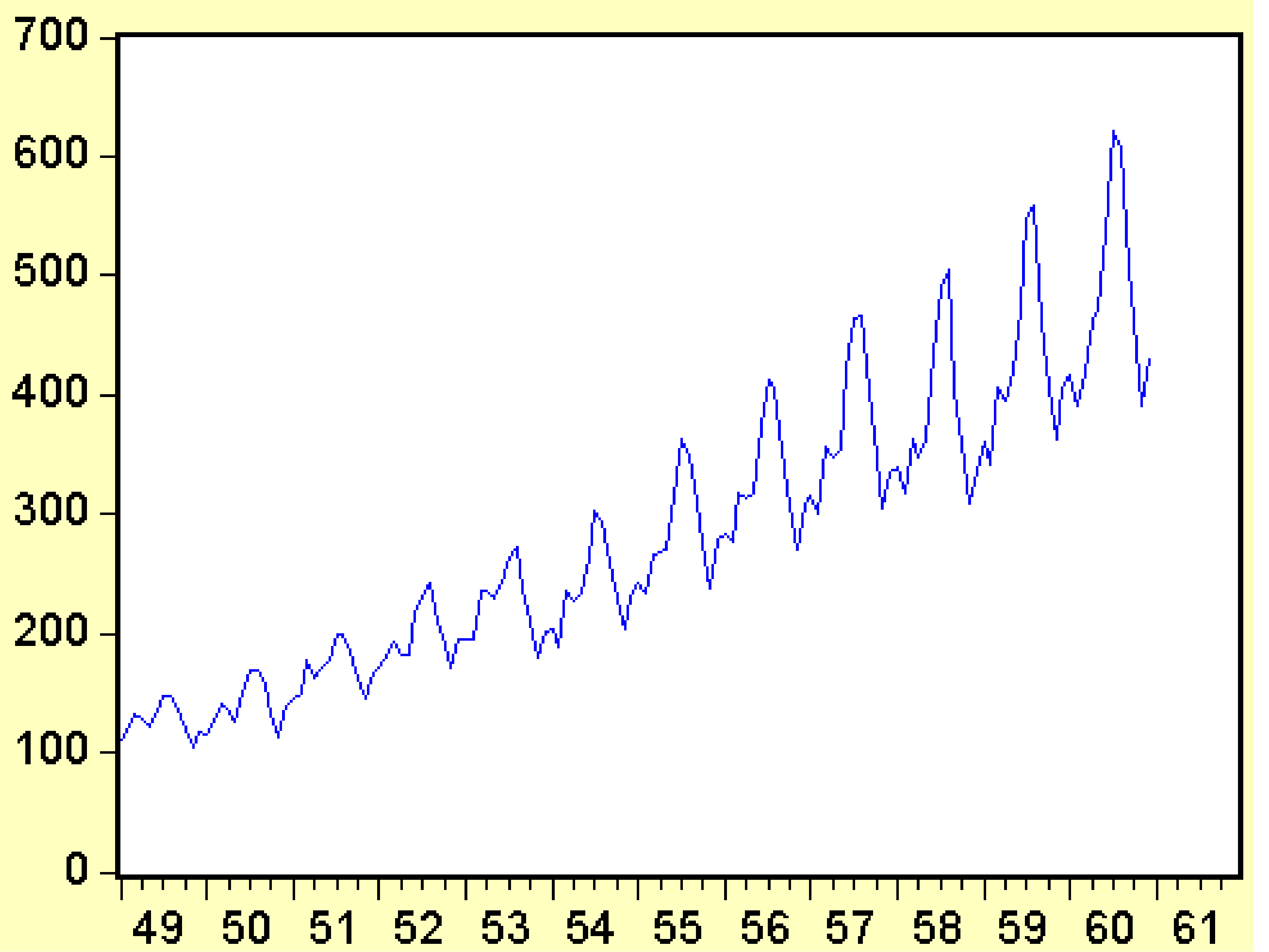
Porém, se as amplitudes sazonais variam com a tendência, um modelo mais adequado é o multiplicativo, dado por:

$$Z_t = T_t \cdot S_t \cdot a_t, \qquad t = 1, \ldots, n \qquad (2)$$

No *slide*, a seguir, temos um exemplo de uma série temporal com as componentes tendência e sazonalidade entrando de forma multiplicativa no PGD.

Exemplo

(Série temporal com componentes multiplicativos)



Introdução

Removendo-se as componentes T_t e S_t, em (1), o que sobra é a componente aleatória ou residual, a_t.

A suposição normal é que a_t seja um processo estocástico puramente aleatório (ruído branco).

Porém, em alguns casos, podemos considerar a_t como um processo estacionário, digamos, com média zero e variância constante.

Introdução

O problema que se apresenta é o de modelar convenientemente as três componentes T_t, S_t e a_t, com a finalidade de se fazer previsões de valores futuros da série.

O que se faz usualmente é representar $f(t) = T_t + S_t$ por alguma função suave no tempo, por exemplo, uma mistura de polinômios e funções trigonométricas ou uma mistura de polinômios e *dummies* sazonais. Deste modo, encara-se $f(t)$ como uma função determinística do tempo.

Introdução

Todavia, é possível considerar sazonalidade estocástica, por exemplo, quando esta não apresenta um padrão "bem comportado" no tempo. Assim, será necessário usar uma abordagem diferente para S_t.

Uma possível abordagem é a partir do uso dos modelos da classe SARIMA.

Todavia, o uso da FAC e da FACP na identificação e especificação de modelos para séries sazonais é um pouco mais complicado.

Observações

Há casos em que se deve estimar os parâmetros do modelo com as séries dessazonalizadas. Em geral, as séries devem ser dessazonalizadas quando no modelo de interesse entram variáveis sazonais (por exemplo, inflação) e variáveis não sazonais (por exemplo, taxa de juros).

Cuidado para não dessazonalizar séries que não apresentam sazonalidade, uma vez que esse procedimento pode distorcer o comportamento da mesma.

Observações

Existem diversos procedimentos para dessazonalizar uma série, entre eles, um dos mais utilizados é o Census X12-ARIMA. Para mais detalhes vide, por exemplo, http://www.census.gov/srd/www/x12a/ ou manual do *software* Eviews.

Alguns Modelos Importantes

SAR(P)$_S$

(modelo autorregressivo puramente sazonal)

$$y_t = \Phi_1 y_{t-S} + \Phi_2 y_{t-2S} + \ldots + \Phi_P y_{t-PS} + \varepsilon_t$$

que pode ser re-escrito, como

$$\left(1 - \Phi_1 L^S - \Phi_2 L^{2S} - \ldots - \Phi_P L^{PS}\right) y_t = \varepsilon_t$$

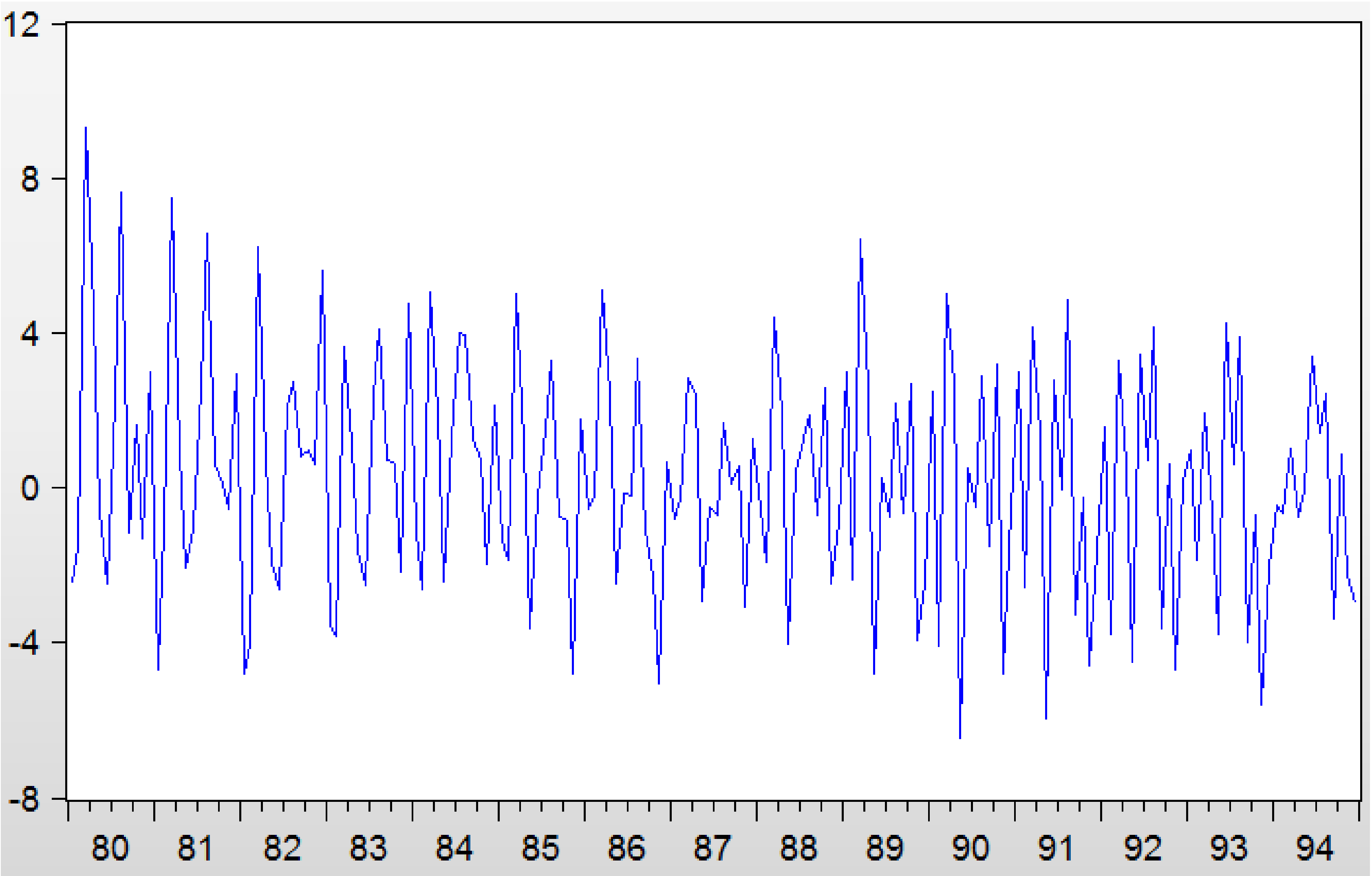
$$\Updownarrow$$

$$\Phi\left(L^S\right) y_t = \varepsilon_t$$

Condição de estacionariedade: raízes da equação que envolve o polinômio autorregressivo sazonal fora do círculo unitário.

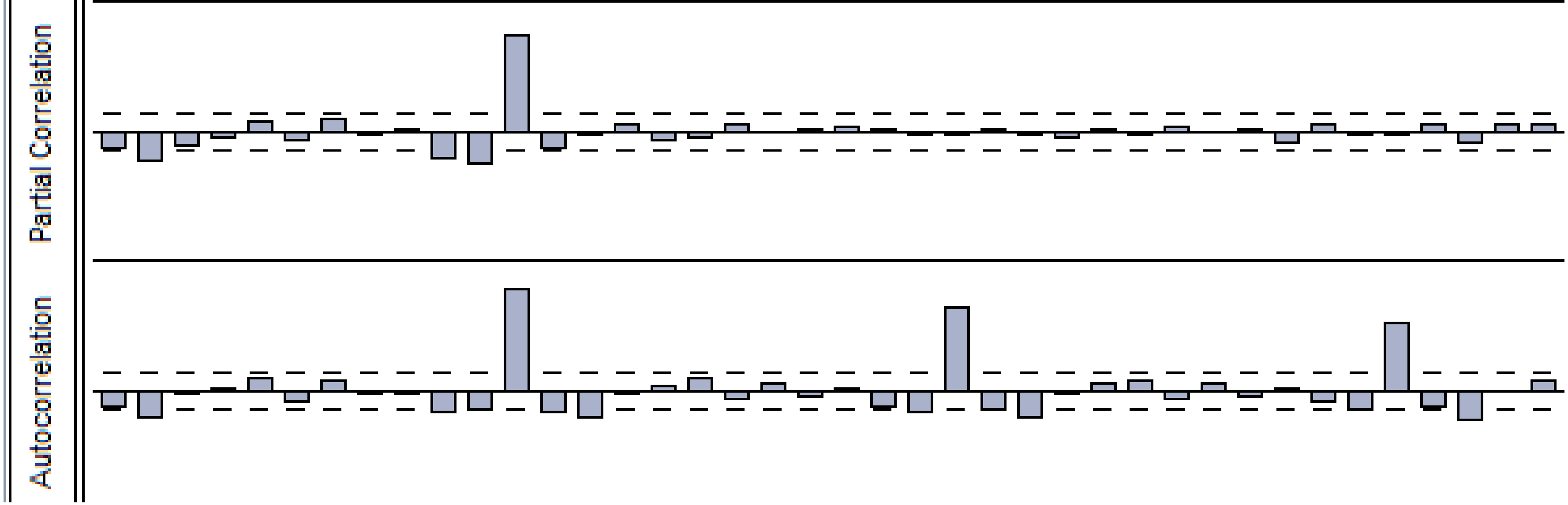
Exemplo 1

SAR(1)$_{12}$



Exemplo 1 (cont.)

$SAR(1)_{12}$



	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	-0.135	-0.135	3.3393	0.068
2	-0.203	-0.226	10.953	0.004
3	-0.031	-0.102	11.127	0.011
4	0.029	-0.043	11.284	0.024
5	0.101	0.077	13.204	0.022
6	-0.083	-0.060	14.509	0.024
7	0.078	0.103	15.656	0.028
8	-0.020	-0.010	15.735	0.046
9	-0.017	0.011	15.793	0.071
10	-0.179	-0.208	21.959	0.015
11	-0.152	-0.243	26.447	0.006
12	0.816	0.778	156.27	0.000
13	-0.159	-0.134	161.21	0.000
14	-0.218	-0.019	170.60	0.000
15	-0.020	0.053	170.68	0.000
16	0.046	-0.068	171.10	0.000
17	0.093	-0.044	172.82	0.000
18	-0.070	0.057	173.81	0.000
19	0.071	0.005	174.83	0.000
20	-0.038	0.030	175.12	0.000
21	0.013	0.049	175.16	0.000
22	-0.139	0.019	179.17	0.000
23	-0.157	-0.015	184.29	0.000
24	0.664	-0.028	276.75	0.000
25	-0.151	0.026	281.60	0.000
26	-0.218	-0.022	291.66	0.000
27	-0.023	-0.042	291.77	0.000
28	0.061	0.032	292.57	0.000
29	0.075	-0.020	293.81	0.000
30	-0.051	0.033	294.38	0.000
31	0.058	-0.004	295.14	0.000
32	-0.042	0.031	295.53	0.000
33	0.009	-0.086	295.54	0.000
34	-0.086	0.074	297.19	0.000
35	-0.152	-0.016	302.43	0.000
36	0.539	-0.020	368.64	0.000
37	-0.121	0.058	372.02	0.000
38	-0.228	-0.074	383.98	0.000
39	-0.002	0.057	383.98	0.000
40	0.088	0.051	385.79	0.000

$SMA(Q)_S$

(modelo de médias móveis puramente sazonal)

$$y_t = \varepsilon_t - \Theta_1 \varepsilon_{t-S} - \Theta_2 \varepsilon_{t-2S} - \ldots - \Theta_Q \varepsilon_{t-QS}$$

que pode ser re-escrito, como

$$y_t = \left(1 - \Theta_1 L^S - \Theta_2 L^{2S} - \ldots - \Theta_Q L^{QS}\right)\varepsilon_t$$

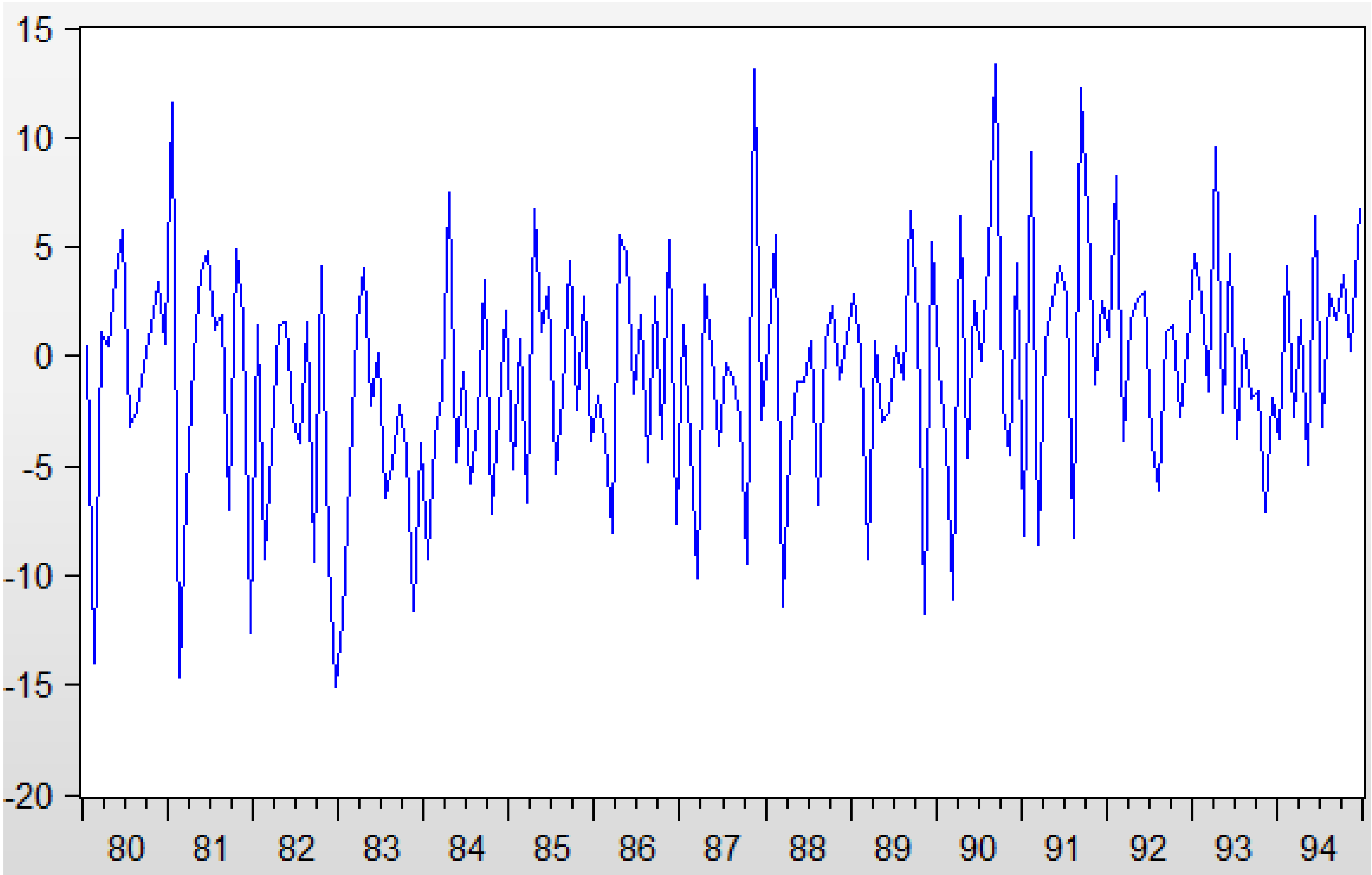
$$\Updownarrow$$

$$y_t = \Theta\left(L^S\right)\varepsilon_t$$

Condição de invertibilidade: raízes da equação que envolve o polinômio de médias móveis sazonal fora do círculo unitário.

Exemplo 2

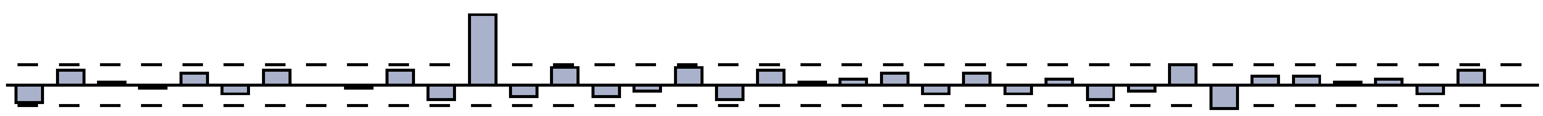
$SMA(1)_{12}$



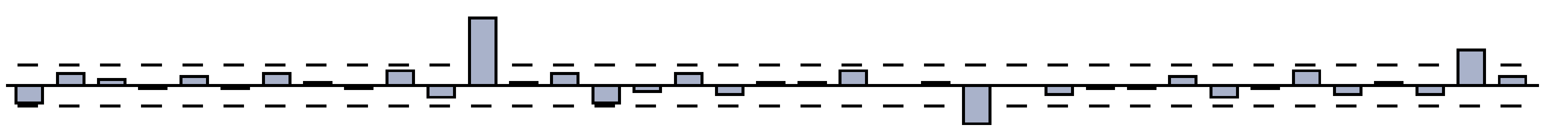
Exemplo 2 (cont.)

SMA(1)$_{12}$

Autocorrelation



Partial Correlation



	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	-0.120	-0.120	2.6173	0.106
2	0.092	0.078	4.1608	0.125
3	0.018	0.038	4.2214	0.239
4	-0.017	-0.019	4.2774	0.370
5	0.079	0.072	5.4590	0.362
6	-0.050	-0.032	5.9373	0.430
7	0.102	0.083	7.8906	0.342
8	0.005	0.029	7.8954	0.444
9	-0.018	-0.027	7.9605	0.538
10	0.114	0.099	10.449	0.402
11	-0.104	-0.075	12.553	0.324
12	0.496	0.472	60.518	0.000
13	-0.083	0.011	61.863	0.000
14	0.121	0.080	64.733	0.000
15	-0.079	-0.133	65.971	0.000
16	-0.036	-0.035	66.227	0.000
17	0.130	0.085	69.623	0.000
18	-0.102	-0.056	71.733	0.000
19	0.096	0.015	73.619	0.000
20	0.024	0.011	73.733	0.000
21	0.037	0.091	74.009	0.000
22	0.080	-0.002	75.328	0.000
23	-0.064	0.028	76.175	0.000
24	0.077	-0.282	77.429	0.000
25	-0.054	-0.002	78.037	0.000
26	0.046	-0.073	78.481	0.000
27	-0.108	-0.024	80.980	0.000
28	-0.047	-0.030	81.451	0.000
29	0.140	0.060	85.725	0.000
30	-0.164	-0.092	91.613	0.000
31	0.061	-0.027	92.427	0.000
32	0.057	0.098	93.136	0.000
33	0.023	-0.057	93.259	0.000
34	0.034	0.021	93.514	0.000
35	-0.057	-0.074	94.260	0.000
36	0.091	0.250	96.150	0.000
37	-0.001	0.067	96.150	0.000

SARMA(P, Q)$_S$

(modelo ARMA puramente sazonal)

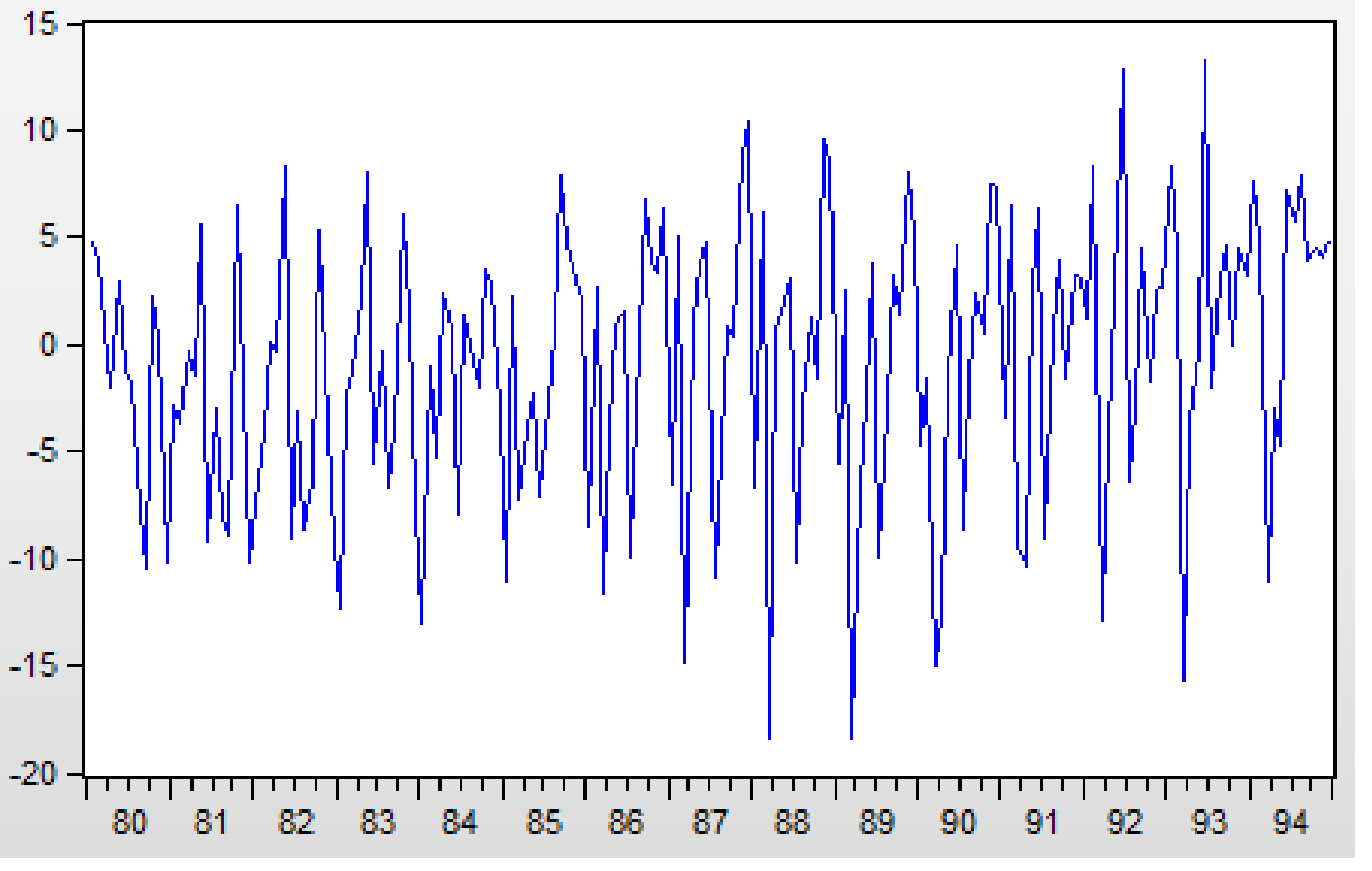
$$\Phi_P\left(L^S\right)y_t = \Theta_Q\left(L^S\right)\varepsilon_t$$

Condição de estacionariedade: raízes da equação que envolve o polinômio autorregressivo sazonal fora do círculo unitário.

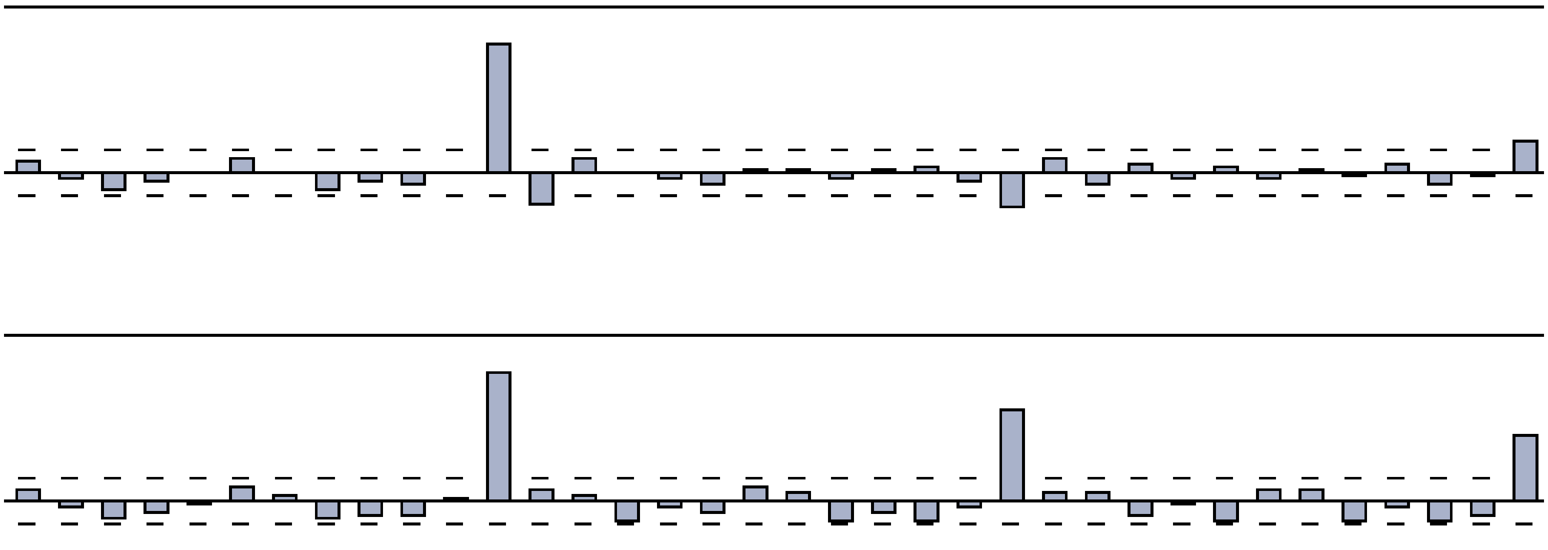
Condição de invertibilidade: raízes da equação que envolve o polinômio de médias móveis sazonal fora do círculo unitário.

Exemplo 3

SARMA(1,1)$_{12}$



Exemplo 3 (cont.)



	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.080	0.080	1.1856	0.276
2	-0.028	-0.035	1.3279	0.515
3	-0.113	-0.108	3.6739	0.299
4	-0.069	-0.053	4.5580	0.336
5	-0.009	-0.005	4.5717	0.470
6	0.095	0.083	6.2681	0.394
7	0.028	0.001	6.4119	0.493
8	-0.105	-0.112	8.5220	0.384
9	-0.093	-0.061	10.165	0.337
10	-0.092	-0.075	11.809	0.298
11	0.010	0.001	11.827	0.377
12	0.810	0.812	139.80	0.000
13	0.066	-0.197	140.65	0.000
14	0.031	0.095	140.84	0.000
15	-0.115	-0.003	143.45	0.000
16	-0.043	-0.031	143.82	0.000
17	-0.073	-0.082	144.88	0.000
18	0.093	0.021	146.65	0.000
19	0.056	0.012	147.29	0.000
20	-0.122	-0.032	150.35	0.000
21	-0.067	0.022	151.27	0.000
22	-0.122	0.038	154.33	0.000
23	-0.045	-0.062	154.76	0.000
24	0.571	-0.216	223.27	0.000
25	0.053	0.093	223.87	0.000
26	0.054	-0.077	224.49	0.000
27	-0.097	0.043	226.51	0.000
28	-0.024	-0.034	226.64	0.000
29	-0.122	0.031	229.86	0.000
30	0.081	-0.047	231.30	0.000
31	0.071	0.022	232.42	0.000
32	-0.117	-0.010	235.44	0.000
33	-0.028	0.044	235.62	0.000
34	-0.136	-0.077	239.77	0.000
35	-0.090	-0.023	241.59	0.000
36	0.424	0.200	282.45	0.000

SARIMA(P, D, Q)$_S$

(modelo ARIMA puramente sazonal)

$$\Phi_P\left(L^S\right)\Delta_S^D y_t = \Theta_Q\left(L^S\right)\varepsilon_t$$

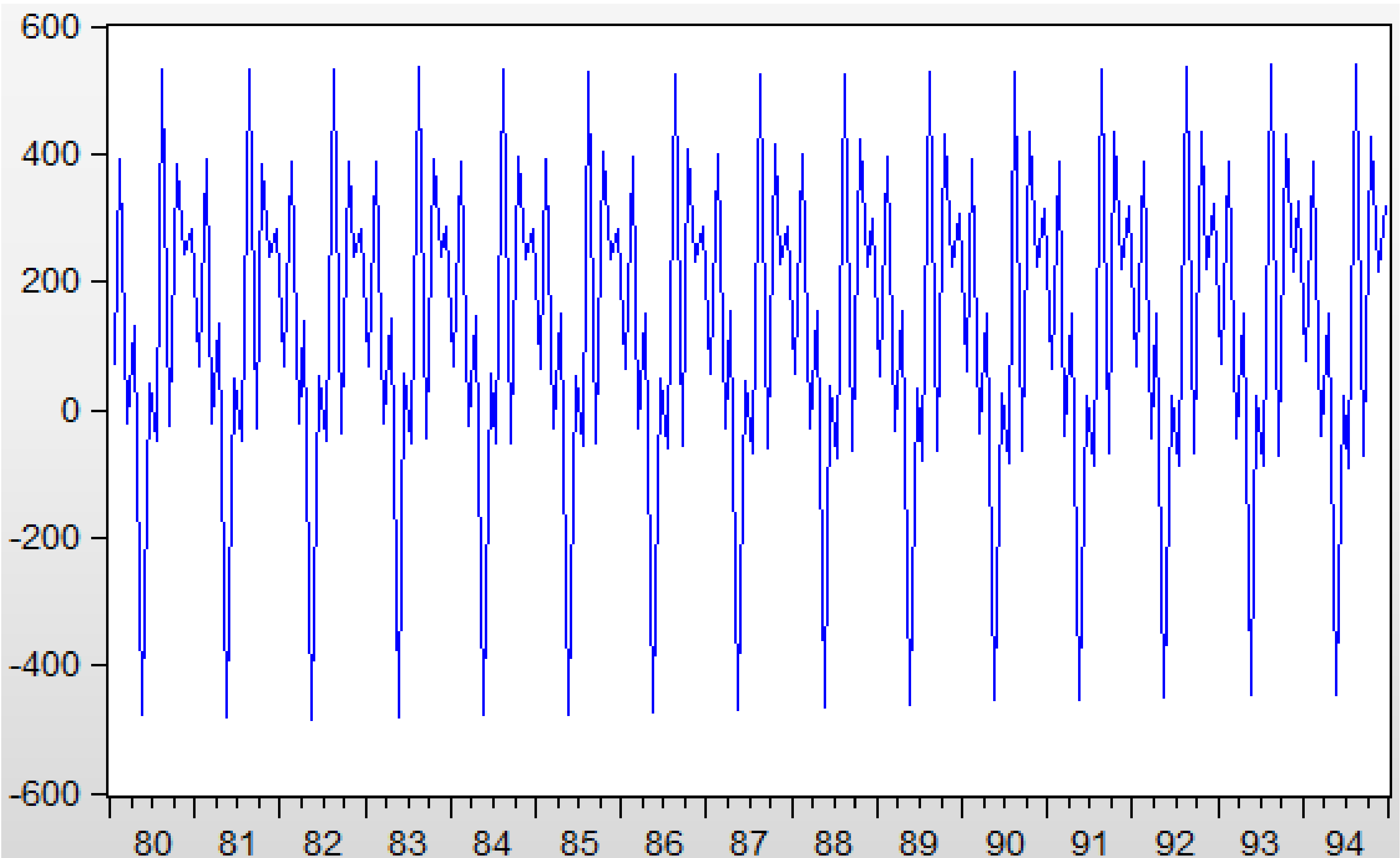
em que

$\Delta_S^D = (1 - L^S)^D$ – é o operador diferença sazonal

D – indica o número de diferenças sazonais (normalmente D = 1).

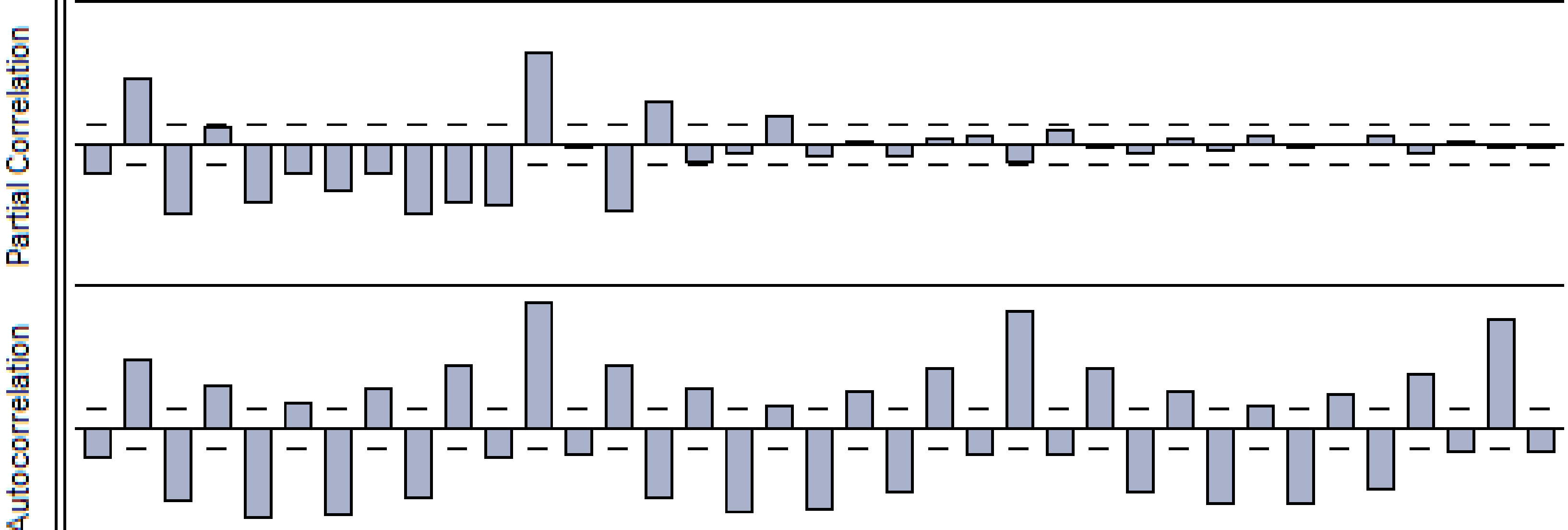
Exemplo 4

SARIMA$(1,1,0)_{12}$



Exemplo 4 (cont.)

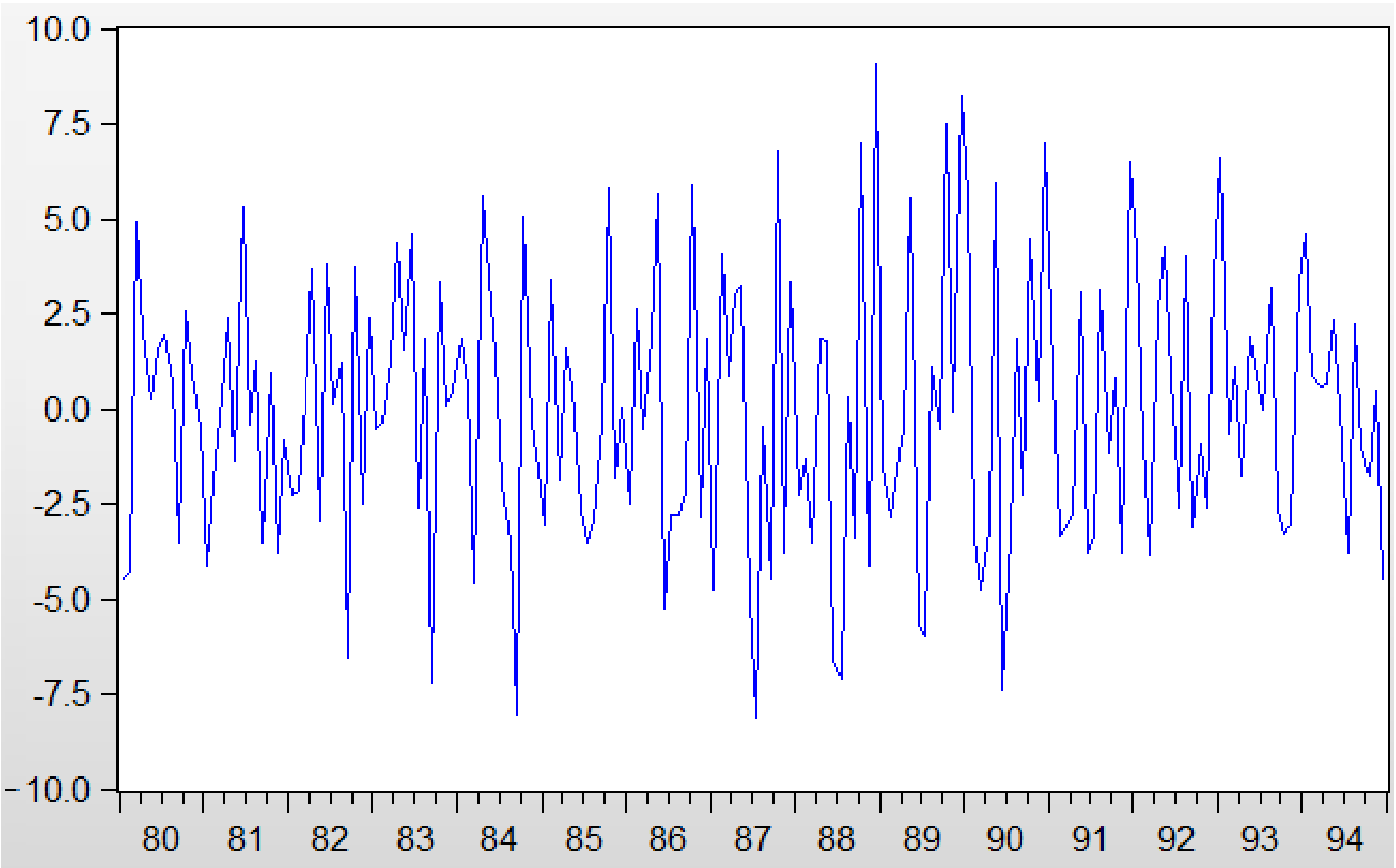
SARIMA$(1,1,0)_{12}$



	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	-0.210	-0.210	8.0647	0.005
2	0.495	0.471	53.109	0.000
3	-0.531	-0.508	105.36	0.000
4	0.309	0.118	123.14	0.000
5	-0.646	-0.415	201.20	0.000
6	0.182	-0.204	207.47	0.000
7	-0.637	-0.338	284.34	0.000
8	0.300	-0.203	301.46	0.000
9	-0.499	-0.503	349.08	0.000
10	0.467	-0.418	391.06	0.000
11	-0.199	-0.439	398.77	0.000
12	0.934	0.677	568.73	0.000
13	-0.196	-0.011	576.28	0.000
14	0.464	-0.485	618.73	0.000
15	-0.496	0.316	667.67	0.000
16	0.291	-0.137	684.53	0.000
17	-0.601	-0.060	757.15	0.000
18	0.171	0.201	763.03	0.000
19	-0.594	-0.078	834.79	0.000
20	0.279	0.029	850.68	0.000
21	-0.463	-0.090	894.91	0.000
22	0.432	0.048	933.55	0.000
23	-0.187	0.064	940.86	0.000
24	0.867	-0.135	1098.7	0.000
25	-0.182	0.112	1105.7	0.000
26	0.433	-0.030	1145.5	0.000
27	-0.461	-0.051	1191.1	0.000
28	0.271	0.046	1207.0	0.000
29	-0.557	-0.035	1274.2	0.000
30	0.159	0.050	1279.7	0.000
31	-0.550	-0.029	1346.3	0.000
32	0.257	-0.001	1360.9	0.000
33	-0.428	0.062	1401.7	0.000
34	0.396	-0.066	1437.0	0.000
35	-0.174	0.031	1443.8	0.000
36	0.800	-0.024	1589.4	0.000
37	-0.167	-0.010	1595.8	0.000

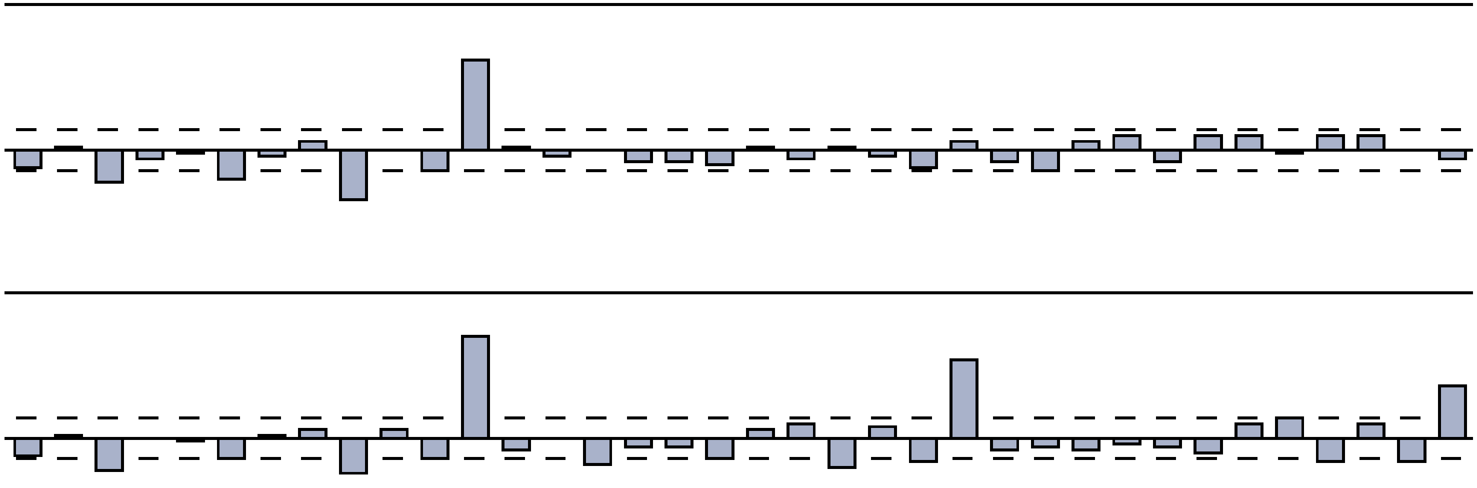
Exemplo 4

d(y,0,12)



Exemplo 4 (cont.)

d(y,0,12)



	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	-0.124	-0.124	2.8165	0.093
2	0.031	0.016	2.9981	0.223
3	-0.228	-0.225	12.604	0.006
4	0.007	-0.051	12.612	0.013
5	-0.016	-0.018	12.658	0.027
6	-0.142	-0.211	16.437	0.012
7	0.024	-0.035	16.551	0.021
8	0.068	0.062	17.439	0.026
9	-0.241	-0.352	28.587	0.001
10	0.074	-0.006	29.634	0.001
11	-0.142	-0.144	33.566	0.000
12	0.726	0.649	136.41	0.000
13	-0.095	0.027	138.16	0.000
14	-0.003	-0.044	138.16	0.000
15	-0.184	-0.006	144.90	0.000
16	-0.061	-0.077	145.65	0.000
17	-0.055	-0.076	146.25	0.000
18	-0.153	-0.105	150.99	0.000
19	0.056	0.011	151.63	0.000
20	0.100	-0.058	153.66	0.000
21	-0.205	0.013	162.30	0.000
22	0.075	-0.047	163.47	0.000
23	-0.174	-0.115	169.80	0.000
24	0.560	0.060	235.59	0.000
25	-0.097	-0.083	237.58	0.000
26	-0.063	-0.149	238.41	0.000
27	-0.093	0.071	240.24	0.000
28	-0.038	0.094	240.56	0.000
29	-0.073	-0.078	241.72	0.000
30	-0.109	0.094	244.32	0.000
31	0.103	0.095	246.64	0.000
32	0.144	-0.012	251.25	0.000
33	-0.156	0.096	256.66	0.000
34	0.113	0.097	259.54	0.000
35	-0.157	-0.006	265.12	0.000
36	0.370	-0.069	296.22	0.000

MODELO MULTIPLICATIVO GERAL

SARIMA (p, d, q) x (P, D, Q)$_S$

$$\phi_p(L)\Phi_P(L^S)\Delta^d\Delta_S^D y_t = \theta_q(L)\Theta_Q(L^S)\varepsilon_t$$

em que

$\Delta^d = (1-L)^d$ – é o operador diferença simples

d – indica o número de diferenças simples (normalmente d = 1 ou 2).

$\Delta_S^D = (1-L^S)^D$ – é o operador diferença sazonal

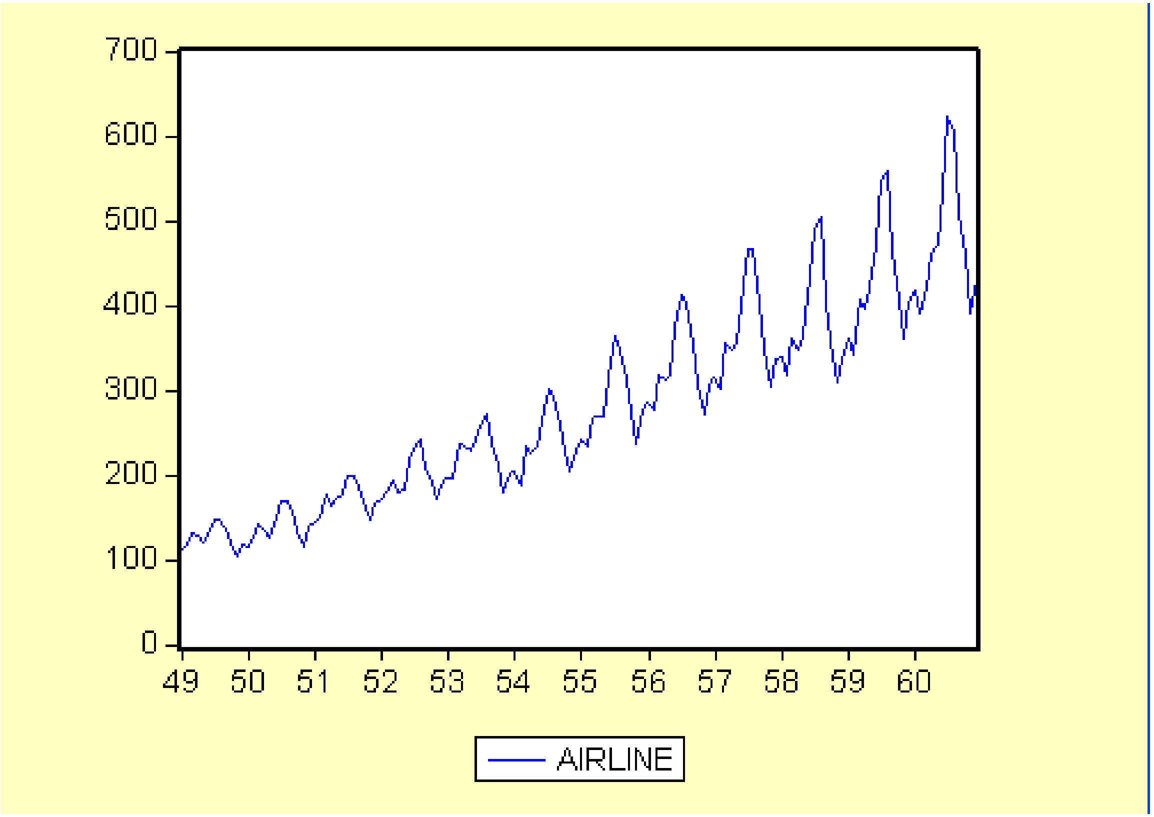
D – indica o número de diferenças sazonais (normalmente D = 1).

Exercício

Utilizando os dados da série mensal do número total de passageiros internacionais (em milhares de passageiros), no período de 01/1949 – 12/1960, *AIRLINE. Wf1*, responda ao que for pedido:

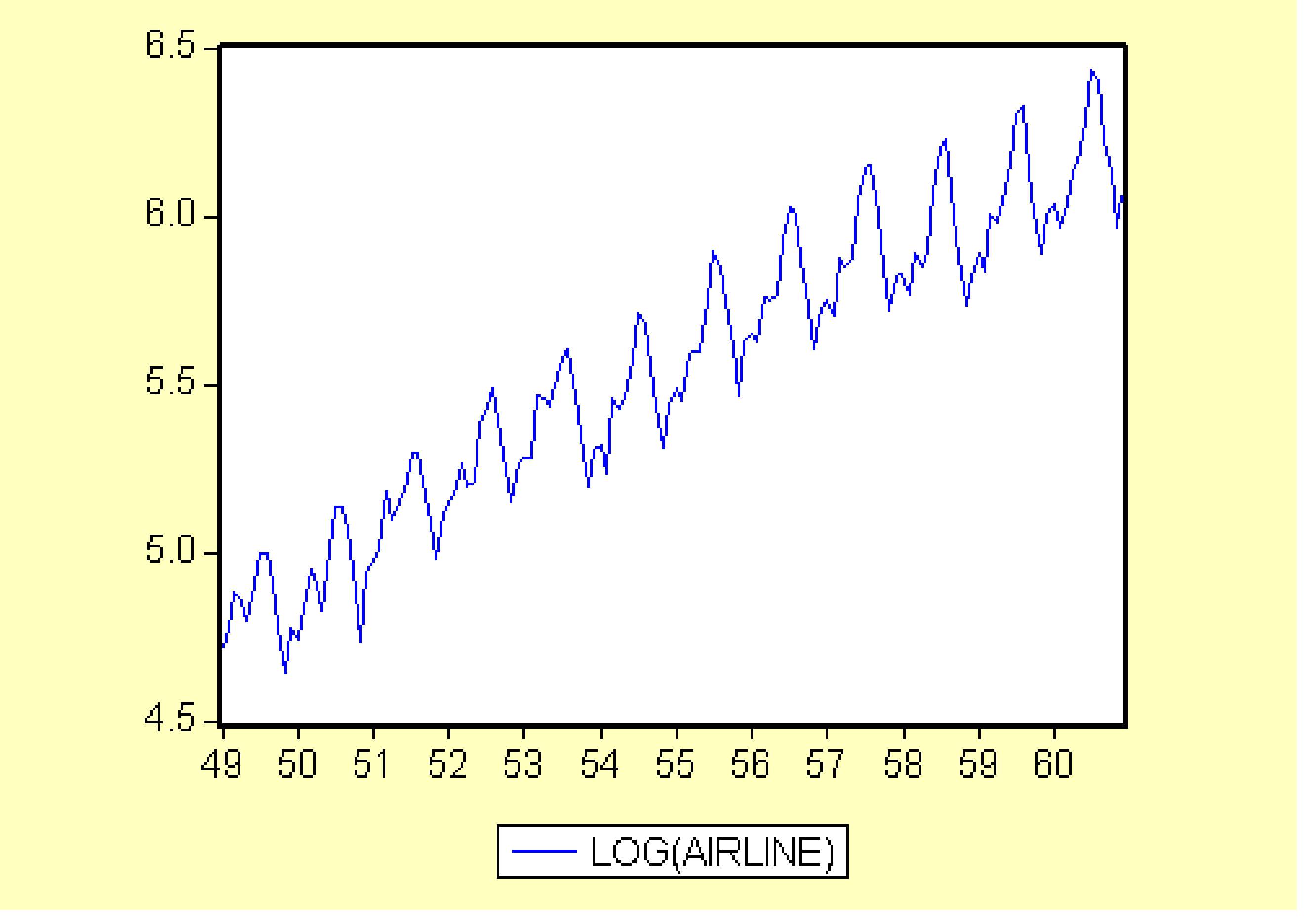
Exercício

a) Elabore o gráfico da série. Você faria alguma transformação na série? Comente.



Exercício – cont. (a)

Transformação: *ln*(airline)



Exercício

b) Esboce o correlograma da série transformada. Comente.

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.954	0.954	133.72	0.000
		2	0.899	-0.118	253.36	0.000
		3	0.851	0.054	361.29	0.000
		4	0.808	0.024	459.44	0.000
		5	0.779	0.116	551.20	0.000
		6	0.756	0.044	638.37	0.000
		7	0.738	0.038	721.86	0.000
		8	0.727	0.100	803.60	0.000
		9	0.734	0.204	887.42	0.000
		10	0.744	0.064	974.33	0.000
		11	0.758	0.106	1065.2	0.000
		12	0.762	-0.042	1157.6	0.000
		13	0.717	-0.485	1240.0	0.000
		14	0.663	-0.034	1311.1	0.000
		15	0.618	0.042	1373.4	0.000
		16	0.576	-0.044	1428.0	0.000
		17	0.544	0.028	1476.9	0.000
		18	0.519	0.037	1521.9	0.000
		19	0.501	0.042	1564.1	0.000
		20	0.490	0.014	1604.9	0.000
		21	0.498	0.073	1647.3	0.000
		22	0.506	-0.033	1691.5	0.000
		23	0.517	0.061	1737.9	0.000
		24	0.520	0.031	1785.3	0.000
		25	0.484	-0.194	1826.6	0.000

Exercício

c) Desconsiderando as observações do ano de 1960, ajuste um modelo para a tendência e para a sazonalidade.

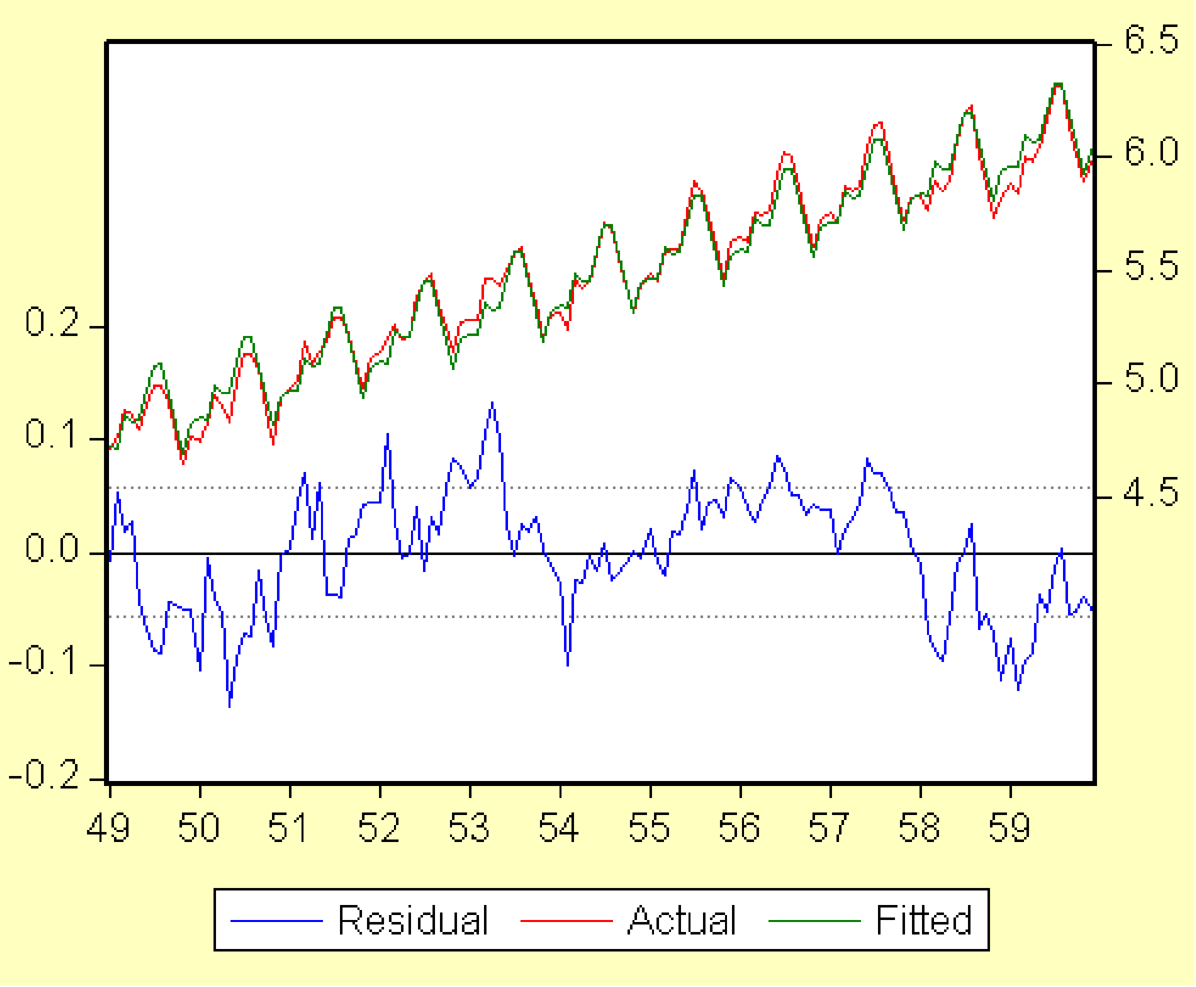
Dependent Variable: LOG(AIRLINE)
Method: Least Squares
Date: 09/12/08 Time: 14:32
Sample: 1949:01 1959:12
Included observations: 132

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.715209	0.019077	247.1724	0.0000
@TREND(1948:12)	0.010307	0.000132	78.30153	0.0000
FEV	-0.017531	0.024472	-0.716342	0.4752
MAR	0.118925	0.024473	4.859354	0.0000
ABR	0.076806	0.024475	3.138108	0.0021
MAI	0.072750	0.024478	2.972114	0.0036
JUN	0.195287	0.024481	7.977181	0.0000
JUL	0.295658	0.024485	12.07525	0.0000
AGO	0.288564	0.024489	11.78330	0.0000
SET	0.147494	0.024495	6.021497	0.0000
OUT	0.006278	0.024501	0.256251	0.7982
NOV	-0.134623	0.024507	-5.493194	0.0000
DEZ	-0.019028	0.024515	-0.776200	0.4392

R-squared	0.982729	Mean dependent var	5.486536
Adjusted R-squared	0.980987	S.D. dependent var	0.416223
S.E. of regression	0.057392	Akaike info criterion	-2.784542
Sum squared resid	0.391963	Schwarz criterion	-2.500630
Log likelihood	196.7798	F-statistic	564.2581
Durbin-Watson stat	0.420944	Prob(F-statistic)	0.000000

Exercício

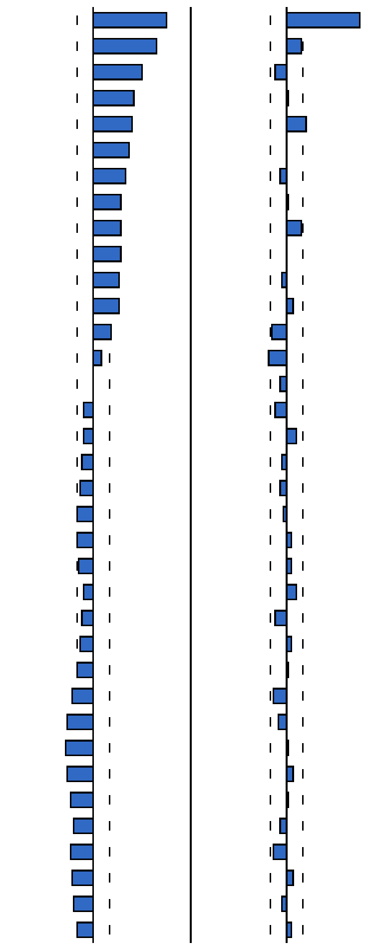
d) Para o modelo estimado em (c), faça uma análise de resíduos. Comente.



Exercício

d) Para o modelo estimado em (c), faça uma análise de resíduos. Comente.

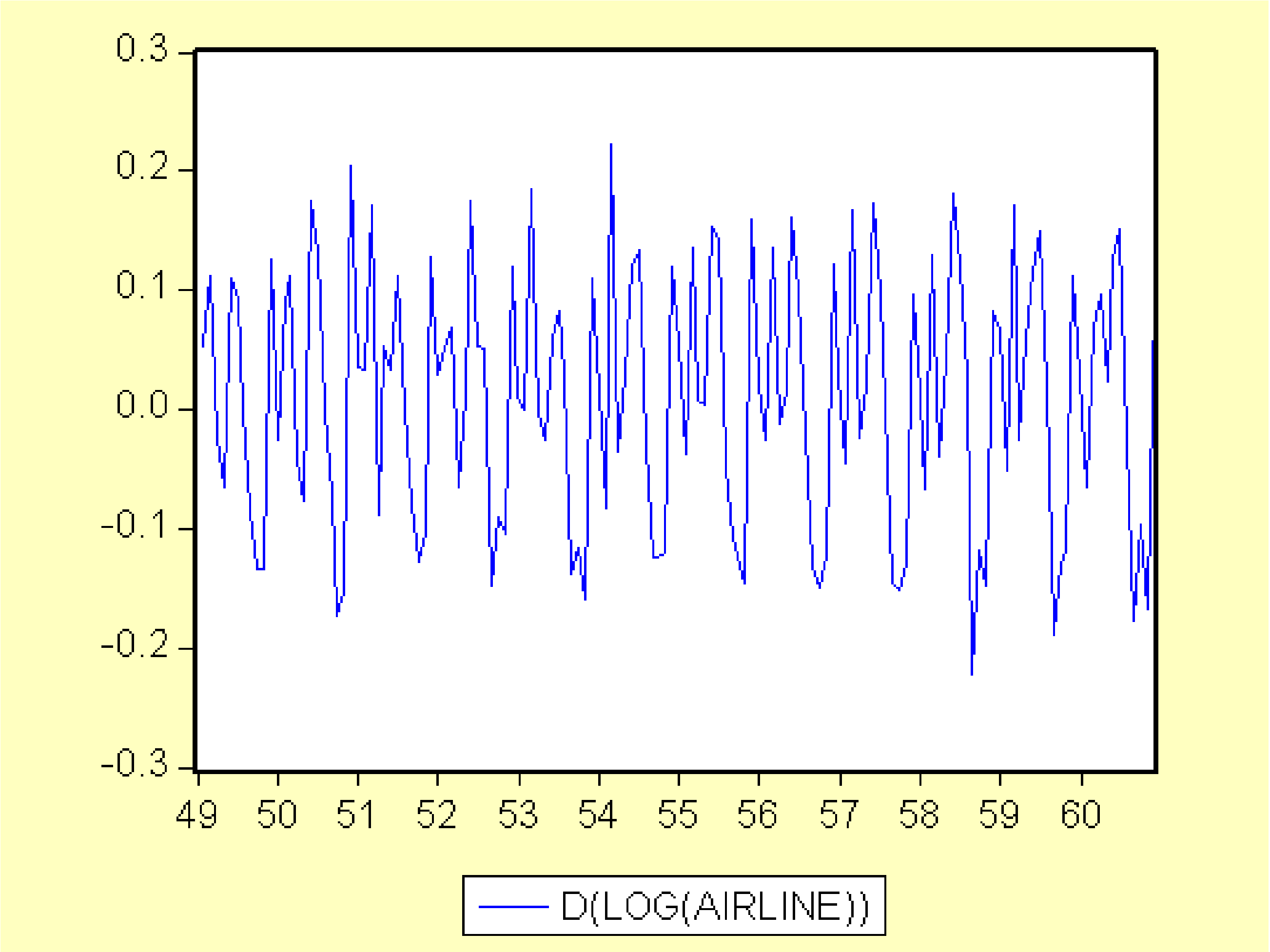
Sample: 1949:01 1959:12
Included observations: 132



	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.786	0.786	83.395	0.000
2	0.676	0.152	145.52	0.000
3	0.526	-0.117	183.45	0.000
4	0.432	0.023	209.21	0.000
5	0.416	0.197	233.29	0.000
6	0.378	0.000	253.35	0.000
7	0.337	-0.064	269.47	0.000
8	0.294	0.009	281.82	0.000
9	0.299	0.161	294.70	0.000
10	0.287	-0.001	306.65	0.000
11	0.279	-0.042	317.99	0.000
12	0.277	0.064	329.28	0.000
13	0.190	-0.161	334.63	0.000
14	0.096	-0.189	336.02	0.000
15	0.000	-0.080	336.02	0.000
16	-0.106	-0.124	337.73	0.000
17	-0.104	0.104	339.38	0.000
18	-0.130	-0.055	341.99	0.000
19	-0.143	-0.073	345.19	0.000
20	-0.171	-0.036	349.82	0.000
21	-0.180	0.042	354.98	0.000
22	-0.163	0.050	359.28	0.000
23	-0.114	0.102	361.37	0.000
24	-0.123	-0.117	363.86	0.000
25	-0.133	0.051	366.77	0.000
26	-0.168	0.011	371.47	0.000
27	-0.232	-0.138	380.53	0.000
28	-0.282	-0.092	394.09	0.000
29	-0.299	0.010	409.40	0.000
30	-0.277	0.072	422.68	0.000
31	-0.239	0.012	432.72	0.000
32	-0.205	-0.068	440.19	0.000
33	-0.243	-0.144	450.74	0.000
34	-0.225	0.059	459.89	0.000
35	-0.220	-0.048	468.73	0.000
36	-0.177	0.041	474.50	0.000

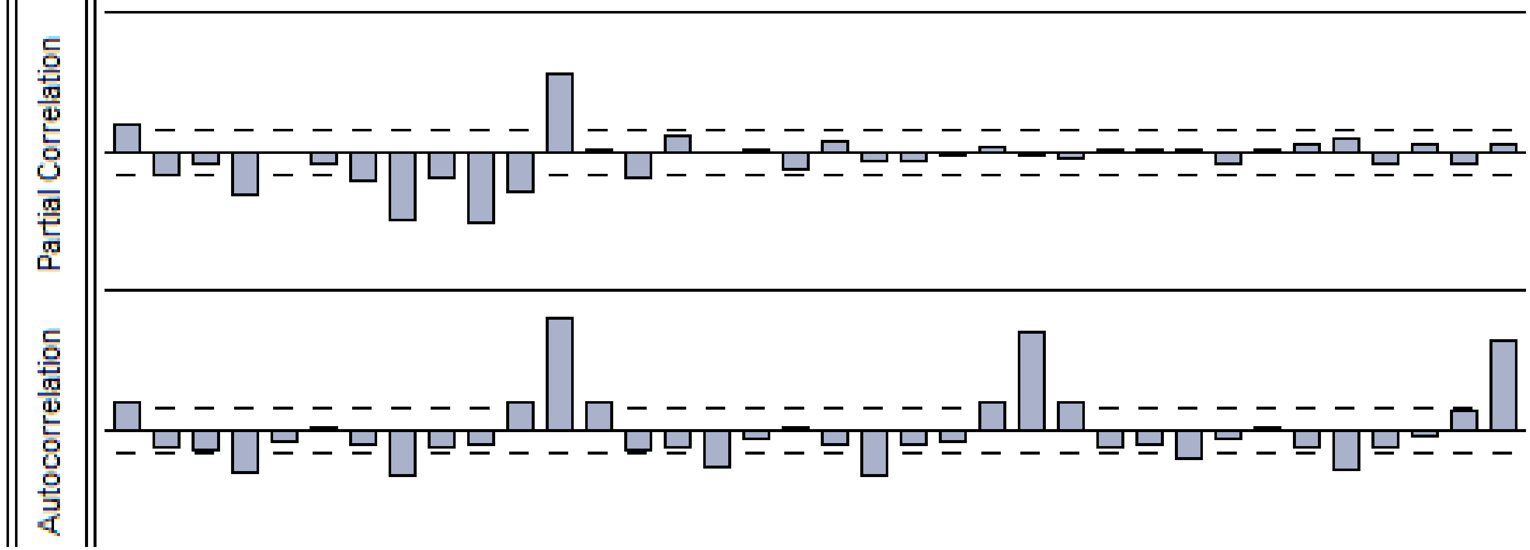
Exercício

e) Elabore o gráfico para D(LOG(AIRLINE)).



Exercício

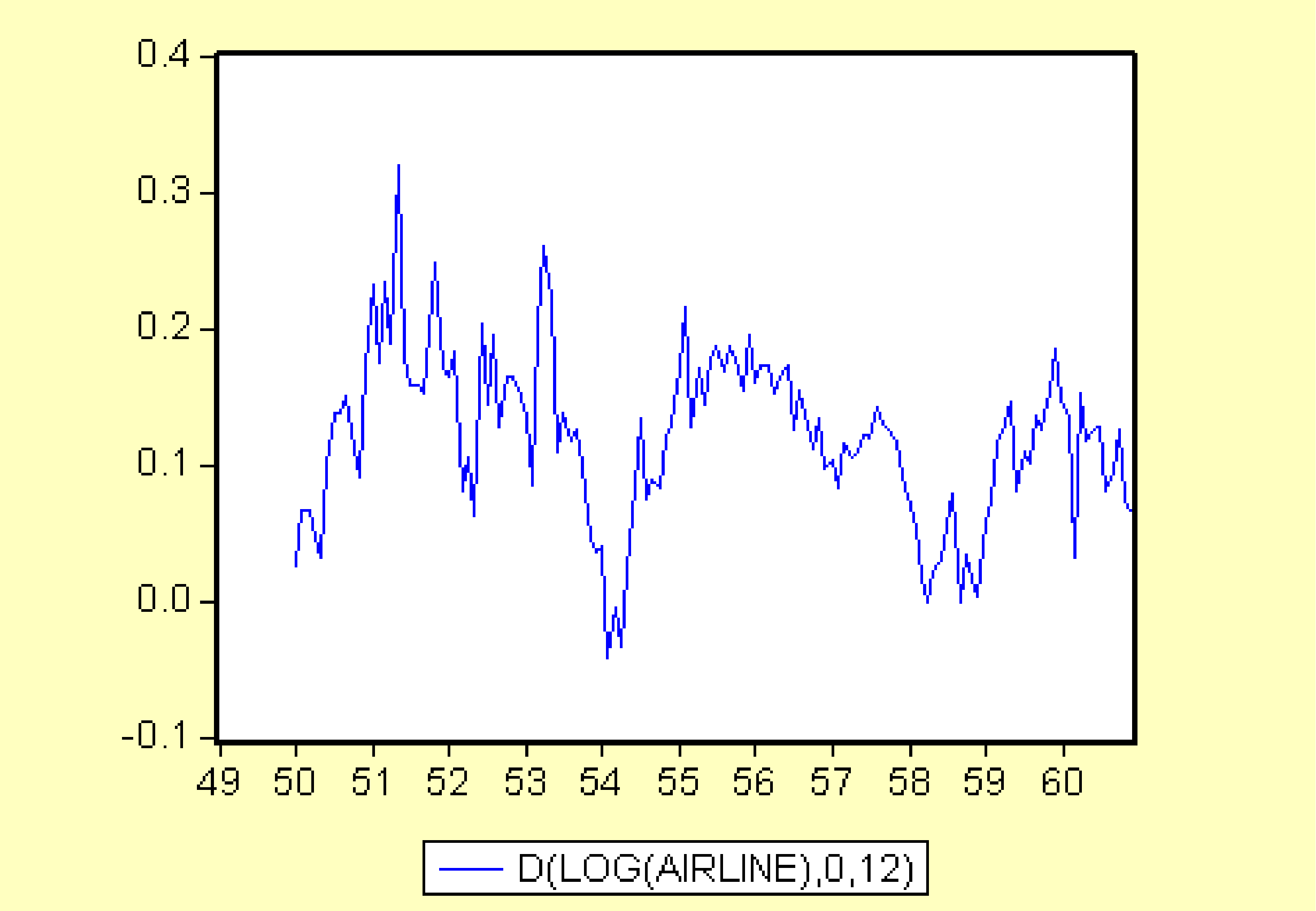
f) Esboce o correlograma da série estudada em (e). Comente.



	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.200	0.200	5.8263	0.016
2	-0.120	-0.167	7.9476	0.019
3	-0.151	-0.096	11.314	0.010
4	-0.322	-0.311	26.788	0.000
5	-0.084	0.008	27.848	0.000
6	0.026	-0.075	27.949	0.000
7	-0.111	-0.210	29.826	0.000
8	-0.337	-0.495	47.240	0.000
9	-0.116	-0.192	49.308	0.000
10	-0.109	-0.532	51.169	0.000
11	0.206	-0.302	57.825	0.000
12	0.841	0.586	169.89	0.000
13	0.215	0.026	177.27	0.000
14	-0.140	-0.181	180.40	0.000
15	-0.116	0.120	182.58	0.000
16	-0.279	0.000	195.28	0.000
17	-0.052	0.025	195.72	0.000
18	0.012	-0.125	195.75	0.000
19	-0.114	0.087	197.94	0.000
20	-0.337	-0.054	217.10	0.000
21	-0.107	-0.062	219.06	0.000
22	-0.075	-0.025	220.03	0.000
23	0.199	0.033	226.90	0.000
24	0.737	-0.010	321.53	0.000
25	0.197	-0.048	328.37	0.000
26	-0.124	0.018	331.09	0.000
27	-0.103	0.028	332.97	0.000
28	-0.211	0.016	341.00	0.000
29	-0.065	-0.093	341.77	0.000
30	0.016	0.008	341.82	0.000
31	-0.115	0.071	344.28	0.000
32	-0.289	0.110	359.91	0.000
33	-0.127	-0.093	362.95	0.000
34	-0.041	0.063	363.26	0.000
35	0.147	-0.092	367.44	0.000
36	0.657	0.058	451.19	0.000

Exercício

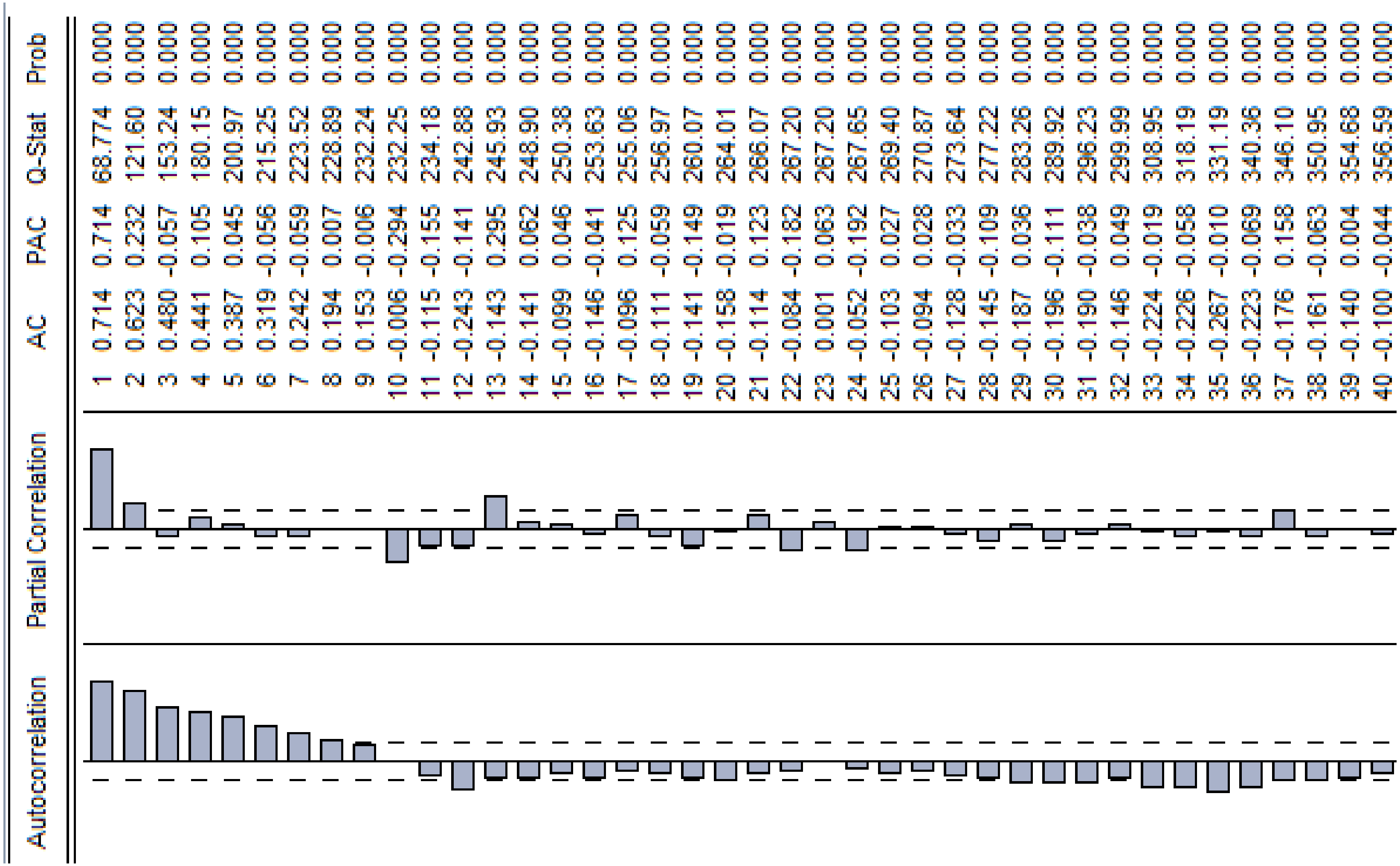
g) Elabore o gráfico para D(LOG(AIRLINE), 0, 12).



Exercício

h) Esboce o correlograma da série estudada em (g). Comente.

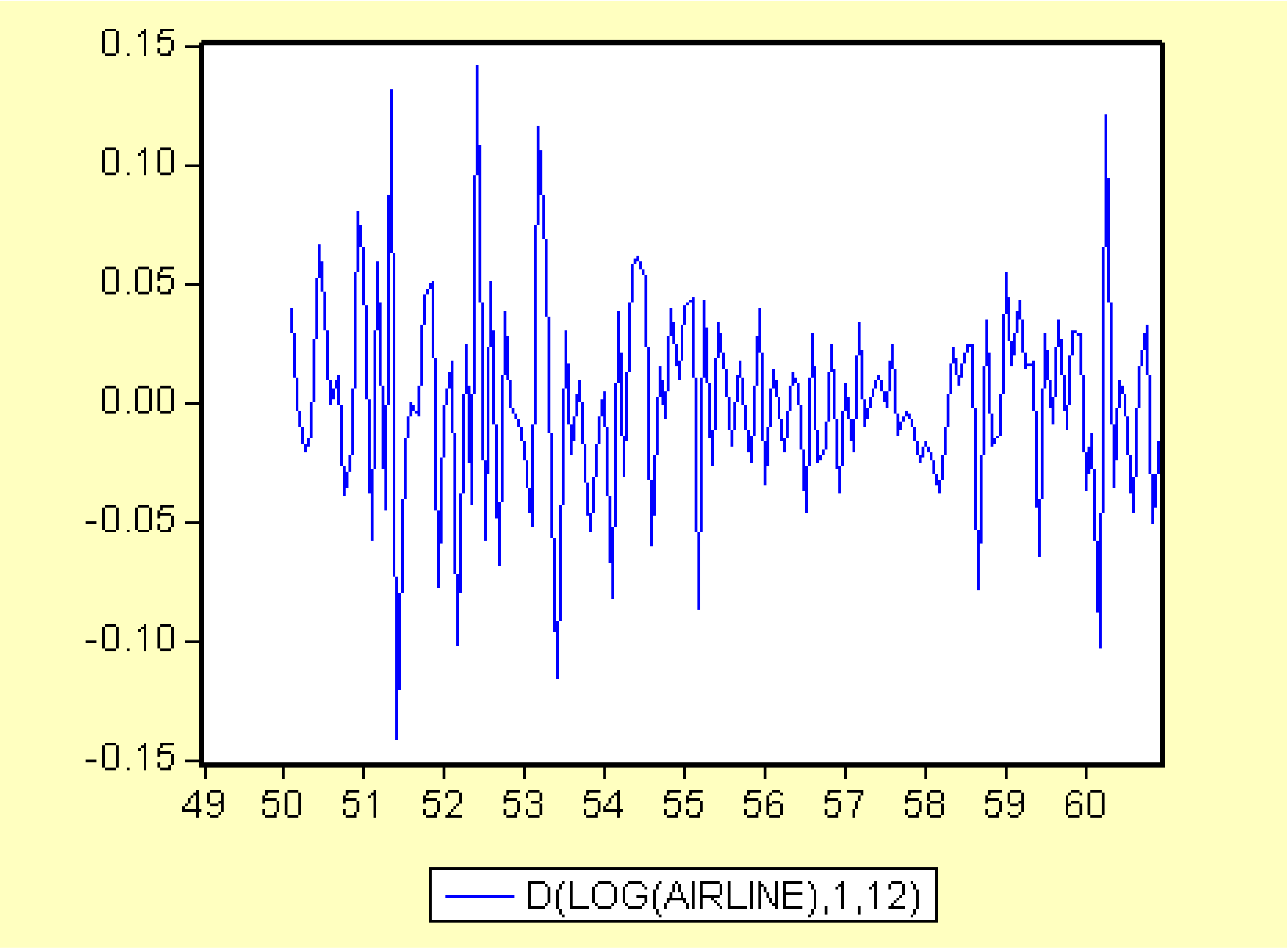
Correlogram of D(LOG(AIRLINE),0,12)



	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.714	0.714	68.774	0.000
2	0.623	0.232	121.60	0.000
3	0.480	-0.057	153.24	0.000
4	0.441	0.105	180.15	0.000
5	0.387	0.045	200.97	0.000
6	0.319	-0.056	215.25	0.000
7	0.242	-0.059	223.52	0.000
8	0.194	0.007	228.89	0.000
9	0.153	-0.006	232.24	0.000
10	-0.006	-0.294	232.25	0.000
11	-0.115	-0.155	234.18	0.000
12	-0.243	-0.141	242.88	0.000
13	-0.143	0.295	245.93	0.000
14	-0.141	0.062	248.90	0.000
15	-0.099	0.046	250.38	0.000
16	-0.146	-0.041	253.63	0.000
17	-0.096	0.125	255.06	0.000
18	-0.111	-0.059	256.97	0.000
19	-0.141	-0.149	260.07	0.000
20	-0.158	-0.019	264.01	0.000
21	-0.114	0.123	266.07	0.000
22	-0.084	-0.182	267.20	0.000
23	0.001	0.063	267.20	0.000
24	-0.052	-0.192	267.65	0.000
25	-0.103	0.027	269.40	0.000
26	-0.094	0.028	270.87	0.000
27	-0.128	-0.033	273.64	0.000
28	-0.145	-0.109	277.22	0.000
29	-0.187	0.036	283.26	0.000
30	-0.196	-0.111	289.92	0.000
31	-0.190	-0.038	296.23	0.000
32	-0.146	0.049	299.99	0.000
33	-0.224	-0.019	308.95	0.000
34	-0.226	-0.058	318.19	0.000
35	-0.267	-0.010	331.19	0.000
36	-0.223	-0.069	340.36	0.000
37	-0.176	0.158	346.10	0.000
38	-0.161	-0.063	350.95	0.000
39	-0.140	0.004	354.68	0.000
40	-0.100	-0.044	356.59	0.000

Exercício

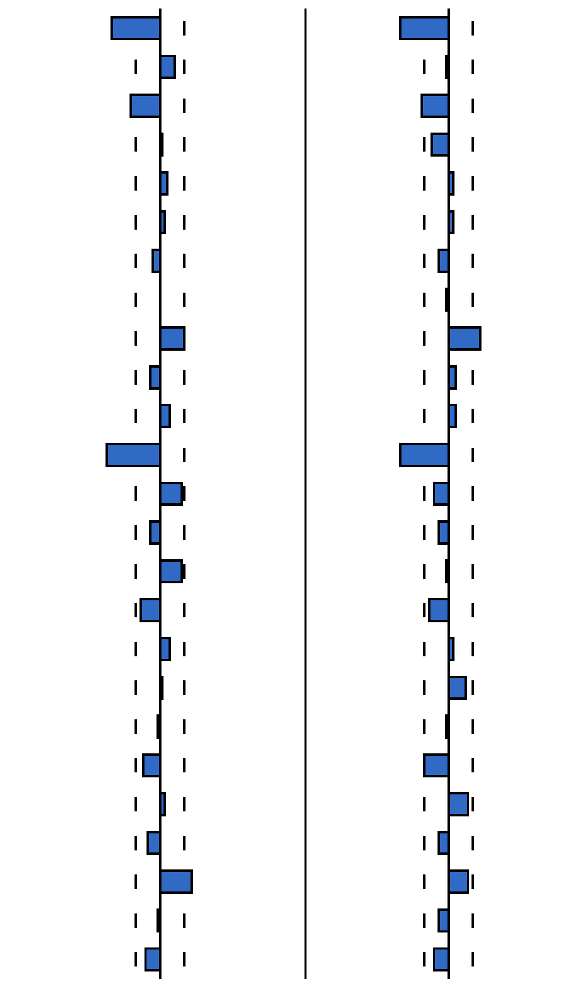
i) Elabore o gráfico para D(LOG(AIRLINE), 1, 12).



Exercício

j) Esboce o correlograma da série estudada em (i). Comente.

Correlogram of D(LOG(AIRLINE),1,12)



	Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
			1	-0.341	-0.341	15.596	0.000
			2	0.105	-0.013	17.086	0.000
			3	-0.202	-0.193	22.648	0.000
			4	0.021	-0.125	22.710	0.000
			5	0.056	0.033	23.139	0.000
			6	0.031	0.035	23.271	0.001
			7	-0.056	-0.060	23.705	0.001
			8	-0.001	-0.020	23.705	0.003
			9	0.176	0.226	28.147	0.001
			10	-0.076	0.043	28.987	0.001
			11	0.064	0.047	29.589	0.002
			12	-0.387	-0.339	51.473	0.000
			13	0.152	-0.109	54.866	0.000
			14	-0.058	-0.077	55.361	0.000
			15	0.150	-0.022	58.720	0.000
			16	-0.139	-0.140	61.645	0.000
			17	0.070	0.026	62.404	0.000
			18	0.016	0.115	62.442	0.000
			19	-0.011	-0.013	62.460	0.000
			20	-0.117	-0.167	64.598	0.000
			21	0.039	0.132	64.834	0.000
			22	-0.091	-0.072	66.168	0.000
			23	0.223	0.143	74.210	0.000
			24	-0.018	-0.067	74.265	0.000
			25	-0.100	-0.103	75.918	0.000

Exercício

k) Ajuste um modelo da classe

$$\mathbf{SARIMA(p, d, q)x(P, D, Q)_s,}$$

ou seja, um modelo

$$\phi_p(L)\Phi_P(L)\,(1-L)^d\,(1-L^{12})^D\,Y_t = \theta_q(L)\Theta_Q(L)\varepsilon_t,$$

para a série em estudo, não utilize as 12 últimas observações.

Exercício – cont (k)

Dependent Variable: D(LOG(AIRLINE),1,12)
Method: Least Squares

Sample (adjusted): 1950M02 1959M12
Included observations: 119 after adjustments
Convergence achieved after 8 iterations
Backcast: OFF

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	-0.326651	0.087713	-3.724069	0.0003
SMA(12)	-0.577734	0.079312	-7.284348	0.0000

R-squared	0.326392	Mean dependent var	0.001322
Adjusted R-squared	0.320634	S.D. dependent var	0.045038
S.E. of regression	0.037122	Akaike info criterion	-3.732537
Sum squared resid	0.161233	Schwarz criterion	-3.685829
Log likelihood	224.0860	Durbin-Watson stat	1.986186

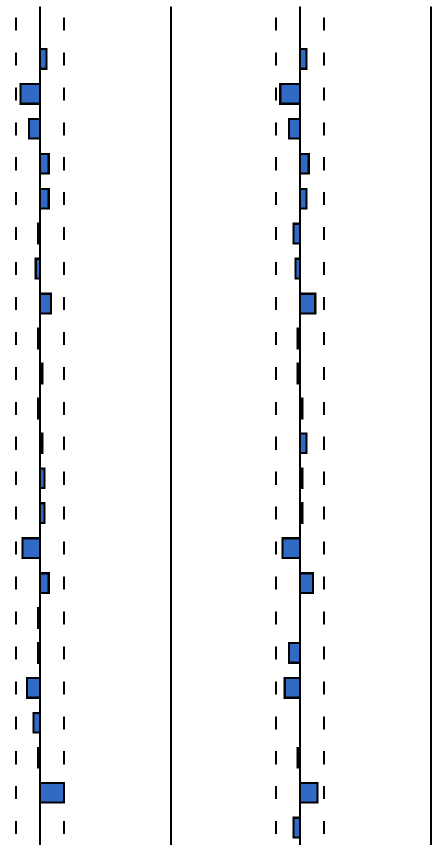
Inverted MA Roots	.96	.83-.48i	.83+.48i	.48-.83i
	.48+.83i	.33	.00-.96i	-.00+.96i
	-.48+.83i	-.48-.83i	-.83+.48i	-.83-.48i
	-.96			

Exercício – cont (k)

Correlograma dos resíduos

Sample: 1950:02 1959:12
Included observations: 119
Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA term(s)

Autocorrelation | Partial Correlation



	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	-0.003	-0.003	0.0009	
2	0.047	0.047	0.2745	
3	-0.154	-0.154	3.2159	0.073
4	-0.088	-0.092	4.1748	0.124
5	0.063	0.080	4.6742	0.197
6	0.059	0.047	5.1158	0.276
7	-0.010	-0.048	5.1297	0.400
8	-0.038	-0.033	5.3196	0.504
9	0.090	0.129	6.3890	0.495
10	-0.017	-0.017	6.4278	0.599
11	0.020	-0.022	6.4797	0.691
12	-0.011	0.020	6.4968	0.772
13	0.019	0.048	6.5473	0.834
14	0.033	0.017	6.6946	0.877
15	0.038	0.022	6.8985	0.907
16	-0.139	-0.133	9.6064	0.790
17	0.074	0.099	10.384	0.795
18	-0.020	-0.003	10.442	0.843
19	-0.023	-0.085	10.517	0.881
20	-0.103	-0.122	12.053	0.844
21	-0.047	0.002	12.375	0.869
22	-0.021	-0.018	12.440	0.900
23	0.188	0.139	17.730	0.666
24	-0.004	-0.049	17.732	0.722

Exercício – cont (k)

Considerando

$$Y_t = \log(\text{airline}_t)$$

Assim,

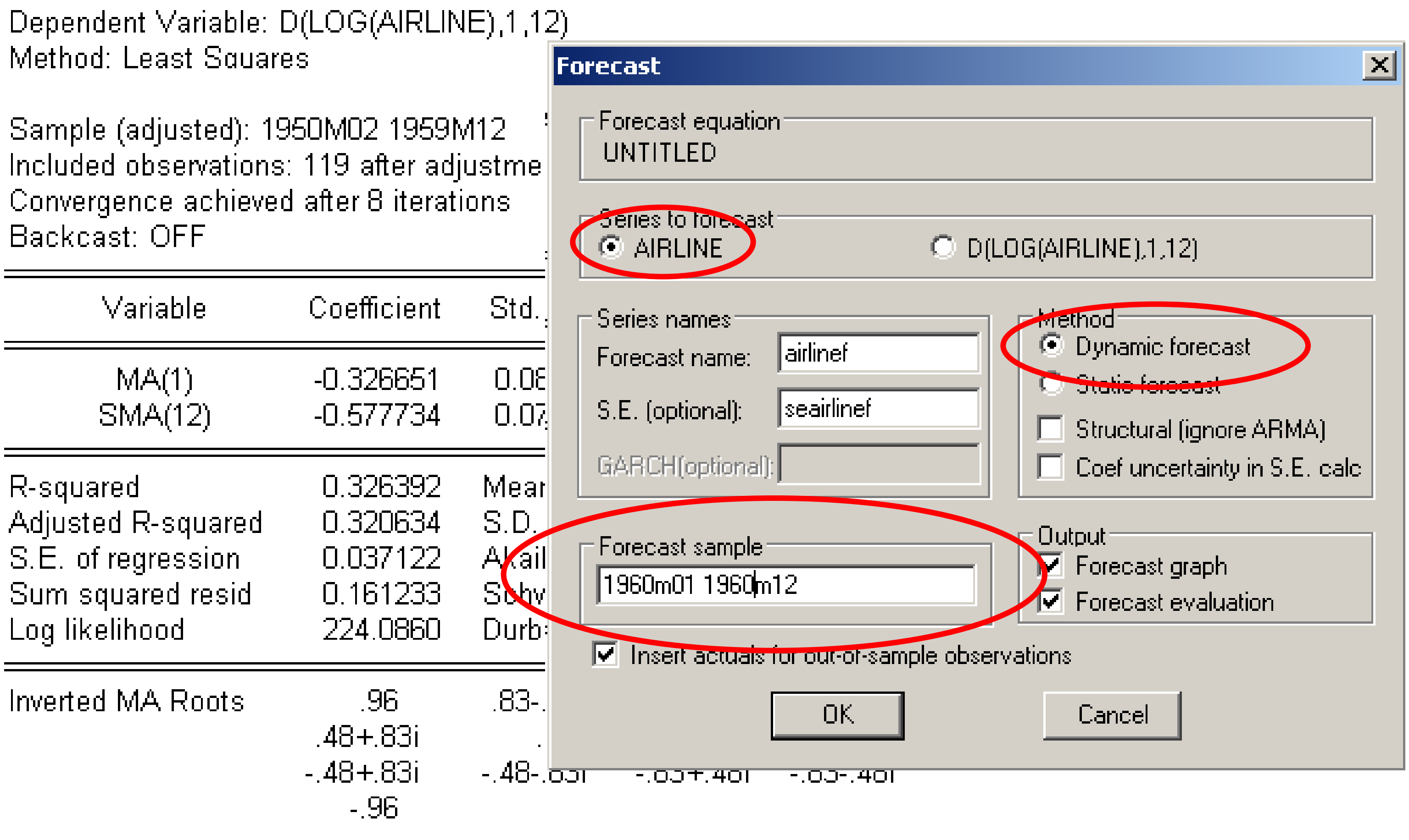
$$Y_t \sim \text{SARIMA}(0,1,1)\text{x}(0,1,1)_{12}$$ ***(airline models)***

e, portanto,

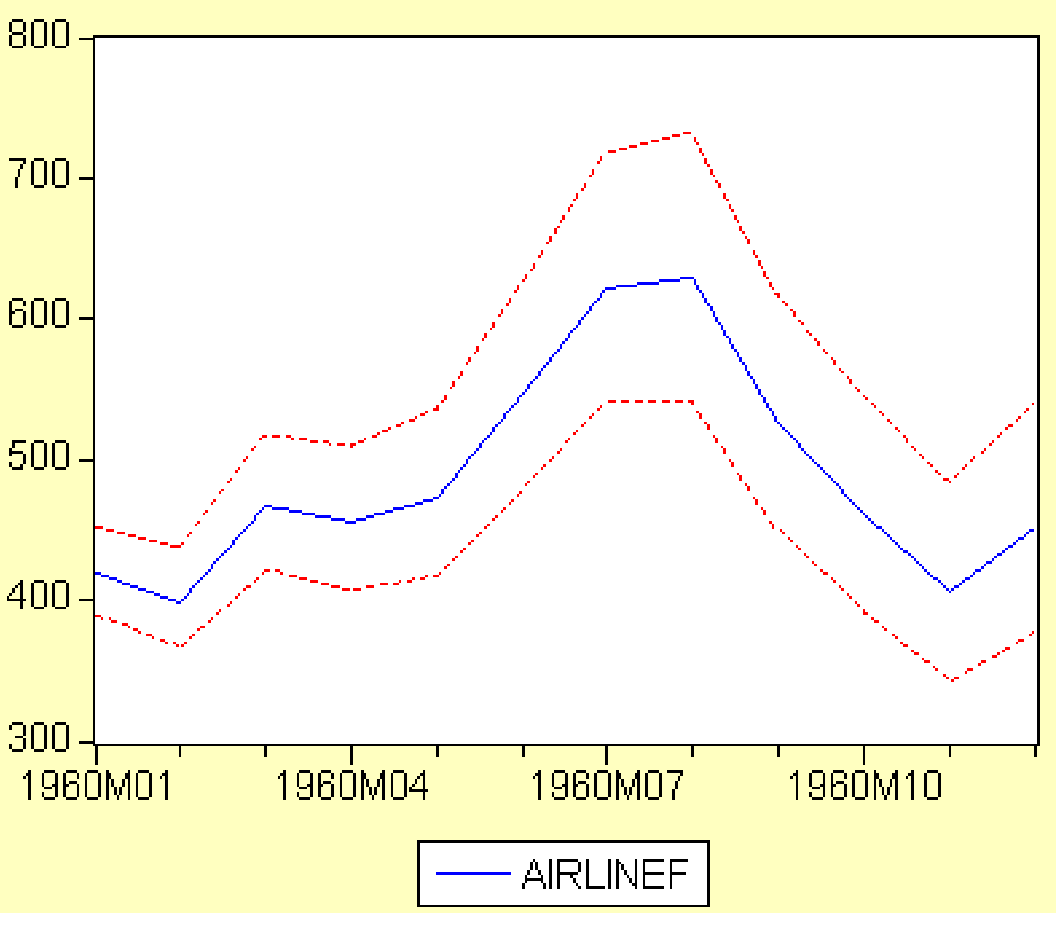
$$(1-L)(1-L^{12})Y_t = (1-0{,}326L)(1-0{,}578L^{12})\varepsilon_t$$

Exercício

l) Faça previsões, a partir do modelo proposto em (i). Compare os resultados previstos com os observados. Comente.



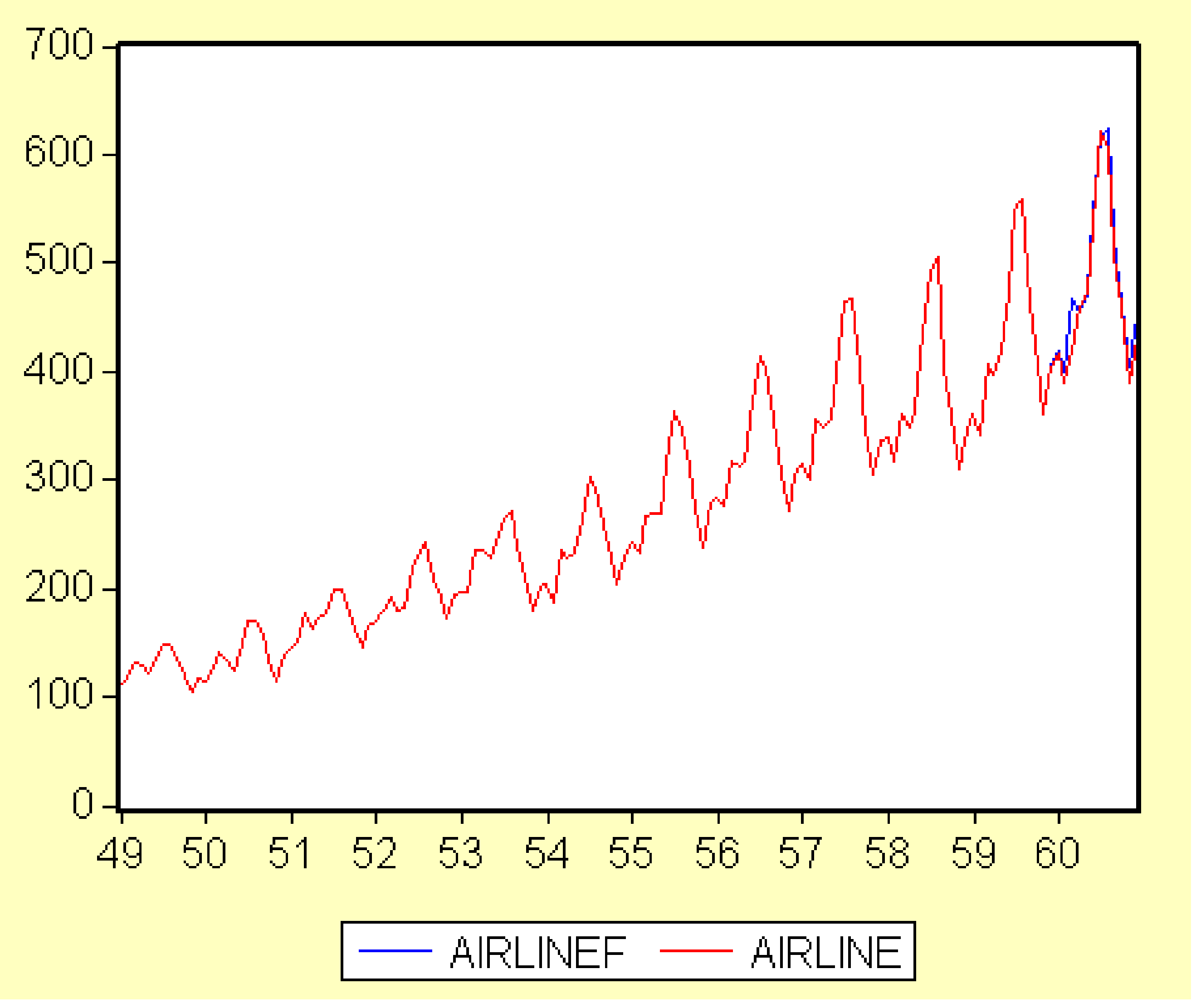
Exercício – cont. (l)



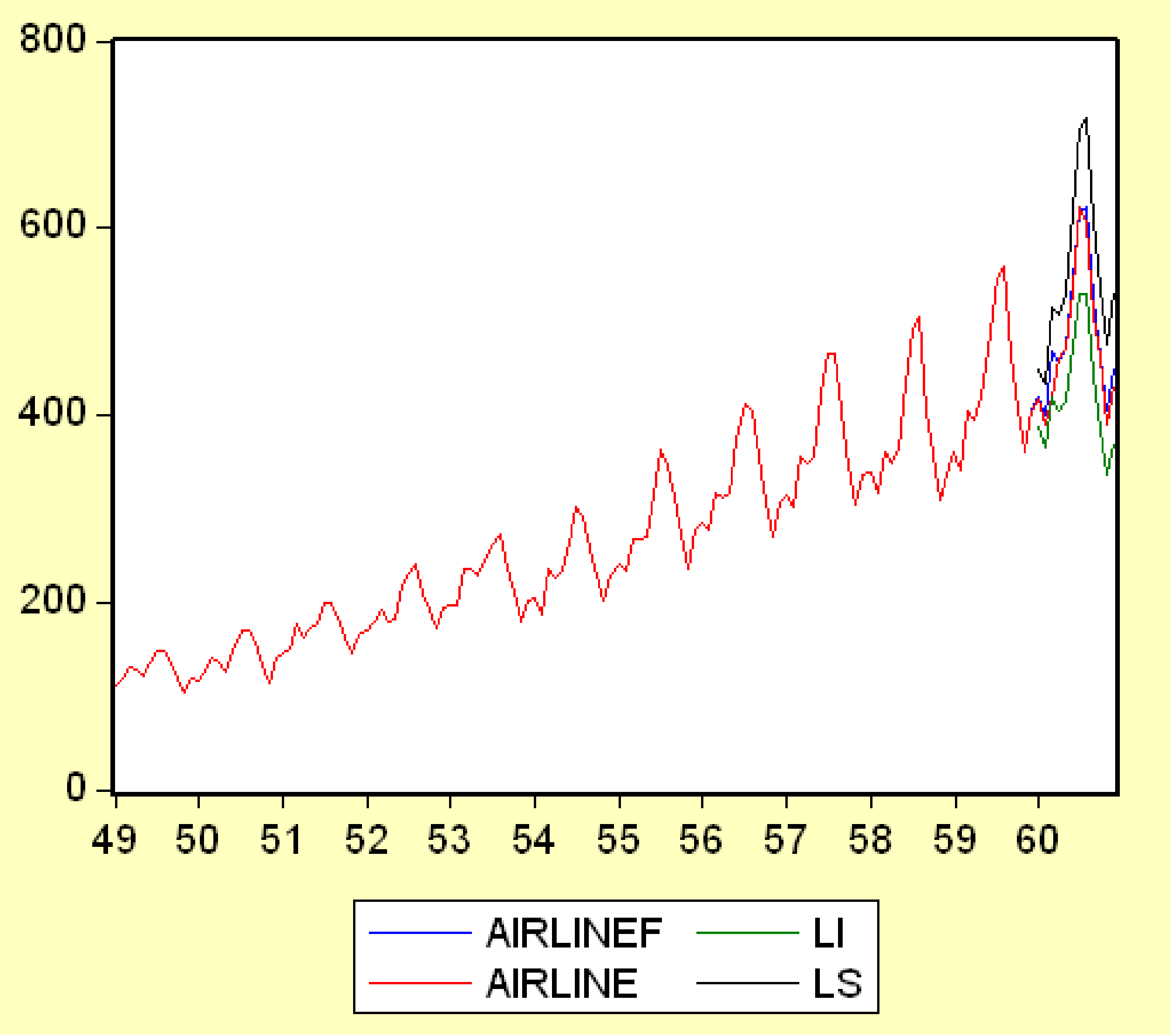
Forecast: AIRLINEF
Actual: AIRLINE
Forecast sample: 1960M01 1960M12
Included observations: 12

Root Mean Squared Error	18.50998
Mean Absolute Error	13.15443
Mean Abs. Percent Error	2.885930
Theil Inequality Coefficient	0.018970
Bias Proportion	0.423249
Variance Proportion	0.000444
Covariance Proportion	0.576307

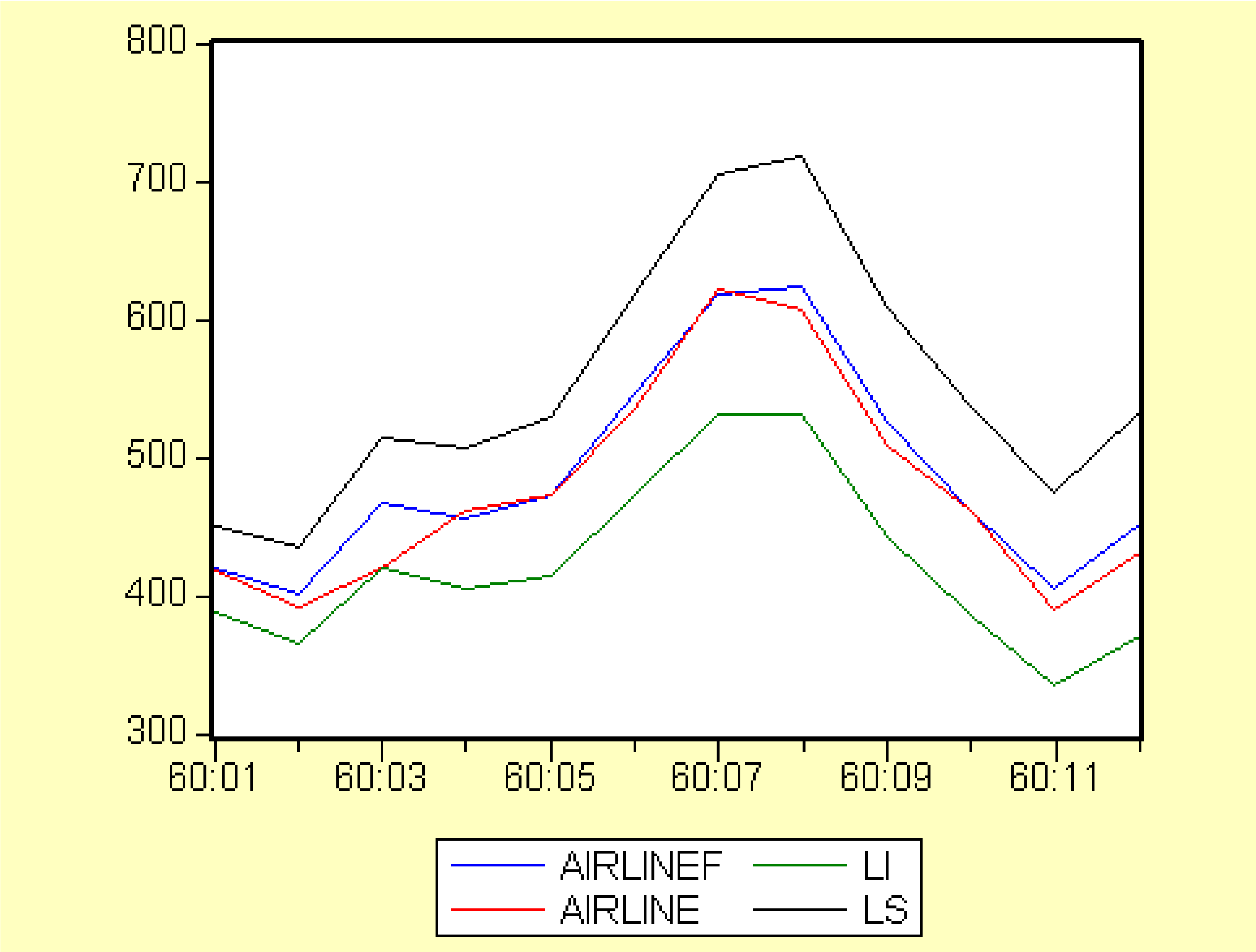
Exercício – cont. (l)



Exercício – cont. (I)



Exercício – cont. (I)



Exercícios

Exercício 1

Incorpore as observações do ano de 1960 à base de dados AIRLINE, e:

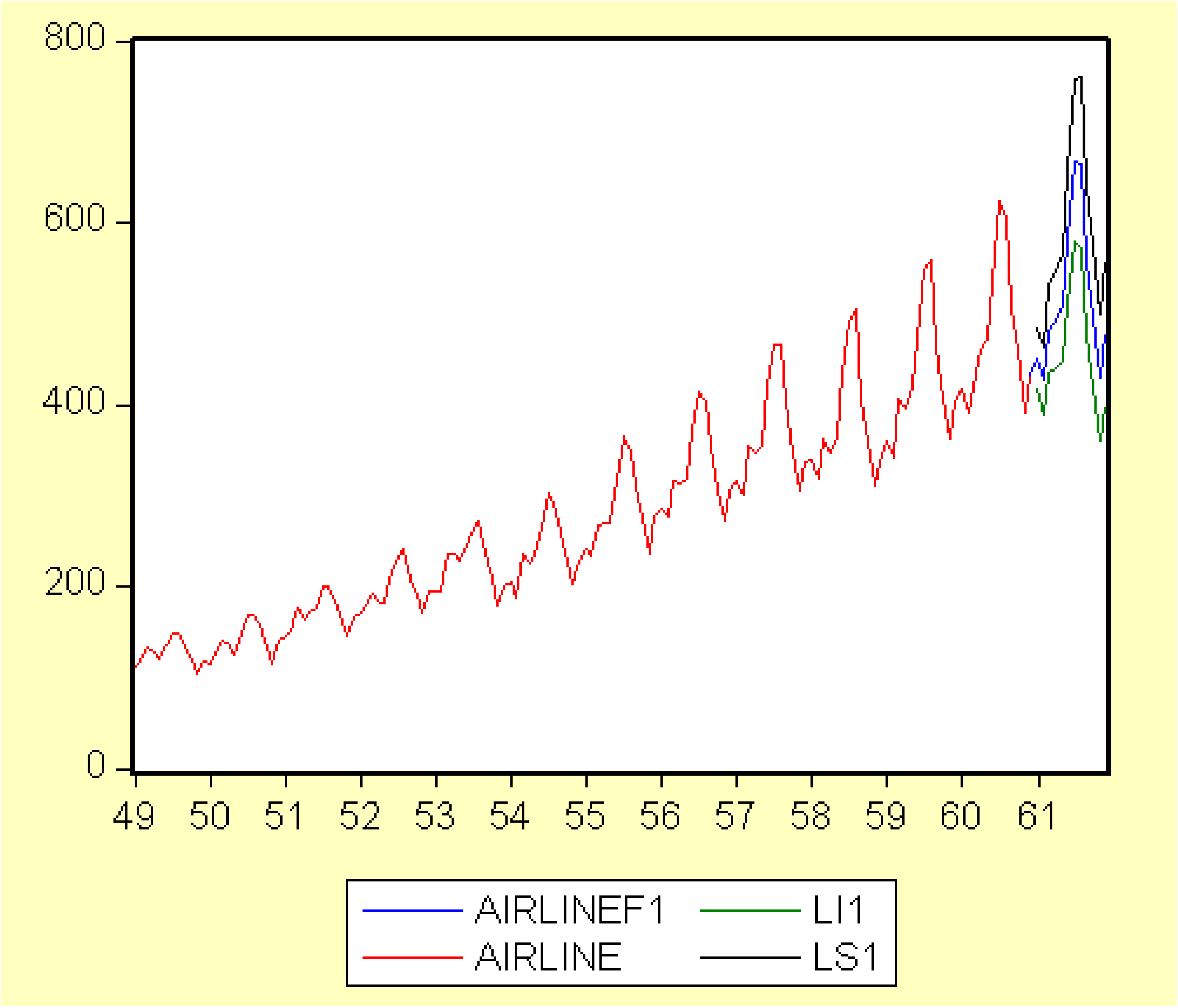
a. re-estime o modelo final;

b. faça uma análise de resíduos completa;

c. preveja o número total de passageiros internacionais (em milhares de passageiros), no período de 1961:01 a 1961:12;

d. elabore gráficos com as previsões e os respectivos ICs.

Exercício 1


800
600
400
200
0
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
AIRLINEF1
LI1
AIRLINE
LS1

Exercício 2

Escolha uma série temporal macroeconômica, coletada mensalmente, que apresente sazonalidade, com pelo menos 10 anos de observações. Ainda, desconsidere as 12 últimas observações e faça o que for pedido:

(a) estime um modelo da classe SARIMA;

(b) faça uma análise de resíduos completa;

(c) faça previsões 12 passos a frente, com origem na última observação considerada na estimação;

(d) compare os resultados obtidos em (c) com os valores originais da série para o período avaliado.