

## **CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA**

### **RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA – 05P12**

**TÍTULO:** Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Interpretação do comportamento de maciços rochosos submetidos a escavações subterrâneas através de técnicas instrumentais de monitoramento geotécnico”.

**PESQUISADOR:** Moustafá Hamze Guidart

**ORIENTADOR:** Lineu Azuaga Ayres da Silva

**INSTITUIÇÃO:** Escola Politécnica – Departamento de Engenharia Mineral

**FINALIDADE:** Tese de Doutorado

**RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE:** Clélia Maria de Castro Toloí  
Camila Goto Russo  
Karen Elisa do Vale Nogueira

#### **REFERÊNCIA DESTE TRABALHO:**

TOLOI, C.M.C.; RUSSO, C.G. e NOGUEIRA, K.E.V. **Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Interpretação do comportamento de escavações subterrâneas através de técnicas instrumentais de monitoramento geotécnico.”** São Paulo, IME-USP, 2005, (RAE – CEA – 05P12).

## **FICHA TÉCNICA**

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

MORETTIN, P. A. e TOLOI, C. M. C. (2004). **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher (Projeto Fisher – ABE).

MORETTIN, P. A. e TOLOI, C. M. C. (1989). **Modelos de Funções de Transferência**. São Paulo: ABE, SBE. 145p.

### **PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:**

Excel for Windows (versão 2002);

Word for Windows (versão 2002);

Minitab for Windows (versão Release 14.1);

SPSS for Windows (versão 11.01);

PERL.

### **TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS:**

Entre parênteses encontra-se a classificação “Statistical Theory & Method Abstracts” (ISI).

Análise Descritiva Unidimensional (03:010);

Séries Temporais (11:010).

### **ÁREA DE APLICAÇÃO:**

Engenharia Mineral (14:990).

## ÍNDICE

Resumo.....	5
1. Introdução.....	6
2. Descrição do Estudo.....	7
3. Descrição das Variáveis.....	9
4. Análise Descritiva.....	13
5. Análise Inferencial.....	16
6. Conclusões.....	21
Apêndice A – Algoritmo em Perl para interpolação dos dados.....	24
Apêndice B – Gráficos das séries originais e interpoladas.....	26
Apêndice C – “Box-plots”.....	36
Apêndice D – Histogramas.....	47
Apêndice E – Gráficos das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial.....	57
Apêndice F – Correlações cruzadas.....	146
Apêndice G – Tabelas das correlações cruzadas.....	180
Apêndice H – Corda $F_{\perp}$ e $RI_{P4}$ .....	184
Apêndice I – Procedimento para modelar as relações entre as séries temporais.....	188

## **Resumo**

O presente trabalho trata-se de um estudo do comportamento do túnel Rodoanel da Grande São Paulo, considerando suas condições geomecânicas, etapas construtivas e tipos de instrumentos instalados.

As deformações, pressões e níveis da água subterrânea e as variações de temperaturas localizadas no maciço rochoso ou no solo, conseqüentes de uma escavação subterrânea, permitem definir níveis de emergência, corrigir a obra em construção, bem como projetar obras futuras.

Durante a construção do túnel, foram mensuradas deformações superficiais, deformações internas e níveis da água subterrânea, por equipamentos de instrumentação geotécnica. O trabalho tem por objetivo avaliar a relação existente entre essas medições obtidas em toda a extensão do túnel.

Foram construídos modelos que descrevem a relação existente entre algumas séries temporais mensuradas.

## 1. Introdução

As escavações subterrâneas provocam alterações na estrutura do solo que podem chegar a limites críticos, causando rompimento da obra e propagando-se, por subsidência, na estabilidade da superfície do terreno, donde decorre a importância de se analisar e controlar a estabilidade do solo.

O monitoramento do comportamento das tensões naturais e induzidas é feito através de técnicas instrumentais, obtendo-se medições das deformações, das pressões e níveis da água subterrânea e das variações de temperatura localizadas no solo.

O Rodoanel é uma obra projetada há mais de 45 anos e seu primeiro trecho começou a ser construído em outubro de 1998, por uma empresa do Governo do Estado: a Dersa.

A sua construção teve por objetivo desviar o imenso fluxo de caminhões e carretas – mais de 100 mil por dia – de dentro da capital para fora da região metropolitana, a fim de diminuir os congestionamentos na região, reduzir os buracos nas ruas, a fumaça no ar, os atropelamentos e os acidentes.

O túnel está situado no bairro Parque Imperial, do município de Barueri da Grande São Paulo, entre as rodovias Anhanguera e Presidente Castelo Branco e é composto por duas pistas (interna e externa). O comprimento do túnel pela pista interna é de 648,48 m, pela externa é de 664,00 m e a área total da secção transversal é de 194 m<sup>2</sup>. A área útil da secção transversal é de 144 m<sup>2</sup> e a largura máxima é de 19 m.

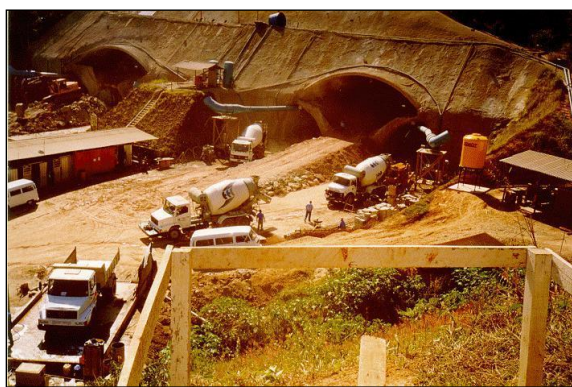
Durante sua construção, foi executado seu monitoramento com diferentes instrumentos geotécnicos. Medições de deformações superficiais e internas e de níveis da água subterrânea foram coletadas durante toda a extensão do túnel.

Pretende-se analisar estatisticamente os dados coletados, avaliando relações entre diferentes medições, bem como entre medições feitas por diferentes instrumentos em cada secção.

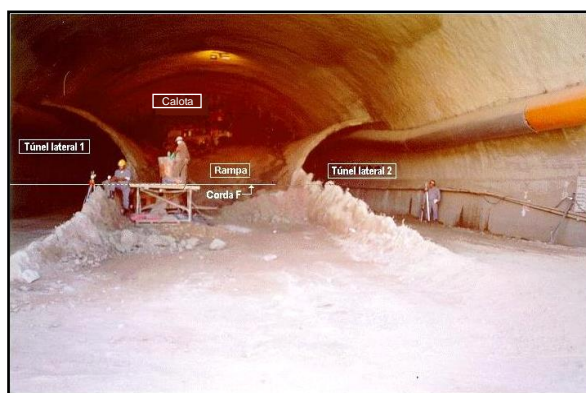
## 2. Descrição do Estudo

Para a realização do experimento, o túnel foi dividido em 34 secções transversais ao longo de sua extensão. Foram coletadas amostras de deformações superficiais e internas e de níveis de água subterrânea, ambas medidas com diferentes instrumentos e em diferentes locais (marcos), para cada uma das secções. Salientamos que as amostras coletadas não obedeciam a uma seqüência lógica temporal.

A construção do túnel foi feita em etapas. Como o Rodoanel é um túnel de grande porte, a fim de conferir suporte à sua construção, foram construídos inicialmente, dois pequenos túneis, denotados por: túnel lateral 1 e túnel lateral 2, que foram destruídos na medida em que se avançaram as etapas de construção. Dessa forma, as amostras coletadas referem-se às medições nos túneis laterais 1 e 2 e na calota do túnel em diferentes secções. A calota corresponde à superfície construída em forma de abóbada no túnel. As Figuras 2.1 e 2.2 ilustram as etapas de construção do túnel e a calota.



**Figura 2.1.** Construção do túnel Rodoanel



**Figura 2.2.** Visualização dos túneis laterais 1 e 2

Os instrumentos utilizados para se obter as medições das deformações foram:

- \* Nível de alta precisão: mede a leitura do recalque superficial (deformação vertical na superfície do túnel) a partir de um ponto de altura conhecida (nível profundo) sobre um marco solidarizado à região superficial do terreno, através da colocação de uma placa com aproximadamente (250 x 250 x 6,3) mm, em posição de pequena profundidade (até 0,5 m). A esta placa liga-se perpendicularmente uma haste metálica com diâmetro de 20 mm, que possui em sua extremidade superior aflorante à superfície uma cabeça esférica de bronze para apoio da mira de aço para realização das leituras.
- \* Trena de tensão: usada para medir a convergência (deslocamento relativo entre dois pontos) da calota.

O instrumento utilizado para medir os níveis de água subterrânea foi:

- \* Pio elétrico sonoro: inserido em dois tipos de instalações – INA (normal) e PZN (com pressão), localizadas em marcos pré-determinados. A instalação INA se dá em uma perfuração de 4”, onde são inseridos tubos de PVC de diâmetro de ½” a 2”, perfurados e ranhurados seguindo espaçamentos regulares em toda a sua extensão e fechados em suas extremidades inferiores através de um “CAP”, sendo que o trecho perfurado e ranhurado é envolto por duas camadas de telas de nylon ou geotêxtil, que funcionam como filtro. A instalação PZN constitui-se de uma tubulação metálica ou de PVC, que é instalada no interior de furos de sondagem, até o local no qual pretende-se medir a subpressão. A instalação PZN difere da instalação INA por não possuir perfurações em toda a extensão do tubo, o que permite medir o nível de água com pressão.

Diante da enorme quantidade de dados mensurados em toda a extensão do túnel Rodoanel e da inviabilidade de se analisar todas as informações coletadas no tempo que nos é permitido, o pesquisador selecionou as secções 5 e 11 da pista externa, que são as mais representativas em função das características geomecânicas do solo, da cobertura e dos resultados das medidas dos instrumentos instalados.

### **3. Descrição das Variáveis**

Para cada uma das secções, foram obtidas medições nos túneis lateral 1 e 2 e na calota. Salientamos que essas medidas não foram observadas em tempos igualmente espaçados; esse fato criará um problema adicional na análise. Abaixo, temos a relação dessas variáveis analisadas, bem como o marco onde o instrumento foi colocado para se obter essas medições.

## **Secção 5**

No túnel lateral 1 (TL1) foram medidos: deformação superficial (m) no marco A (RS5A) e níveis de água (m) por meio do pio elétrico sonoro da instalação INA, no marco A; e da instalação PZN, no marco B, respectivamente (INA5A e PZN5B).

No túnel lateral 2 (TL2) foram medidos: deformação superficial (m) no marco B (RS5B) e níveis de água (m) por meio do pio elétrico sonoro da instalação INA, no marco C; e da instalação PZN, no marco B, respectivamente (INA5C e PZN5B).

Na calota (Cal) foram medidos: convergência de uma corda (mm) (Corda F), deformação interna de uma corda (m), no marco P4 (RI5P4), deformação superficial (m) no marco B (RS5B) e níveis de água (m) por meio do pio elétrico sonoro da instalação INA, no marco A, (INA5A).

## **Secção 11**

No túnel lateral 1 (TL1) foram medidos: deformação superficial (m) no marco A (RS11A) e níveis de água (m) por meio do pio elétrico sonoro da instalação INA, no marco A; e da instalação PZN, nos marcos A e B, respectivamente (INA11A e PZN11B).

No túnel lateral 2 (TL2) foram medidos: deformação superficial (m) no marco B (RS11B) e níveis de água (m) por meio do pio elétrico sonoro da instalação (INA); e da instalação PZN, nos marcos C e B, respectivamente (INA11C e PZN11B).

Na calota (Cal) foram medidos: convergência da corda F (mm) (Corda F), deformação interna (m) no marco P4 (RI11P4) e deformação superficial (m) no marco B (RS11B). Nesta secção, o subsolo estava seco e, portanto, não há medições dos níveis de água subterrâneos.



Portanto, as variáveis avaliadas foram:

## **Secção 5**

### **Túnel Lateral 1:**

- RS5A: Leitura do recalque superficial (m), no marco A; sendo a primeira observação coletada em 26/07/1999 e a última em 22/09/2000, totalizando 72 observações.
- INA5A: Leitura do nível de água (m) no furo de sondagem A; sendo a primeira observação coletada em 22/07/1999 e a última em 22/09/2000, totalizando 71 observações.
- PZN5B: Leitura do nível de água com pressão (m), no furo de sondagem B; sendo a primeira observação coletada em 05/08/1999 e a última em 22/09/2000, totalizando 63 observações.

### **Túnel Lateral 2:**

- RS5B: Leitura do recalque superficial (m), no marco B; sendo a primeira observação coletada em 26/07/1999 e a última em 22/09/2000, totalizando 71 observações.
- INA5C: Leitura do nível de água (m) no furo de sondagem C; sendo a primeira observação coletada em 22/07/1999 e a última em 22/09/2000, totalizando 71 observações.
- PZN5B: Leitura do nível de água com pressão (m), no furo de sondagem B; sendo a primeira observação coletada em 05/08/1999 e a última em 22/09/2000, totalizando 63 observações.

### **Calota:**

- Corda F5: Leitura da convergência da corda (mm); sendo a primeira observação coletada em 26/09/2000 e a última em 27/06/2002, totalizando 95 observações.

- RI5P4: Leitura do recalque interno (m) no ponto P4; sendo a primeira observação coletada em 26/09/2000 e a última em 27/06/2002, totalizando 93 observações.
- RS5B-cal: Leitura do recalque superficial (m), no marco B; sendo a primeira observação coletada em 25/09/2000 e a última em 06/01/2003, totalizando 82 observações.
- INA5A: Leitura do nível de água (m) no furo de sondagem A; sendo a primeira observação coletada em 29/09/2000 e a última em 28/03/2002, totalizando 45 observações.

## **Secção 11**

### **Túnel Lateral 1:**

- RS11A: Leitura do recalque superficial (m), no marco A; sendo a primeira observação coletada em 31/01/2000 e a última em 06/04/2001, totalizando 55 observações.
- INA11A: Leitura do nível de água (m) no furo de sondagem A; sendo a primeira observação coletada em 24/09/1999 e a última em 22/09/2000, totalizando 49 observações.
- PZN11B: Leitura do nível de água com pressão (m), no furo de sondagem B; sendo a primeira observação coletada em 24/09/1999 e a última em 22/09/2000, totalizando 53 observações.

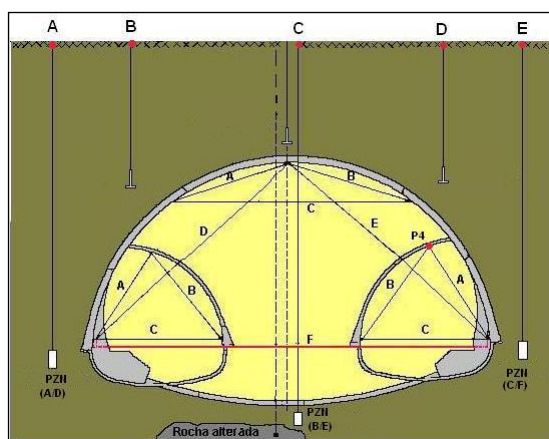
### **Túnel Lateral 2:**

- RS11B: Leitura do recalque superficial (m), no marco B; sendo a primeira observação coletada em 31/01/2000 e a última em 06/04/2001, totalizando 55 observações.
- INA11C: Leitura do nível de água (m) no furo de sondagem C; sendo a primeira observação coletada em 24/09/1999 e a última em 22/09/2000, totalizando 49 observações.
- PZN11B: Leitura do nível de água com pressão (m), no furo de sondagem B; sendo a primeira observação coletada em 24/09/1999 e a última em 10/04/2001, totalizando 54 observações.

### Calota:

- Corda F11: Leitura da convergência da corda (mm); sendo a primeira observação coletada em 24/03/2001 e a última em 18/03/2002, totalizando 40 observações.
- RI11P4: Leitura do recalque interno (m) no ponto P4; sendo a primeira observação coletada em 24/03/2001 e a última em 18/03/2002, totalizando 40 observações.
- RS11B-cal: Leitura do recalque superficial (m), no marco B; sendo a primeira observação coletada em 23/03/2001 e a última em 02/01/2003, totalizando 103 observações.

Na Figura 2.3 pode-se ver a localização dos marcos superficiais, da instalação PZN, da corda F e da referência P4.



**Figura 2.3** Visualização dos referenciais e da instalação PZN

## 4. Análise Descritiva

Algumas séries analisadas foram coletadas em intervalos totalmente irregulares no tempo. A mais crítica delas foi a série RS5A-TL1, que apresentou um intervalo de 5 meses de observações faltantes.

Pelo fato das amostras coletadas não obedecerem a uma seqüência lógica temporal (intervalos de tempo não igualmente espaçados), houve a necessidade de se interpolar os dados. Utilizamos interpolação linear para gerar as observações diárias e

então tomamos médias semanais dos dados interpolados, de forma que os dados analisados se referem a observações médias semanais; este procedimento foi feito em acordo com o pesquisador. O algoritmo utilizado para interpolar os dados encontra-se no Apêndice A.

Notamos que os gráficos referentes à variável Corda F\_ (Gráficos H1 e H5) e à variável RI\_P4 (Gráficos H3 e H7) apresentaram pontos destoantes dos demais, pontos estes, identificados pelo pesquisador como observações discrepantes e, portanto, foram retirados da análise. Os Gráficos (H2 e H6) e (H4 e H8) correspondem, respectivamente, aos gráficos referentes à variável Corda F\_ e RI\_P4 sem as observações discrepantes e neles pode-se observar uma mudança brusca no comportamento dos dados, pois estes seguiam constantes e em um determinado momento, mudaram de patamar e continuaram a seguir constantes. O pesquisador explica que esse fato pode ter sido decorrente de uma interferência externa nas medições, como por exemplo, a passagem de uma máquina pelo local onde estavam as referências para a corda F e o ponto P4, fazendo com que estas se perdessem. Novas referências foram alocadas e a partir delas, novas medições foram registradas, justificando a mudança brusca no perfil dos gráficos dessas variáveis. Diante do ocorrido, em nossa análise consideramos as medições mais recentes dessas variáveis.

As séries originais bem como as interpolações podem ser observadas no Apêndice B. Notamos que todos os gráficos das variáveis RS apresentam tendência negativa, isto é, as leituras das deformações superficiais diminuem no decorrer do tempo, o que é razoável, pois segundo o pesquisador, na medida em que o túnel vai sendo construído, devido ao abalo na estrutura do solo, espera-se que as deformações aumentem até que o solo adquira novamente estabilidade. Notamos também que todos os gráficos das variáveis INA e PZN apresentam tendência negativa, o que também é razoável, pois segundo o pesquisador, na medida em que ocorre a escavação do solo, espera-se que a água escoe do local.

Os Box-plots (ver Apêndice C) apresentaram, em sua maioria, pontos discrepantes. Vale ressaltar que os dados avaliados possuem variabilidade muito pequena, de forma que estes pontos não se tratam de observações muito diferentes das avaliadas. Apenas o Gráfico C5-i possui um ponto discrepante que, segundo o pesquisador, trata-se de erros de medições nos dias 26/9/2000 e 27/9/2000 e, portanto,

foi retirado da análise. O Gráfico C5-ii corresponde ao Gráfico C5-i sem o ponto discrepante, no qual ainda se notam a presença de pontos discrepantes, porém, oriundos da pequena variabilidade dos dados. Notamos também, que as variáveis não parecem ser simétricas, com exceção da variável RS5B-TL2, fato que também pode ser observado nos histogramas do Apêndice D.

Os histogramas referentes às variáveis RS\_A e RS\_B são os que mais se aproximaram da curva de Gauss, com exceção do Gráfico D9, enquanto que os demais não se aproximaram de nenhuma distribuição conhecida.

Para elucidar relações de causalidade entre as séries observadas utilizaremos uma ferramenta denominada correlação cruzada amostral (Morettin e Tolo, 1989). Entretanto, inferências baseadas nessas correlações podem conduzir a resultados enganadores, se as autocorrelações presentes em cada uma das séries a serem correlacionadas não forem removidas. Deve-se, portanto, primeiramente, transformá-las em séries estacionárias e, em seguida, ajustar modelos apropriados para remover as autocorrelações presentes em cada uma delas. As correlações cruzadas entre as variáveis observadas encontram-se no Apêndice F.

Ilustraremos o procedimento utilizado para correlacionar as séries temporais observadas por meio de um exemplo com as séries RS5A-TL1 e RS5B-TL2.

**(i)** Os Gráficos E72 e E75 indicam uma possível tendência nas séries RS5A-TL1 e RS5B-TL2, respectivamente, e, portanto, tomamos uma diferença em cada uma delas;

**(ii)** Os Gráficos E73 e E76 apresentam lag 1 significativo, indicando a necessidade de se modelar as séries com um parâmetro auto-regressivo de ordem 1;

**(iii)** Os Gráficos E74 e E77 indicam que os resíduos são ruídos brancos e, portanto, podemos correlacioná-los sem que haja relações espúrias perturbando a interpretação das correlações;

**(iv)** O Gráfico F14 mostra que as séries RS5A-TL1 e RS5B-TL2 parecem ser correlacionadas instantaneamente (correlação bastante alta e igual a 0,75), isto é, o valor presente de RS5A-TL1 deverá ser melhor predito se o valor de RS5B-TL2 for incluído no modelo.

As tabelas do Apêndice G apresentam as correlações cruzadas entre as variáveis observadas para cada secção. Estão representadas na cor roxa, as caselas correspondentes às variáveis que não continham intersecção em seus tempos de medições e, portanto, não puderam ser correlacionadas. Na cor azul, temos as correlações das variáveis que parecem estar correlacionadas. Na Tabela G1 destacam-se as variáveis RS5A-TL1 e RS5B-TL2, pois apresentam correlação instantânea igual a 0,75 e, portanto, parecem estar altamente correlacionadas linearmente. Na Tabela G2 destacam-se as variáveis RS11-TL1 e RS11B-TL2, com correlação instantânea igual a 1 e as variáveis Corda F e RI11P4 com correlação instantânea igual a -0,93. Estas variáveis também parecem estar altamente correlacionadas linearmente e instantaneamente. Nas Tabelas G3 e G4 estão representadas na cor verde, as caselas correspondentes às variáveis que não apresentaram correlações não instantâneas significantes. Na Tabela G3 destacam-se as variáveis INA5A-TL1 e PZN5B-TL1 com correlação 0,71 no lag 1, isto é, a variável INA5A-TL1 parece influenciar na variável PZN5B-TL1 uma semana depois. Na Tabela G4, destacam-se as variáveis RS11B-TL2 e INA11C-TL2 com correlação igual a -0,69 no lag -5, isto é, a variável INA11C-TL2 parece influenciar na variável RS11B-TL2 cinco semanas depois.

## 5. Análise Inferencial

Esta parte do projeto visa encontrar modelos apropriados, denominados funções de transferência, que descrevam a relação existente entre as séries temporais mensuradas em cada secção do túnel. Diante da enorme quantidade de variáveis, em acordo com o pesquisador, ficou decidido que as relações entre as seguintes séries seriam modeladas.

- 1) INA5A-TL1 e PZN5B-TL1
- 2) PZN5B-TL2 e RS5B-TL2
- 3) Corda F5 e INA5A-cal
- 4) RI5P4 e RS5B-cal
- 5) RS5A-TL1 e RS5B-TL2
- 6) PZN5B-TL1 e RS5B-TL2
- 7) INA5A-TL1 e INA5C-TL2
- 8) INA5A-TL1 e PZN5B-TL2
- 9) INA11A-TL1 e PZN11B-TL1
- 10) RS11B-TL2 e INA11C-TL2
- 11) INA11C-TL2 e PZN11B-TL2
- 12) RS11B-TL2 e PZN11B-TL2
- 13) RS11A-TL1 e INA11C-TL2
- 14) PZN11B-TL1 e RS11B-TL2
- 15) Corda F11 e RI11P4
- 16) RS11B-cal e RI11P4

Box, Jenkins e Reinsel propuseram um procedimento para modelar as relações entre  $X_t$  e  $Y_t$ , séries de entrada e saída, respectivamente, isto é,  $X_t$  causa  $Y_t$  (Morettin e Toloi, 1989). O procedimento consiste nos seguintes passos:

**(i)** Primeiramente, tornar as séries  $X_t$  e  $Y_t$  estacionárias, que serão denominadas  $x_t$  e  $y_t$ , respectivamente. Em seguida, devemos pré-branquear a série  $x_t$ , isto é, modelar  $x_t$  até que seus resíduos tornem-se ruídos brancos. Denotamos esses resíduos por  $a_{x_t}$ ;

**(ii)** Filtrar a série  $y_t$ , isto é, modelar  $y_t$  com o mesmo modelo ajustado para  $x_t$ . Denotamos os resíduos obtidos pelo filtro de  $a_{y_t}$ ;

**(iii)** Obter a correlação cruzada amostral de  $a_{x_t}$  e  $a_{y_t}$  com os correspondentes intervalos de confiança, que servirão para testar a significância dos elementos da função peso que será obtida no item **(iv)**;

**(iv)** Construir a função peso  $v(j)$  através da seguinte estatística:  $\hat{v}(j) = \frac{S_y}{S_x} r_{xy}(j)$ ,

onde  $S_x$  e  $S_y$  são, respectivamente, desvio padrão de  $a_{x_t}$  e desvio padrão de  $a_{y_t}$  e  $r_{xy}(j)$  é a estimativa da correlação cruzada amostral no lag  $j$ . Em seguida, deve-se avaliar o comportamento da função peso, isto é, verificar se a mesma possuiu um padrão típico de uma senóide, de uma exponencial amortecida ou, simplesmente, alguns valores significantes isolados;

**(v)** Esse passo subdivide-se nos seguintes itens:

**(a)** Ajustar um modelo de regressão linear com a variável  $y_t$  e  $x_t$  de acordo com o padrão identificado no passo **(iv)**;

**(b)** Verificar se as variáveis colocadas no modelo são significativas;

**(c)** Tomar os resíduos  $\varepsilon_t$  do modelo reduzido, isto é, o modelo com as variáveis que se mostraram significativas e verificar se os resíduos são ruídos brancos. Se os resíduos forem ruídos brancos então o modelo que relaciona  $x_t$  e  $y_t$  é o modelo reduzido de regressão linear obtido em **(a)**. Em contrapartida, se os resíduos não forem ruídos brancos então devemos prosseguir para o passo **(vi)**;

**(vi)** Ajustar um modelo de regressão linear com erros correlacionados até que os resíduos  $\eta_t$  tornem-se ruídos brancos;

**(vii)** Escrever o modelo final em função de  $X_t$  e  $Y_t$ .

Os gráficos e os modelos utilizados no procedimento para modelar as relações entre as séries temporais mensuradas encontram-se no Apêndice I.

A fim de ilustrar esse procedimento construiremos, passo a passo, o modelo que relaciona as séries RS11B-TL2 e PZN11B-TL2.

**(i)** Tomamos a série PZN11B-TL2 estacionária. Salientamos que todas as séries temporais apresentavam tendência e tornaram-se estacionárias com uma diferença



simples. O modelo referente ao pré-branqueamento da série estacionária PZN11B-TL2, bem como a função de autocorrelação do seu respectivo resíduo encontram-se no Apêndice I12.a;

**(ii)** Através do modelo obtido em (i) filtramos a série RS11B-TL2 e obtivemos os resíduos  $a_{y_t}$ ;

**(iii)** Obtivemos a correlação cruzada amostral de  $a_{x_t}$  e  $a_{y_t}$ . Ver Apêndice I12.b;

**(iv)** Avaliamos que a função peso construída no Apêndice I12.c apresenta, simplesmente, alguns valores significantes isolados. Através da correlação cruzada amostral obtida em **(iii)** observamos que os valores significantes da função peso são:  $v(1)$ ,  $v(3)$  e  $v(4)$ ;

**(v)** O modelo reduzido bem como as funções de autocorrelação e autocorrelação parcial dos seus respectivos resíduos encontram-se no Apêndice I12.d. Observamos que a autocorrelação e a autocorrelação parcial referente ao lag 1 mostrou-se significativa e, portanto, concluímos que o modelo de regressão linear não é adequado, pois os erros não são independentes.

**(vi)** O modelo linear com erros correlacionados bem como a função de autocorrelação do seu respectivo resíduo encontra-se no Apêndice I12.e. Avaliamos que o resíduo é ruído branco e, portanto, este modelo corresponde ao modelo que relaciona as séries  $x_t$  e  $y_t$ ;

**(vii)** O modelo final que relaciona as séries RS11B-TL2 e PZN11B-TL2 é:

$$Y_t = Y_{t-1} - 0,000132 + 0,00026 X_{t-1} - 0,00026 X_{t-2} - 0,000085 X_{t-3} - 0,00026 X_{t-4} - 0,000111 X_{t-5} + \eta_t, \quad \eta_t = 0,459475 \eta_{t-1} + \theta_t, \quad \theta_t \sim \text{RB}(0, \sigma_\theta^2), \quad \hat{\sigma}_\varepsilon^2 \cong 0$$

Portanto, temos que a série RS11B-TL2 pode ser prevista utilizando sua observação da semana anterior e as observações da série PZN11B-TL2 defasadas em 1, 2, 3, 4 e 5 semanas.

Procedemos dessa mesma forma e obtivemos os seguintes modelos:

$$1) Y_t = Y_{t-1} + 0,1481 X_{t-1} - 0,1481 X_{t-2} + \hat{\eta}_t,$$

$$\hat{\eta}_t = -0,5054 \hat{\eta}_{t-2} + \hat{\theta}_t - 0,7674 \hat{\theta}_{t-2}, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2), \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2 = 0,0332$$

$$2) Y_t = Y_{t-1} - 0,005 + 0,0017 X_t - 0,0017 X_{t-1} + \hat{\eta}_t,$$

$$\hat{\eta}_t = 0,5097 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2), \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2 \cong 0$$

$$3) *$$

$$4) *$$

$$5) Y_t = Y_{t-1} + 0,5564 X_{t-1} - 0,5564 X_{t-2} + \hat{\varepsilon}_t, \hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2), \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2 = 0,001243$$

$$6) Y_t = Y_{t-1} + 0,002 X_t - 0,0015 X_{t-1} - 0,0005 X_{t-2} + \hat{\eta}_t,$$

$$\hat{\eta}_t = 0,5330 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2), \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2 \cong 0$$

$$7) Y_t = Y_{t-1} + 0,5121 X_t + 0,1394 X_{t-4} + \hat{\varepsilon}_t, \hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2), \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2 = 0,0000$$

$$8) Y_t = Y_{t-1} + 0,1481 X_{t-1} - 0,1481 X_{t-2} + \hat{\eta}_t,$$

$$\hat{\eta}_t = -0,5054 \hat{\eta}_{t-2} + \hat{\theta}_t - 0,7678 \hat{\theta}_{t-2}, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2), \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2 = 0,0332$$

$$9) Y_t = Y_{t-1} - 0,2985 + 0,7445 X_{t-1} - 0,7445 X_{t-2} - 0,3472 X_{t-3} + 0,3472 X_{t-4} + \hat{\eta}_t,$$

$$\hat{\eta}_t = 0,5699 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t + 0,9797 \hat{\theta}_{t-2}, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_\theta^2), \hat{\sigma}_\theta^2 = 0,3309$$

$$10) Y_t = Y_{t-1} - 0,000189 + 0,00009 X_{t-4} - 0,00009 X_{t-5} + \hat{\varepsilon}_t, \hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_\varepsilon^2), \hat{\sigma}_\varepsilon^2 \cong 0$$

$$11) Y_t = Y_{t-1} + 1,1266 X_{t-2} - 1,1266 X_{t-3} + \hat{\eta}_t,$$

$$\hat{\eta}_t = 0,3801 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_\theta^2), \hat{\sigma}_\theta^2 = 0,5142$$

$$12) Y_t = Y_{t-1} - 0,000132 + 0,00026 X_{t-1} - 0,00026 X_{t-2} - 0,000085 X_{t-3} - 0,00026 X_{t-4} - 0,000111 X_{t-5} + \hat{\eta}_t, \hat{\eta}_t = 0,459475 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_\theta^2), \hat{\sigma}_\theta^2 \cong 0$$

$$13) Y_t = Y_{t-1} + 0,0582 X_{t-4} - 0,0582 X_{t-5} + \hat{\eta}_t,$$

$$\hat{\eta}_t = 0,6906 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_\theta^2), \hat{\sigma}_\theta^2 = 0,0324$$

$$14) Y_t = Y_{t-1} - 0,0002 + 0,0003 X_{t-1} - 0,0001 X_{t-3} + 0,00018 X_{t-4} - 0,00008 X_{t-4} + \hat{\varepsilon}_t,$$

$$\hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_\varepsilon^2), \hat{\sigma}_\varepsilon^2 \cong 0$$

$$15) Y_t = Y_{t-1} + 253,4604 X_t - 253,4604 X_{t-1} + \hat{\eta}_{t-1},$$

$$\hat{\eta}_t = 0,7302 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_\theta^2), \hat{\sigma}_\theta^2 = 0,0477$$

$$16) Y_t = Y_{t-1} + 0,2143 X_{t-3} - 0,2143 X_{t-4} + \hat{\varepsilon}_t,$$

$$\hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_\varepsilon^2), \hat{\sigma}_\varepsilon^2 \cong 0$$

Os modelos **3)** e **4)** não puderam ser construídos porque não há relação entre as variáveis Corda F5 e INA5A-cal e RI5P4 e RS5B-cal, pois as correspondentes funções peso, não possuem valores significantes (ver Apêndice I3 e I4).

## 6. Conclusões

Com a análise estatística avaliamos que há relações entre diferentes medições, bem como entre medições feitas por diferentes instrumentos em cada secção. Essas relações foram quantificadas por meio de modelos estatísticos apropriados.

No túnel lateral 1, para cada uma das secções avaliadas, contruímos modelos que relacionam níveis de água subterrânea mensuradas nas instalações PZN e INA:

- 1)** INA5A-TL1 e PZN5B-TL1
- 9)** INA11A-TL1 e PZN11B-TL1

No túnel lateral 2, para cada uma das secções avaliadas, construímos modelos que relacionam:

**(a)** Medições dos níveis de água subterrânea mensuradas nas instalações INA e PZN:

- 11)** INA11C-TL2 e PZN11B-TL2
- (b)** Medições dos níveis de água subterrânea nas instalações INA e PZN com as deformações superficiais:
  - 2)** PZN5B-TL2 e RS5B-TL2
  - 10)** RS11B-TL2 e INA11C-TL2
  - 12)** RS11B-TL2 e PZN11B-TL2

Na calota, para cada uma das secções avaliadas, contruímos modelos que relacionam:

- (a)** Convergência da corda F com as deformações internas no ponto P4:
  - 15)** Corda F11 e RI11P4
- (b)** Deformações internas no ponto P4 com deformações superficiais:
  - 16)** RS11B-cal e RI11P4

No que tange a relações entre o túnel lateral 1 e o túnel lateral 2 contruímos modelos que relacionam:

**(a)** Nível de água subterrânea mensurada na instalação INA e deformação superficial:

**7)** INA5A-TL1 e INA5C-TL2

**5)** RS5A-TL1 e RS5B-TL2

**(b)** Nível de água subterrânea nas instalações INA e PZN com deformação superficial:

**6)** PZN5B-TL1 e RS5B-TL2

**13)** RS11A-TL1 e INA11C-TL2

**14)** PZN11B-TL1 e RS11B-TL2

**(c)** Níveis de água subterrânea nas instalações INA e PZN:

**8)** INA5A-TL1 e PZN5B-TL2

Observamos que as variáveis Corda F5 e INA5A-cal e RI5P4 e RS5B-cal não são relacionadas, isto é, na calota da secção 5 do túnel a convergência da corda F não pode ser prevista utilizando as observações semanais do nível de água subterrânea obtido na instalação INA e o recalque superficial também não pode ser previsto utilizando as observações semanais do recalque interno no ponto P4.

## Apêndice A

Algoritmo em Perl para interpolação dos dados

```
#!/usr/bin/perl
```

```
@lista;
```

```

$cont = 0;
$aux;
$valor1;
$valor2;
$resp;
$dif;
$valor1;
$valor2;
$linha = 0;

while(<>){
    if ($_ =~ /^(.+)\n/g) {
        @lista[$linha] = $_;
    }
    if ($_ == '\n') {
        @lista[$linha] = $_;
    }
    $linha++;
}

$valor1 = @lista[0];
$cont = 1;
$ind1 = 0;
$ind2 = 1;
for($cont = 1;$cont < $linha-1; $cont++) {
    if (@lista[$cont] == '\n') {
        for($aux = $cont; @lista[$aux] == '\n'; $aux++) {
        }
        $valor2 = @lista[$aux];
        if ($aux - $cont == 1) {
            $resp = ($valor1 + $valor2)/2;
            @lista[$aux-1] = $resp;
            $valor1 = $valor2;
        }
        else{
            for ($a = $cont; $a!= $aux; $a++) {
                $dif = ($valor1 - $valor2)/($aux - $a);
                $resp = $valor1 - $dif;
                @lista[$a] = $resp;
                $valor1 = $resp;
            }
        }
    }
    else {
        $valor1 = @lista[$cont];
    }
}

    print "\n";
for($a = 0; $a < $linha; $a++){
    print @lista[$a];
    print "\n";
}
;

```

## **Apêndice B**

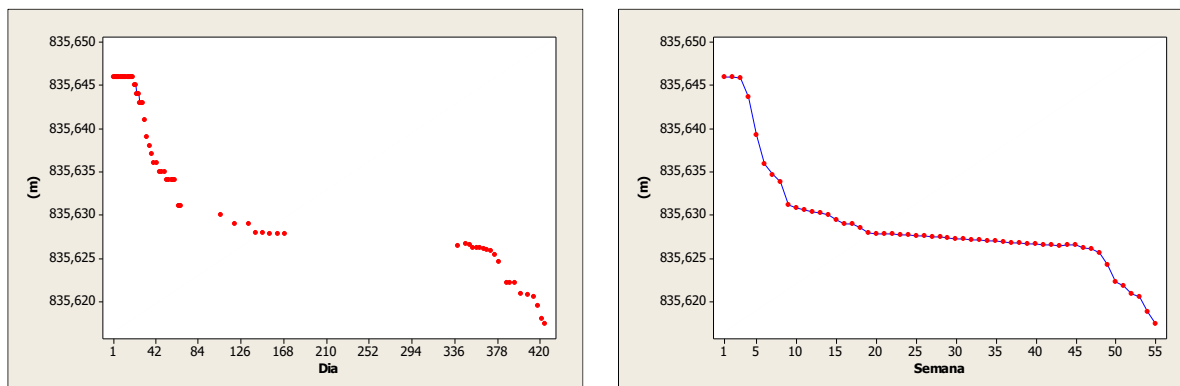
### **Gráficos das séries originais e interpoladas**



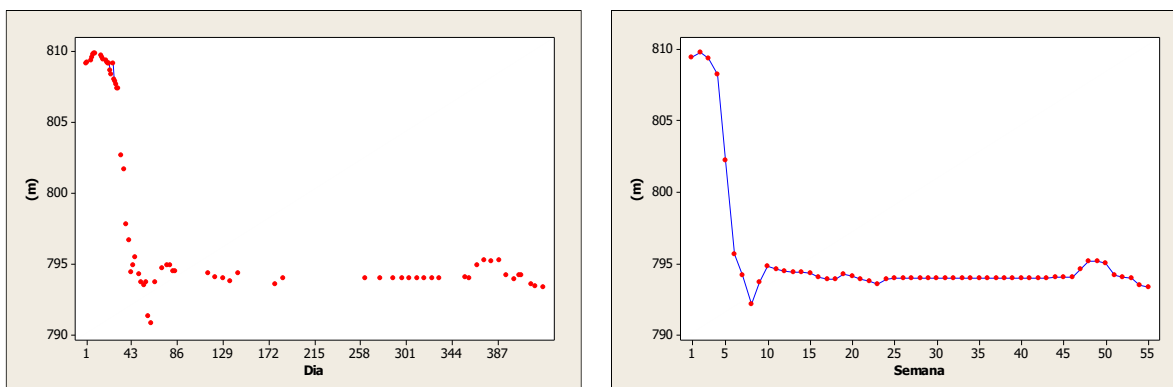
## **Secção 5**

## Túnel lateral 1

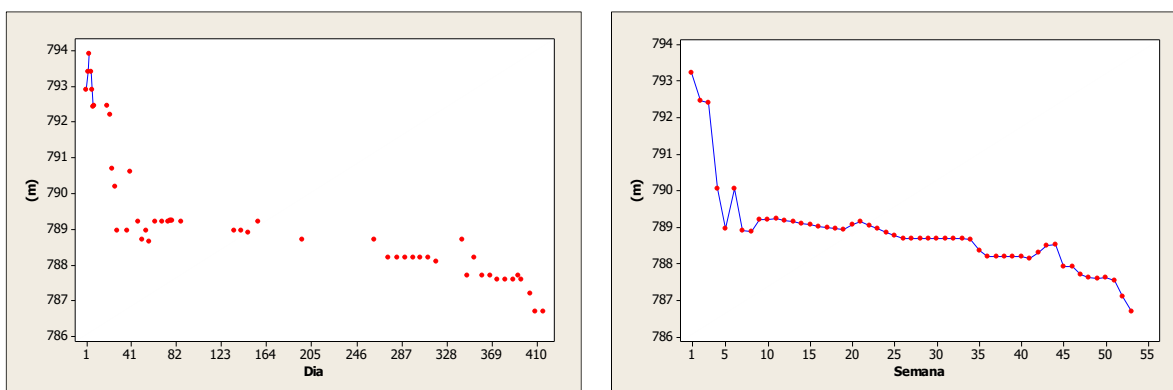
**Gráfico B1. Leitura do RS5A (n = 55)**



**Gráfico B2. Leitura do nível de água através do INA5A (n = 55)**

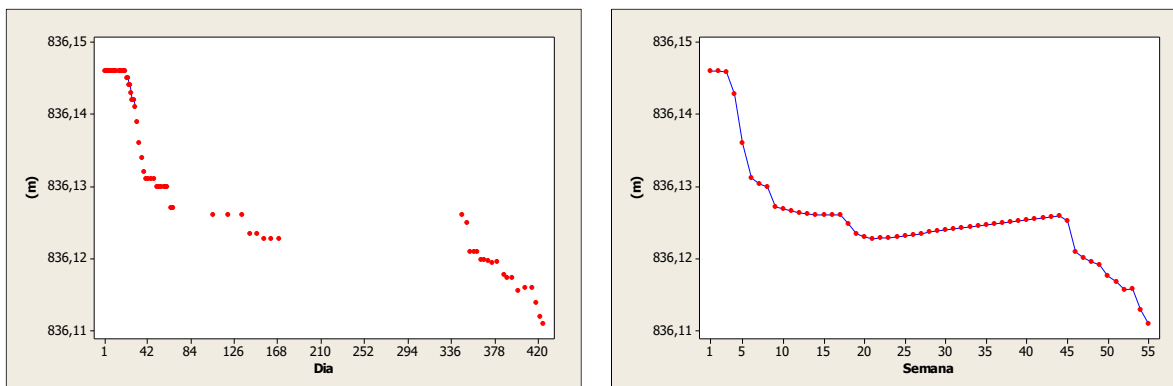


**Gráfico B3. Leitura do nível de água através do PZN5B (n = 53)**

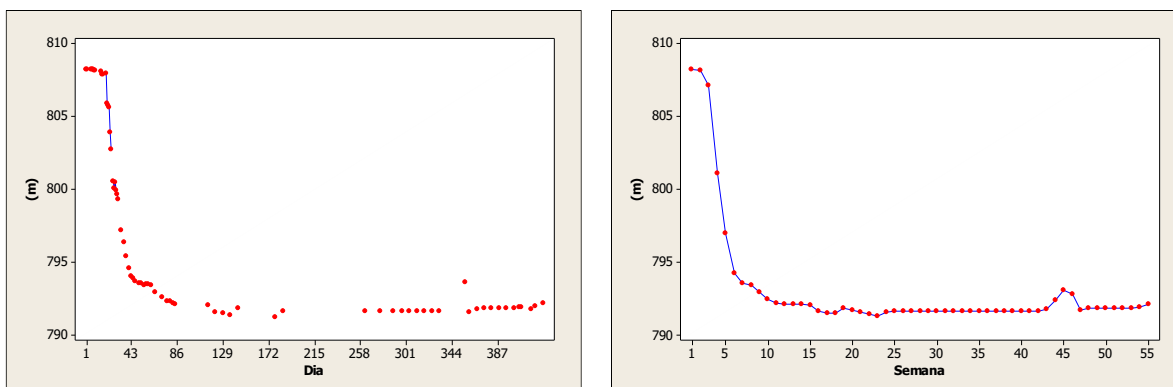


## Túnel lateral 2

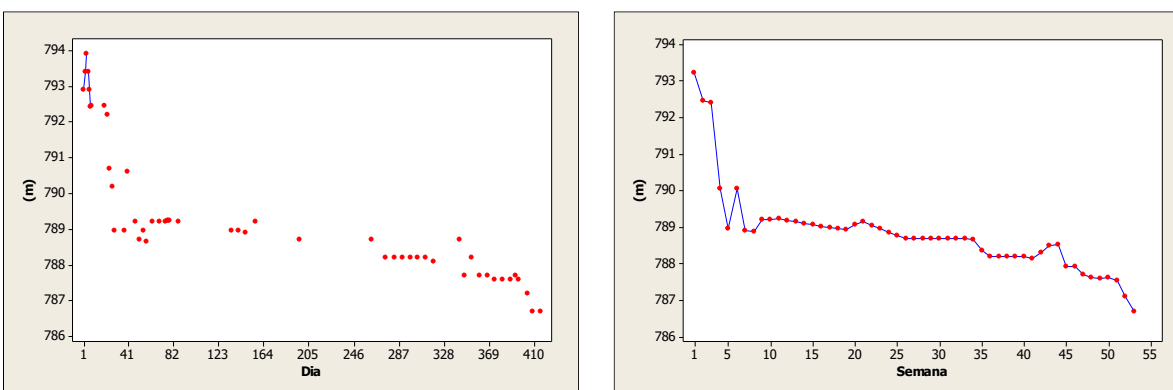
**Gráfico B4. Leitura do RS5B (n = 55)**



**Gráfico B5. Leitura do nível de água através do INA5C (n = 55)**

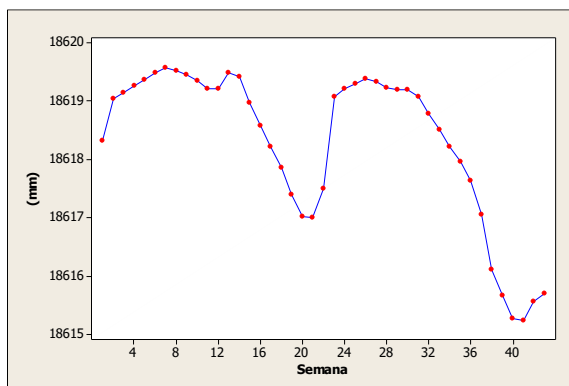
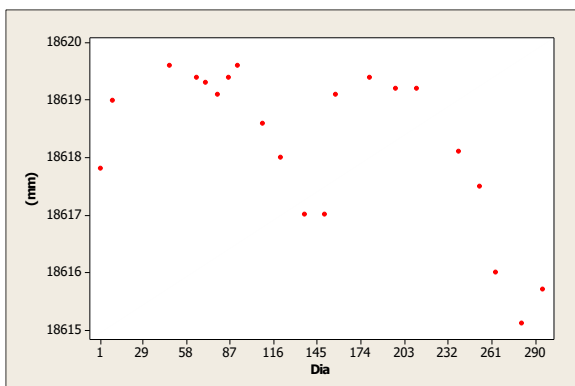


**Gráfico B6. Leitura do nível de água através do PZN5B (n = 53)**

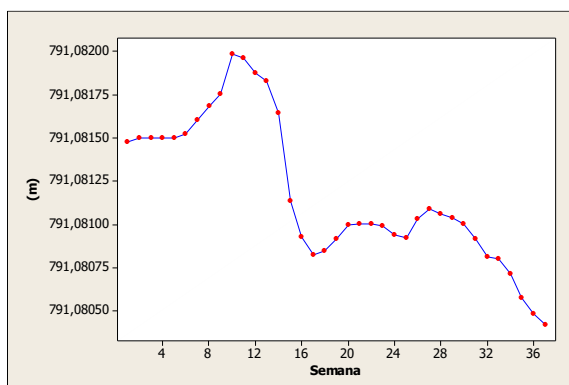
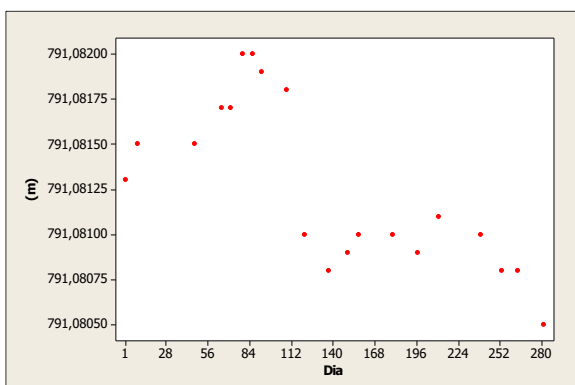


## Calota

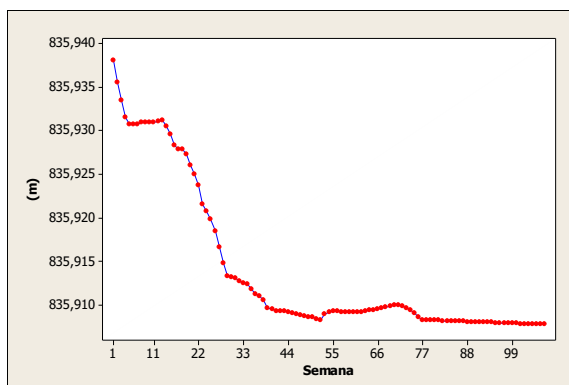
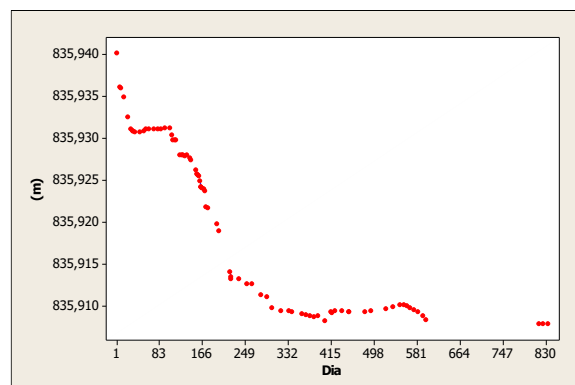
**Gráfico B7. Convergência da corda F (n = 43)**

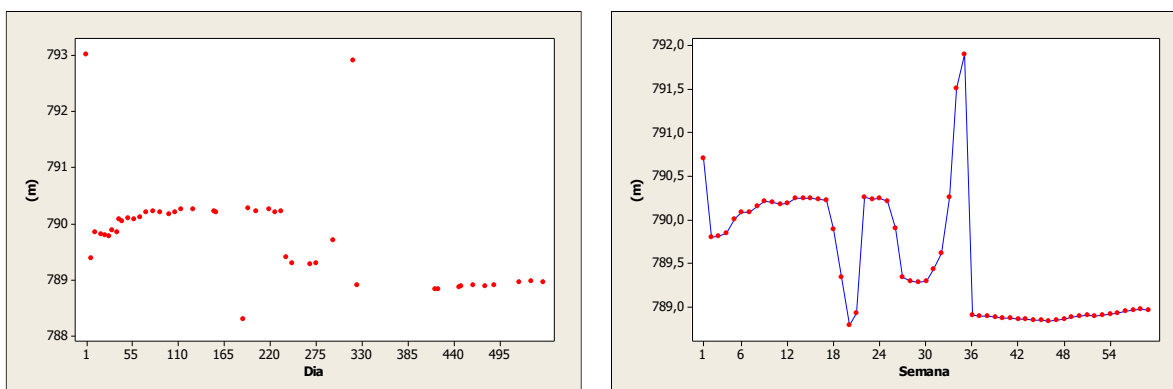


**Gráfico B8. Leitura do RIP4 (n = 37)**



**Gráfico B9. Leitura do RS5B (n = 107)**

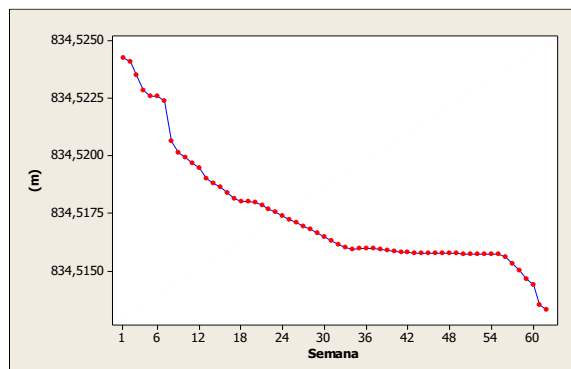
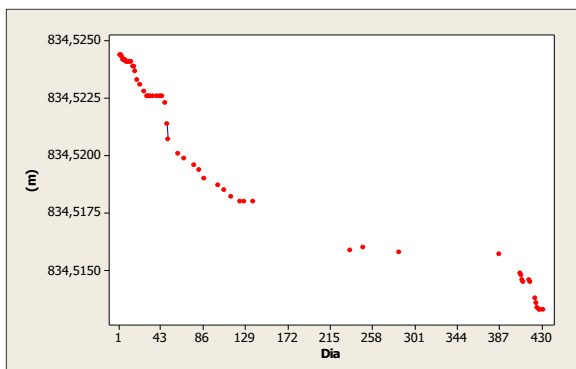


**Gráfico B10.** Leitura do nível de água através do INA5A (n = 59)

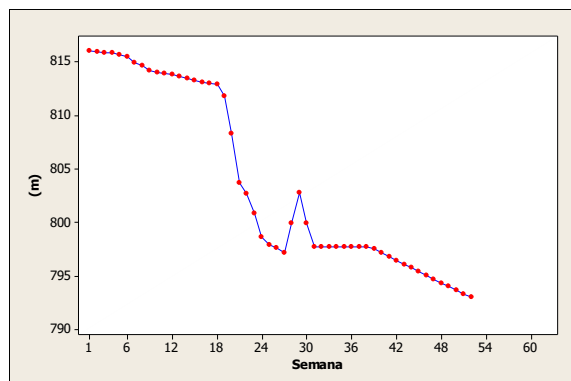
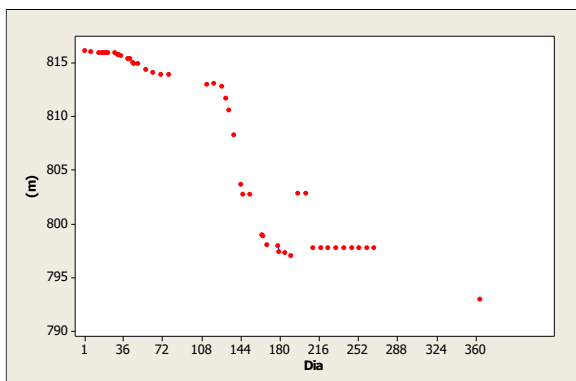
## **Secção 11**

## Túnel lateral 1

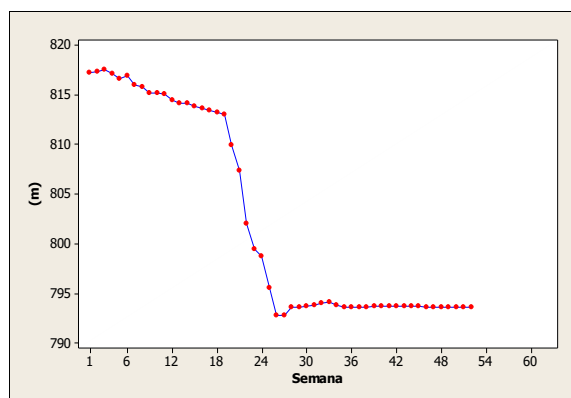
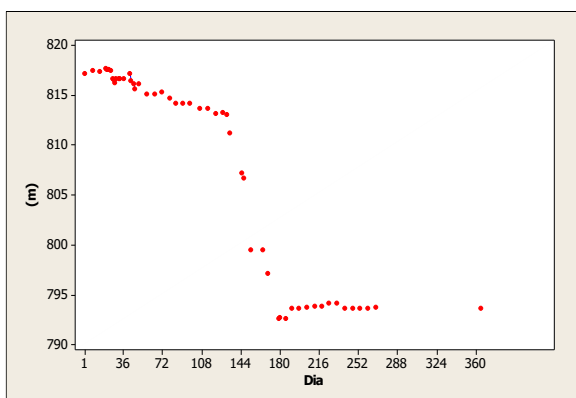
**Gráfico B11. Leitura do RS11A (n = 62)**



**Gráfico B12. Leitura do nível de água através do INA11A (n = 52)**

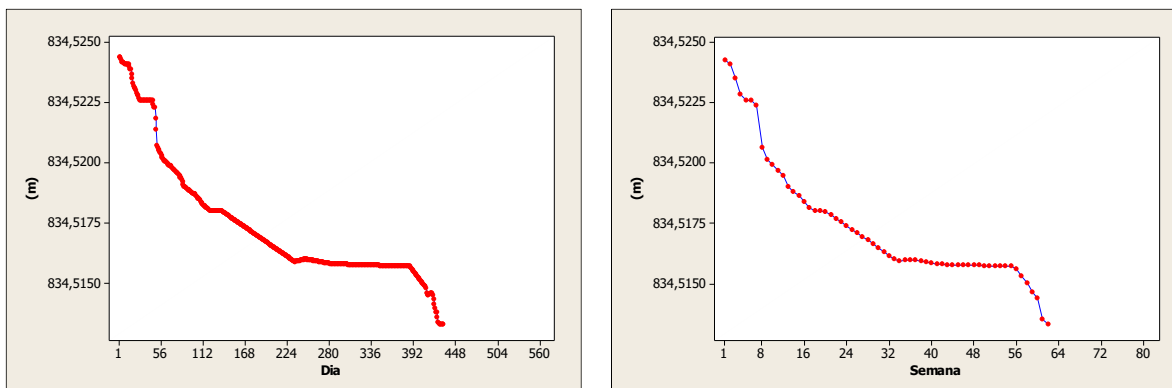


**Gráfico B13. Leitura do nível de água através do PZN11B (n = 52)**

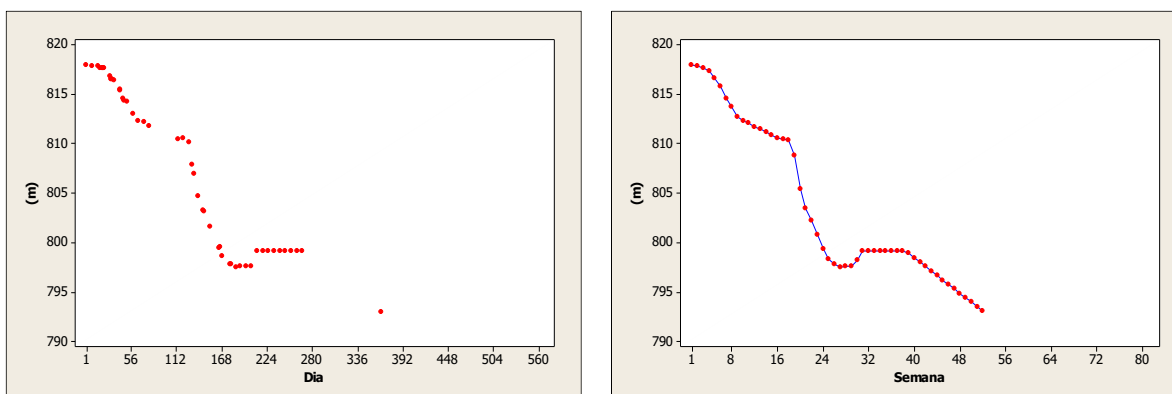


## Túnel lateral 2

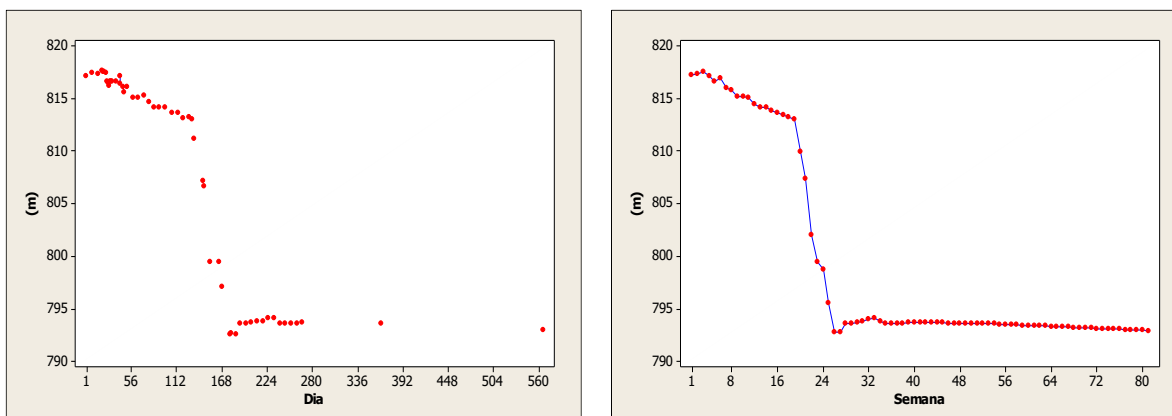
**Gráfico B14. Leitura do RS11B (n = 62)**



**Gráfico B15. Leitura do nível de água através do INA11C (n = 52)**



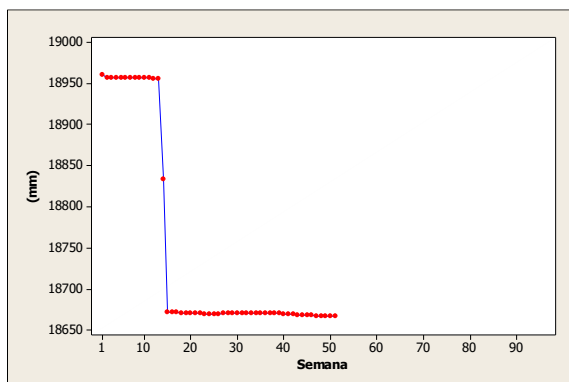
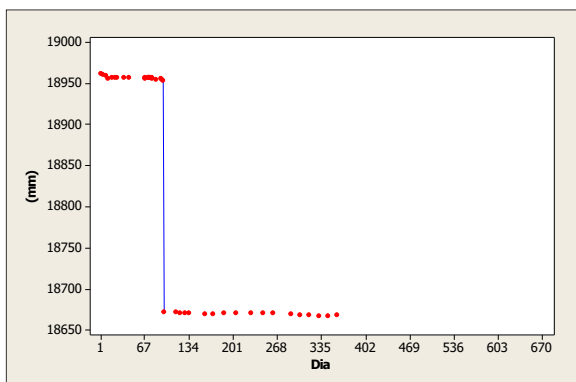
**Gráfico B16. Leitura do nível de água através do PZN11B (n = 81)**



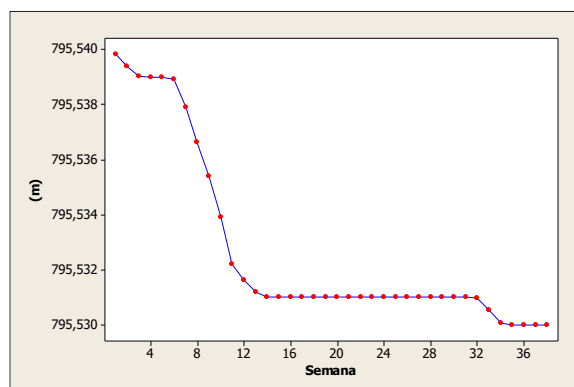
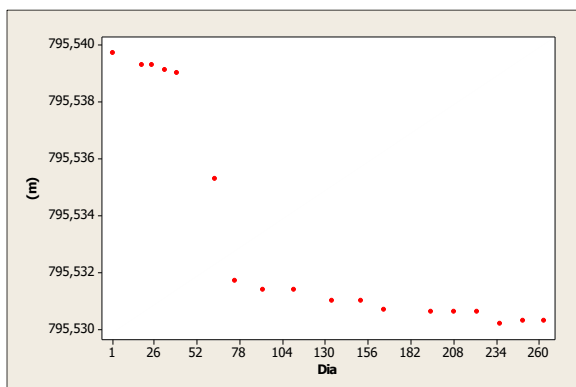


## Calota

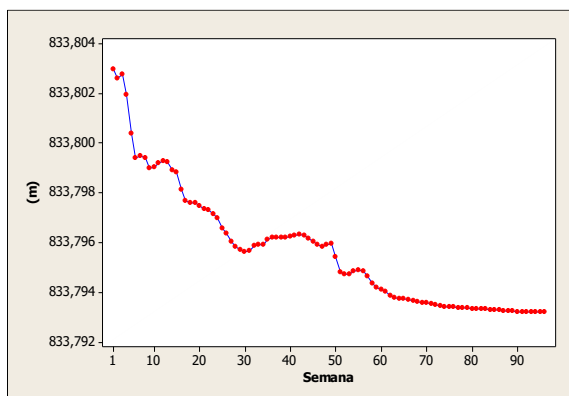
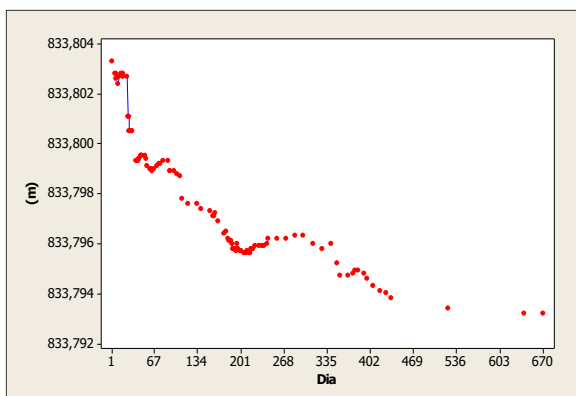
**Gráfico B17. Convergência da corda F (n = 51)**



**Gráfico B18. Leitura do RIP4 (n = 38)**



**Gráfico B19. Leitura do RS11B (n = 96)**



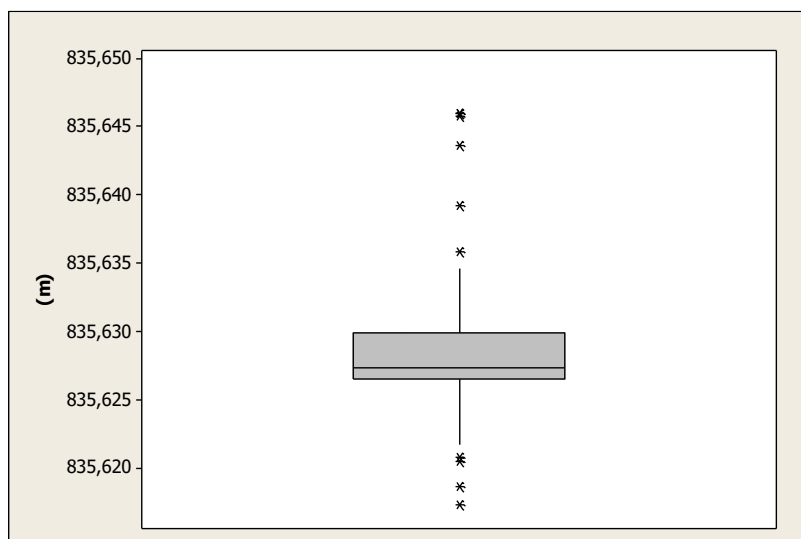
## **Apêndice C**

### **Box-plots**

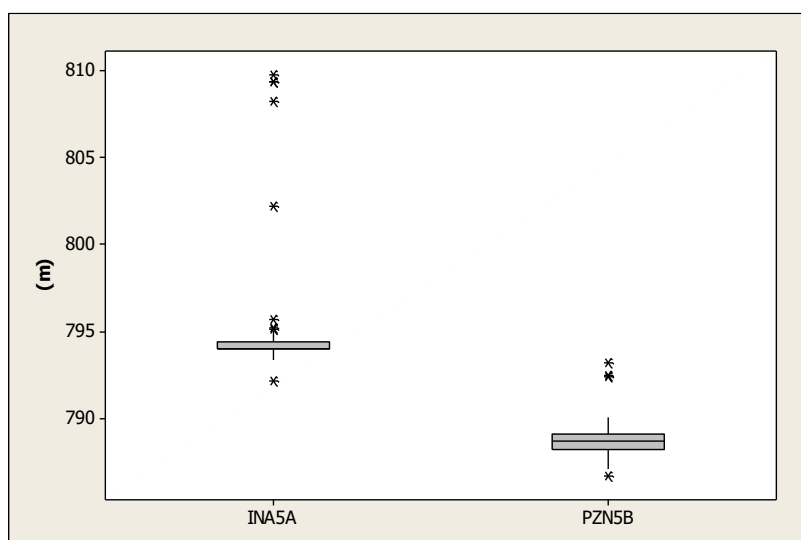
## **Secção 5**

## Túnel lateral 1

**Gráfico C1. Leitura do RS5A**

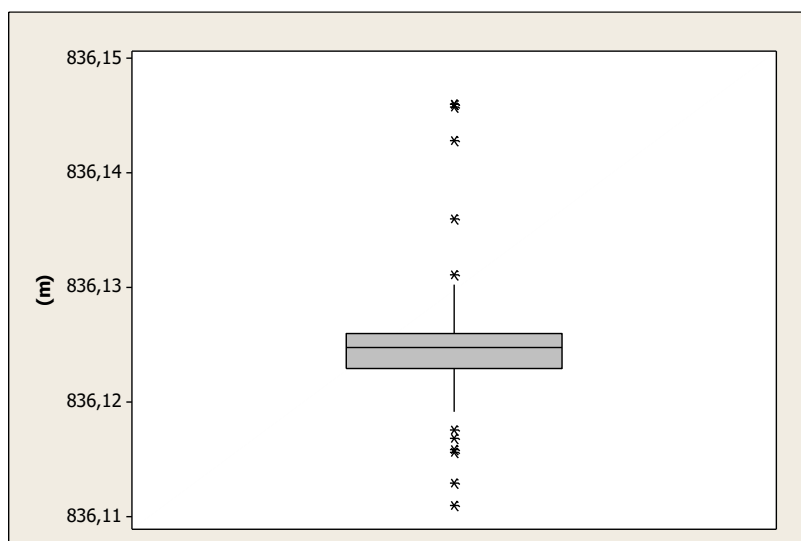


**Gráfico C2. Leitura do nível de água**

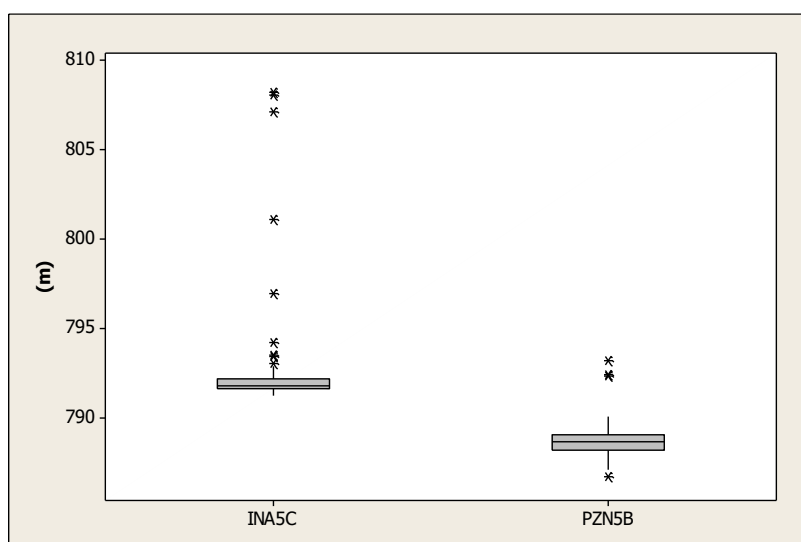


## Túnel lateral 2

**Gráfico C3. Leitura do RS5B**

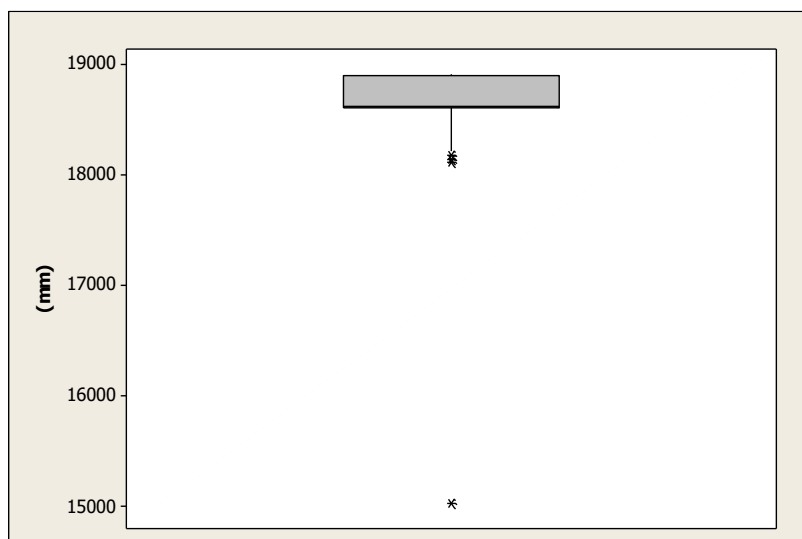


**Gráfico C4. Leitura do nível de água**

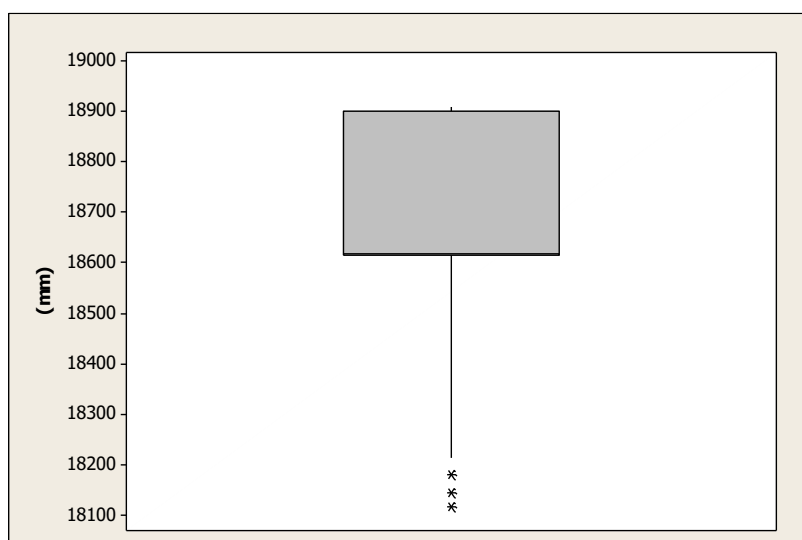


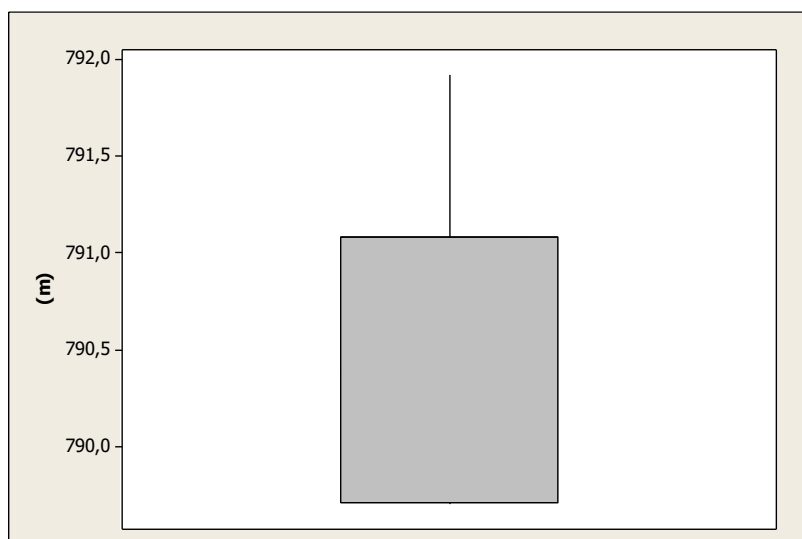
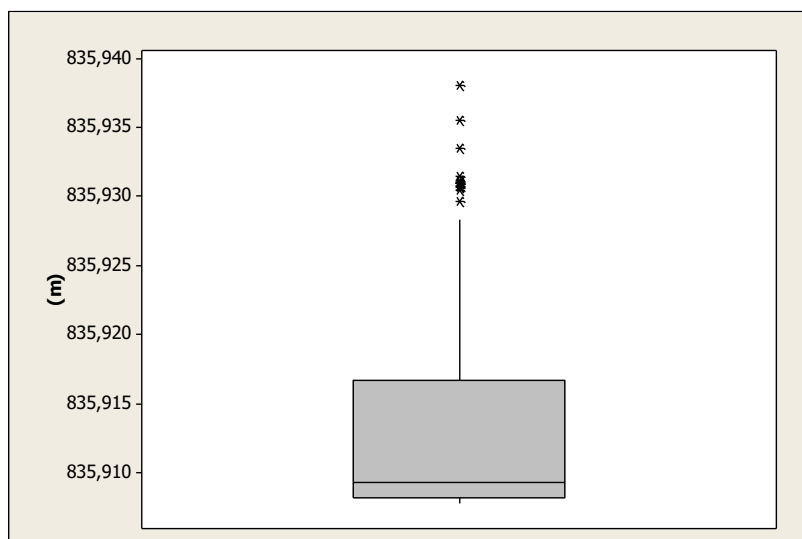
## Calota

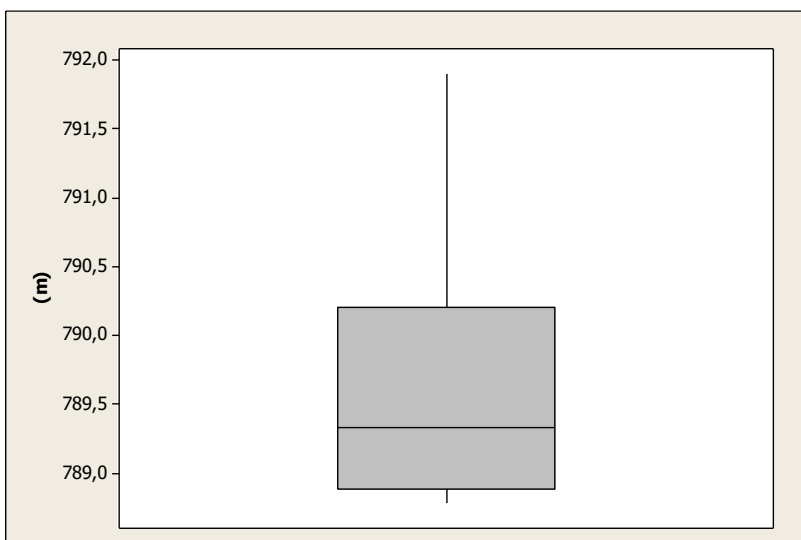
**Gráfico C5-i. Convergência da corda F**



**Gráfico C5-ii. Convergência da corda F sem o ponto discrepante**



**Gráfico C6. Leitura do RIP4****Gráfico C7. Leitura do RS5B**

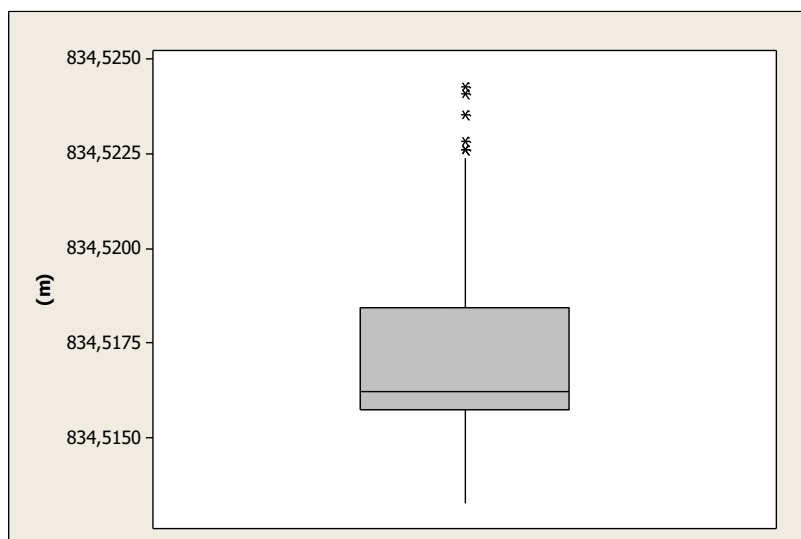
**Gráfico C8.** Leitura do nível de água através do INA5A



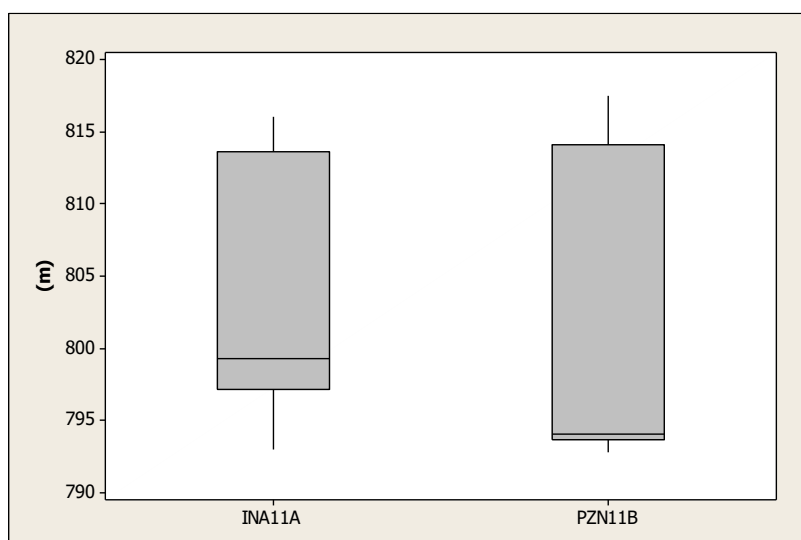
## **Secção 11**

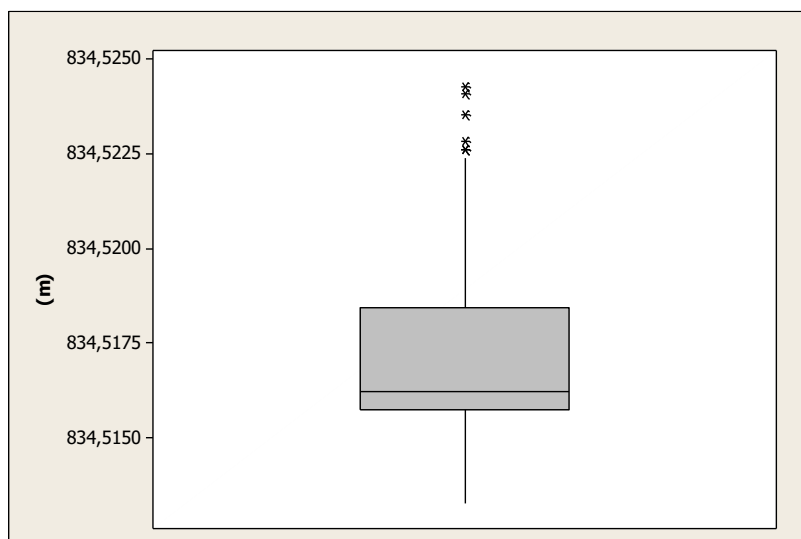
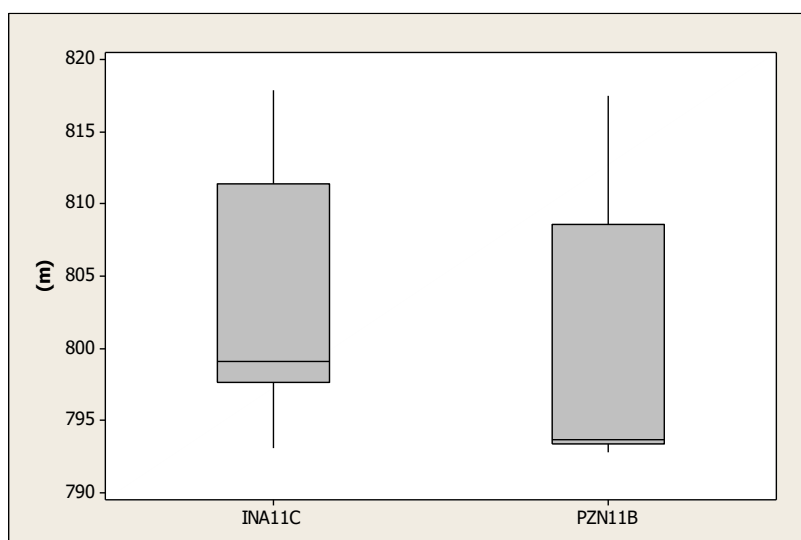
## Túnel lateral 1

**Gráfico C9.** Leitura do RS11A



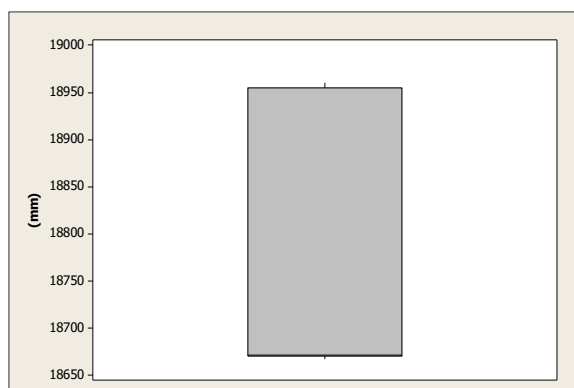
**Gráfico C10.** Leitura do nível de água



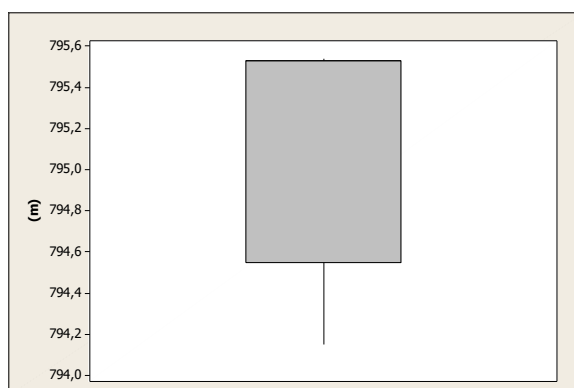
**Túnel lateral 2****Gráfico C11. Leitura do RS11B****Gráfico C12. Leitura do nível de água**

## Calota

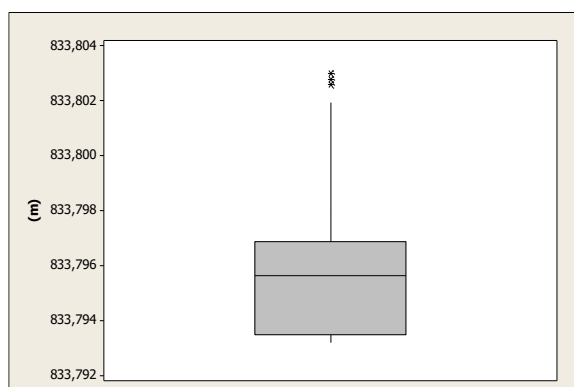
**Gráfico C13. Convergência da corda F**



**Gráfico C14. Leitura do RIP4**



**Gráfico C15. Leitura do RS11B**



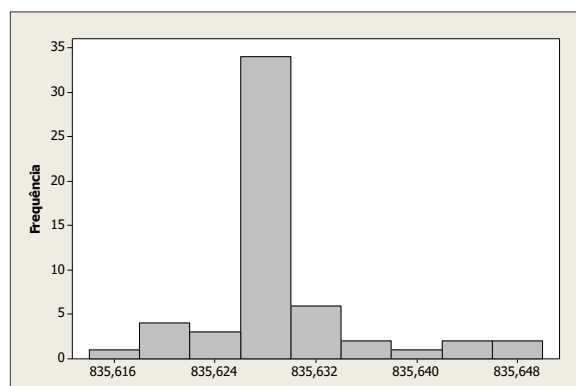
## **Apêndice D**

### **Histogramas**

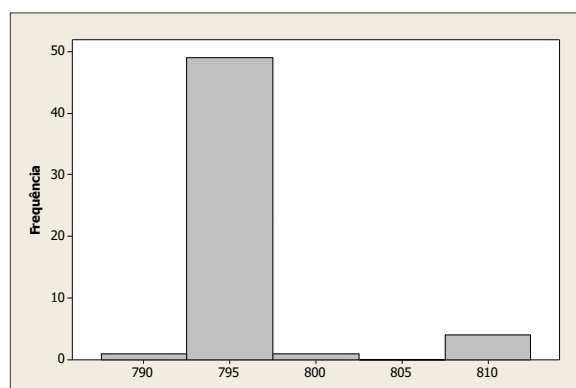
## **Secção 5**

## Túnel lateral 1

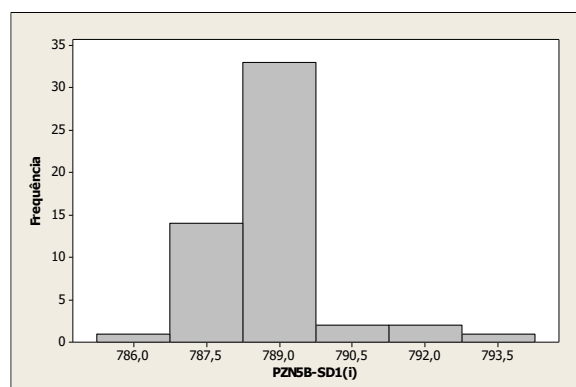
**Gráfico D1. Leitura do RS5A**



**Gráfico D2. Leitura do nível de água através do INA5A**

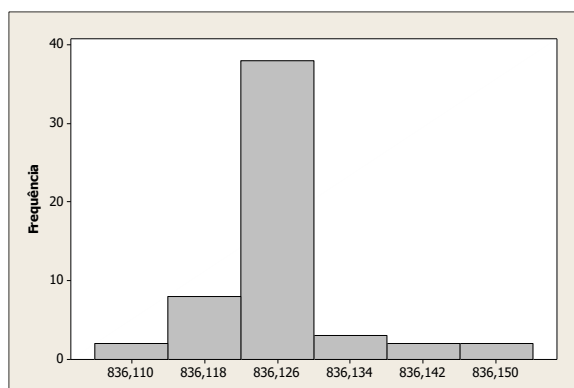


**Gráfico D3. Leitura do nível de água através do PZN5B**

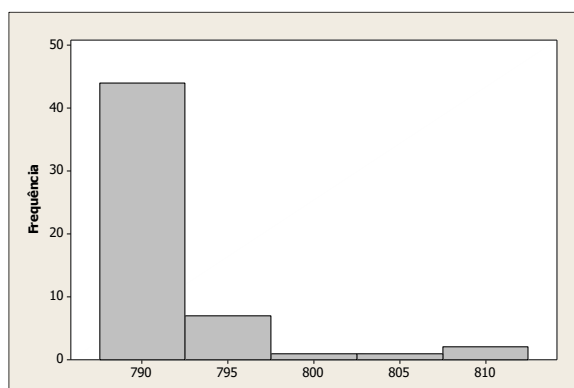


## Túnel lateral 2

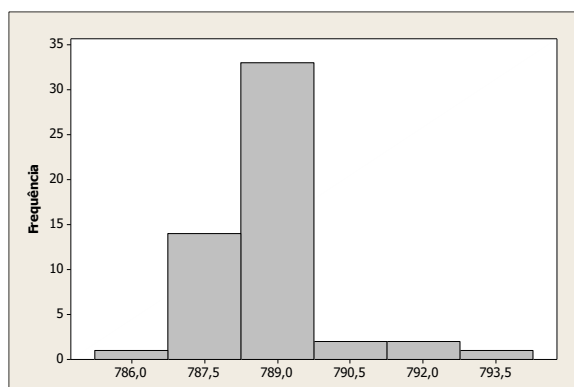
**Gráfico D4. Leitura do RS5B**



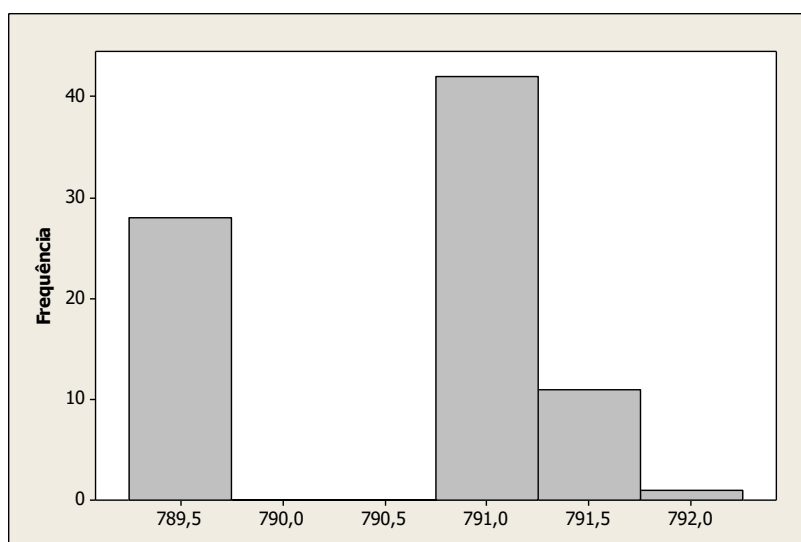
**Gráfico D5. Leitura do nível de água através do INA5C**

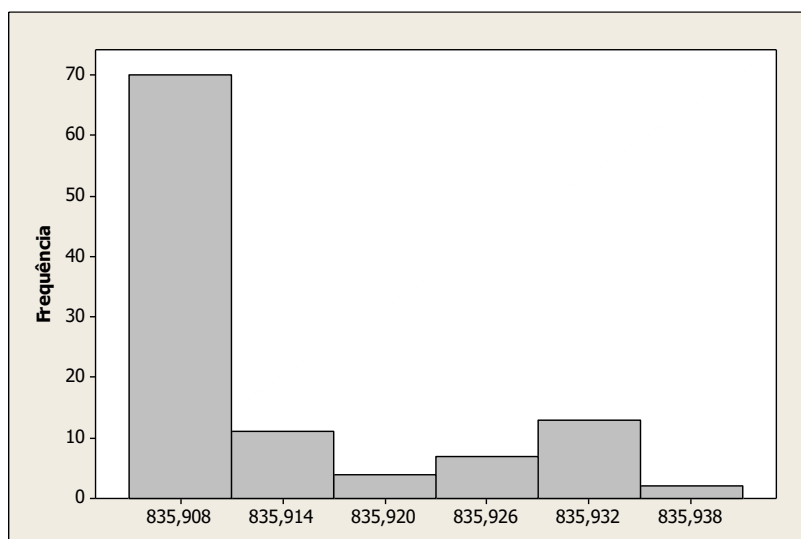
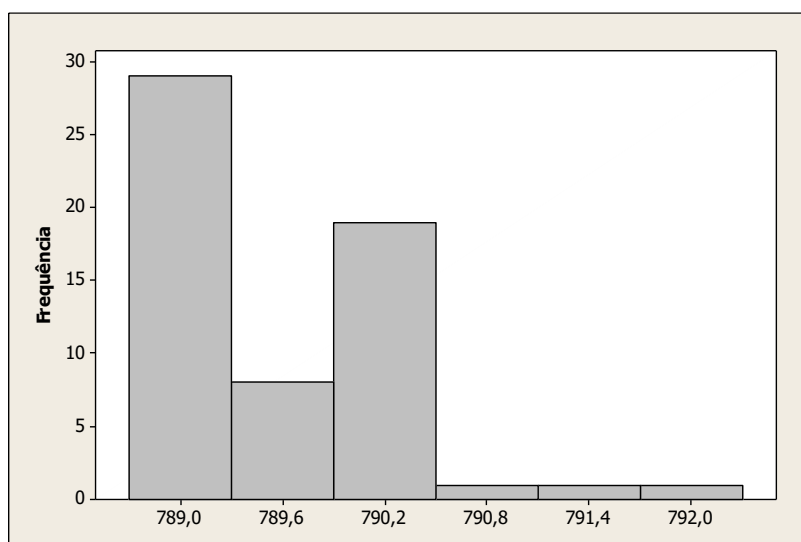


**Gráfico D6. Leitura do nível de água através do PZN5B**





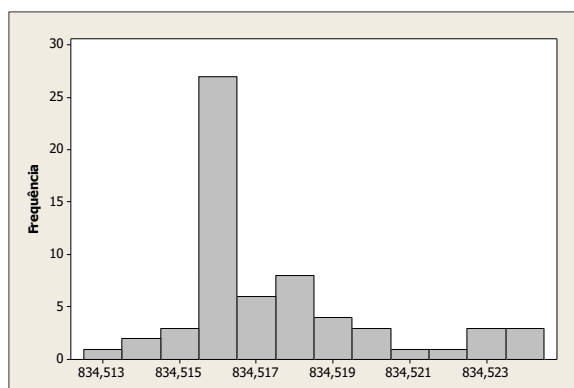
**Calota****Gráfico D7. Convergência da corda F****Gráfico D8. Leitura do RI5P4**

**Gráfico D9. Leitura do RS5B****Gráfico D10. Leitura do nível de água através do INA5A**

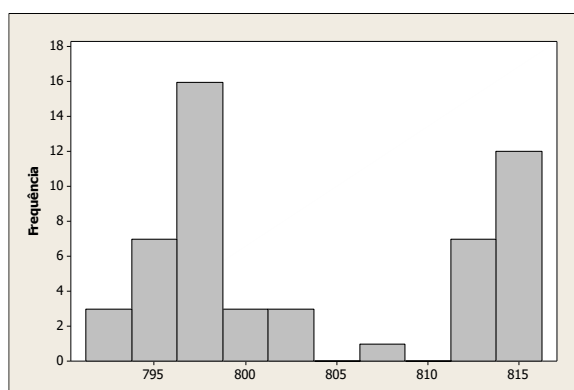
## **Secção 11**

## Túnel lateral 1

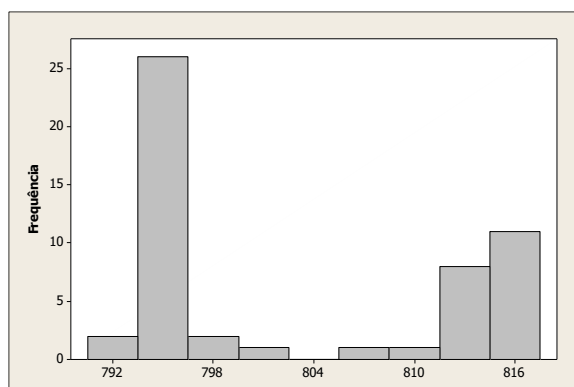
**Gráfico D11.** Leitura do RS11A



**Gráfico D12.** Leitura do nível de água através do INA11A

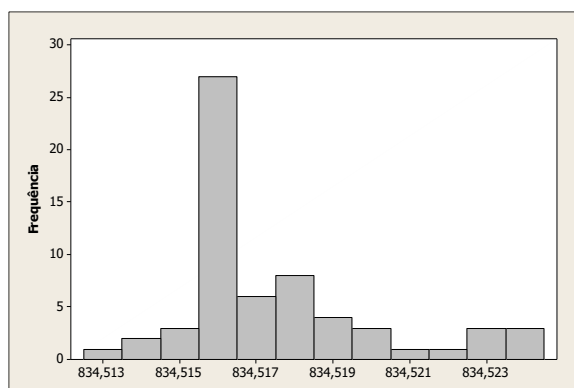


**Gráfico D13.** Leitura do nível de água através do PZN11B

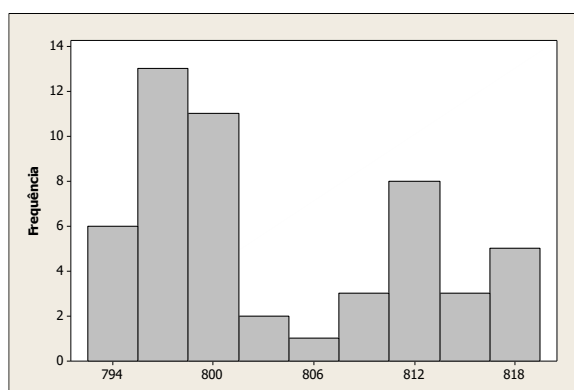


## Túnel lateral 2

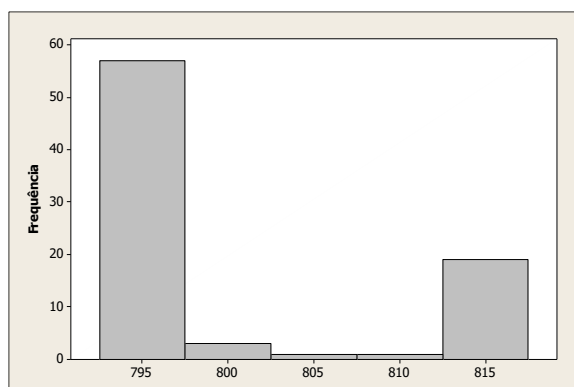
**Gráfico D14.** Leitura do RS11B



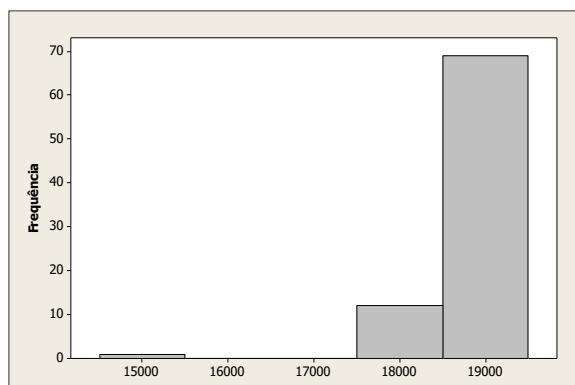
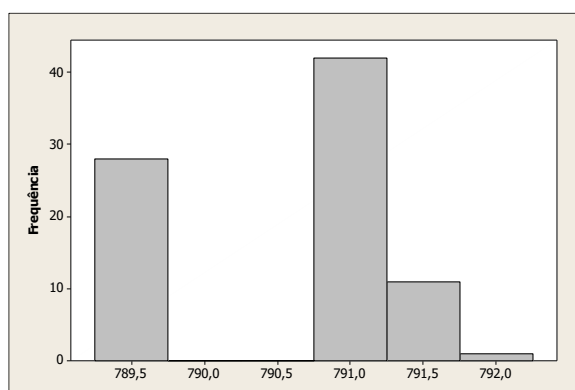
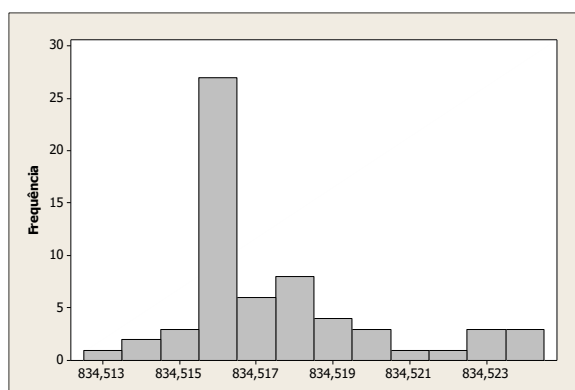
**Gráfico D15.** Leitura do nível de água através do INA11C



**Gráfico D16.** Leitura do nível de água através do PZN11B



## Calota

**Gráfico D17. Convergência da corda F****Gráfico D18. Leitura do RIP4****Gráfico D19. Leitura do RS11B**

## **Apêndice E**

### **Gráficos das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial**

## **Secção 5**

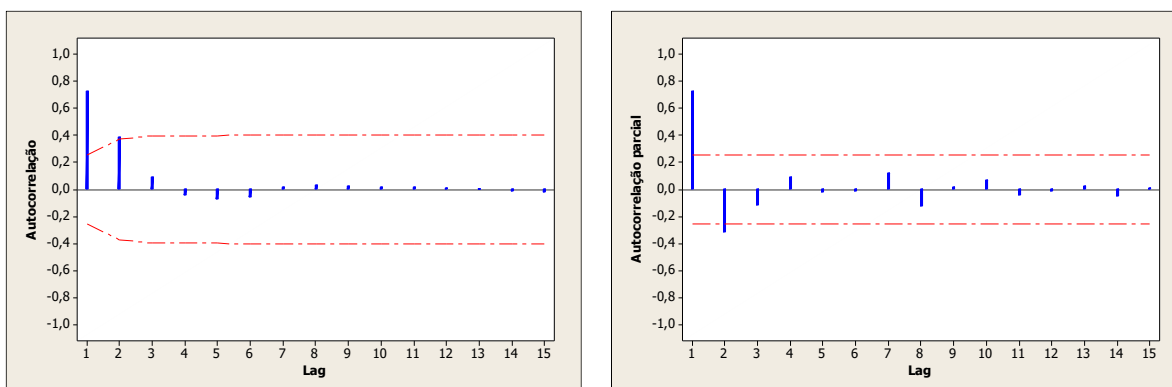


## **Túnel lateral 1**

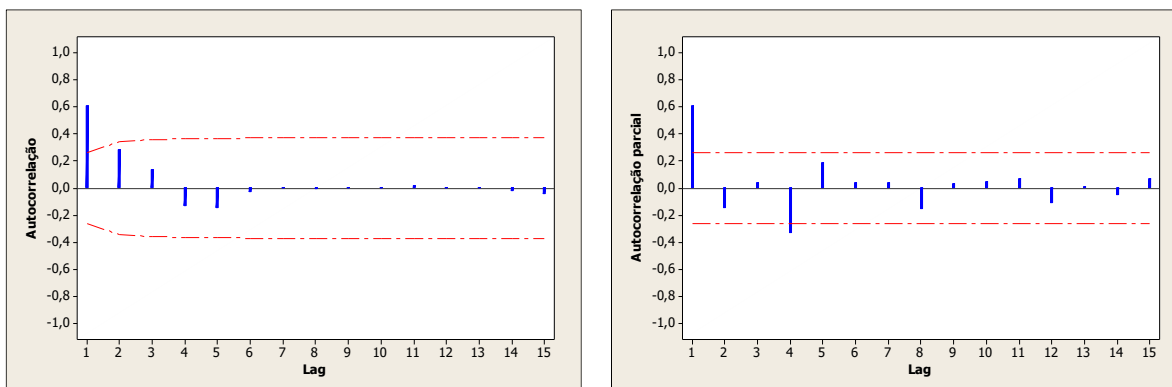
## INA5A X PZN5B

### INA5A

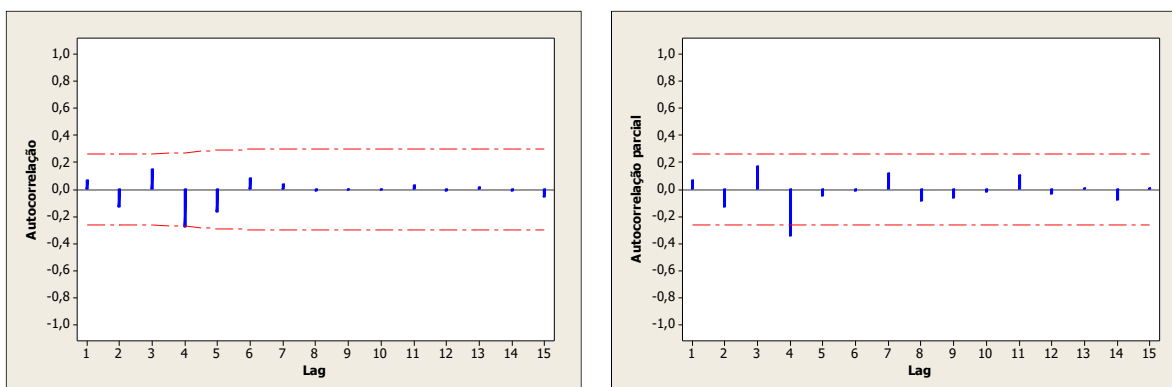
**Gráfico E1.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A



**Gráfico E2.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA5A

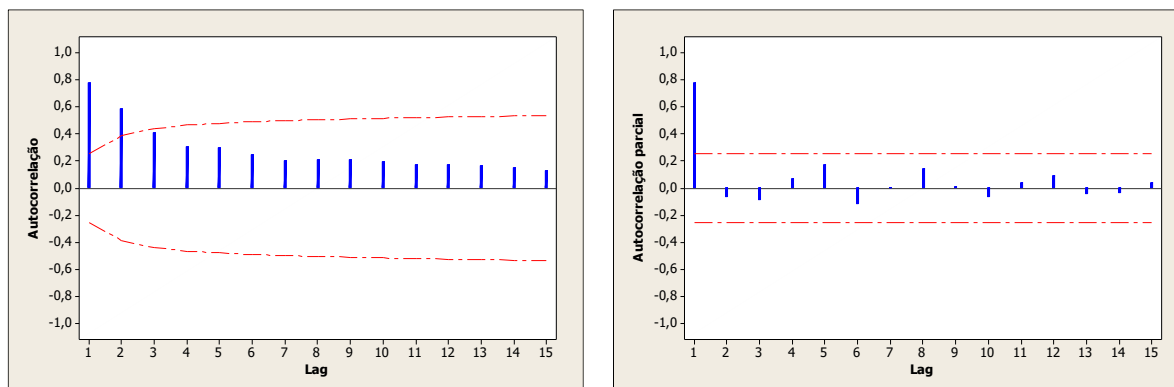


**Gráfico E3.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA5A

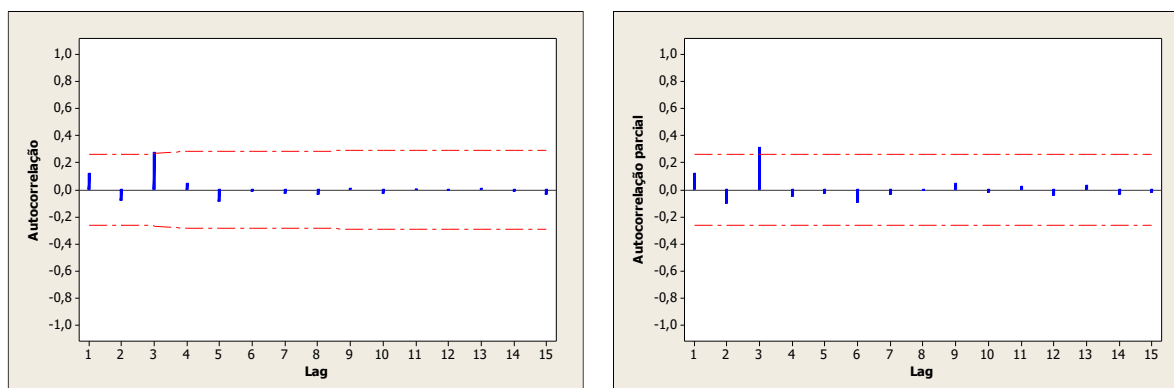


## PZN5B

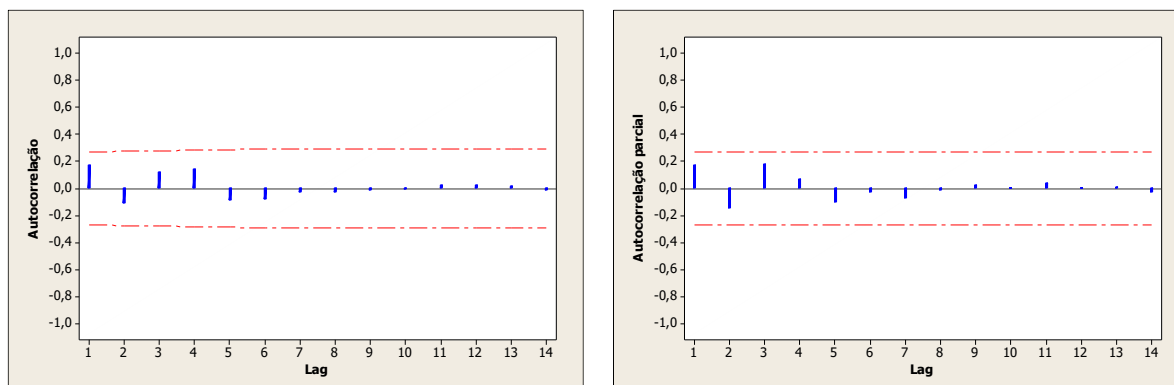
**Gráfico E4.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B



**Gráfico E5.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN5B

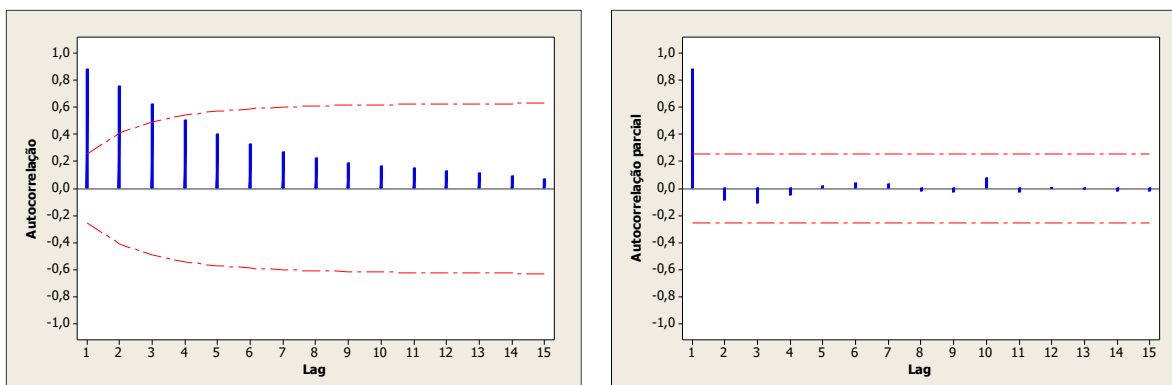
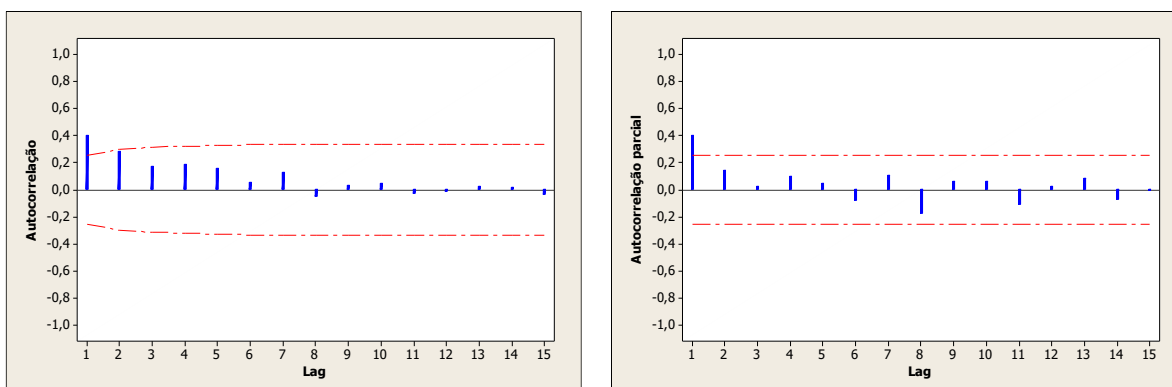
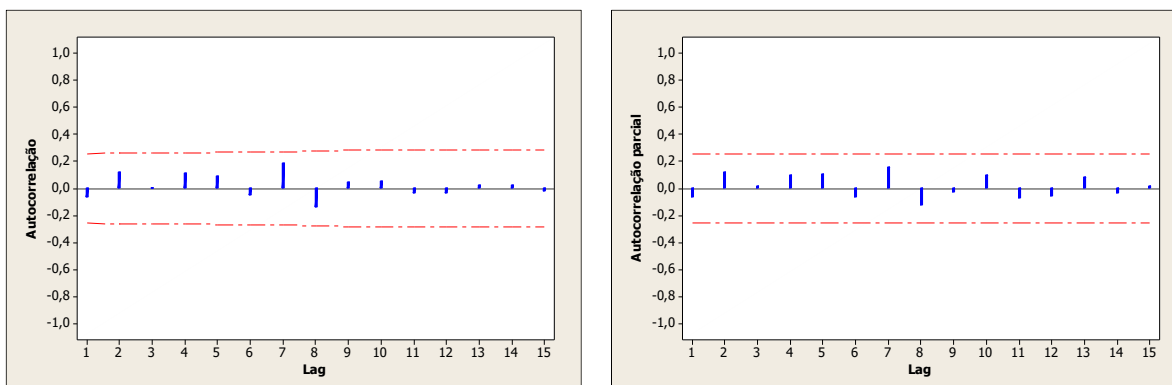


**Gráfico E6.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(3,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN5B



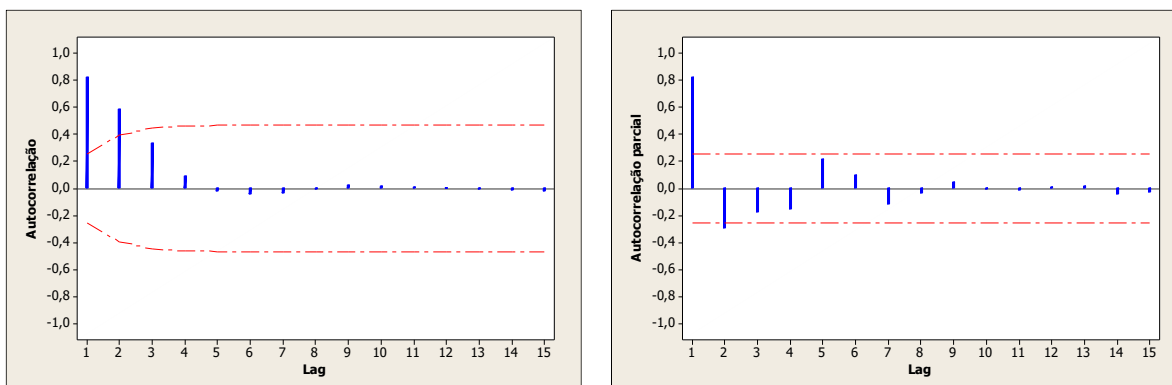
## RS5A X INA5A

RS5A

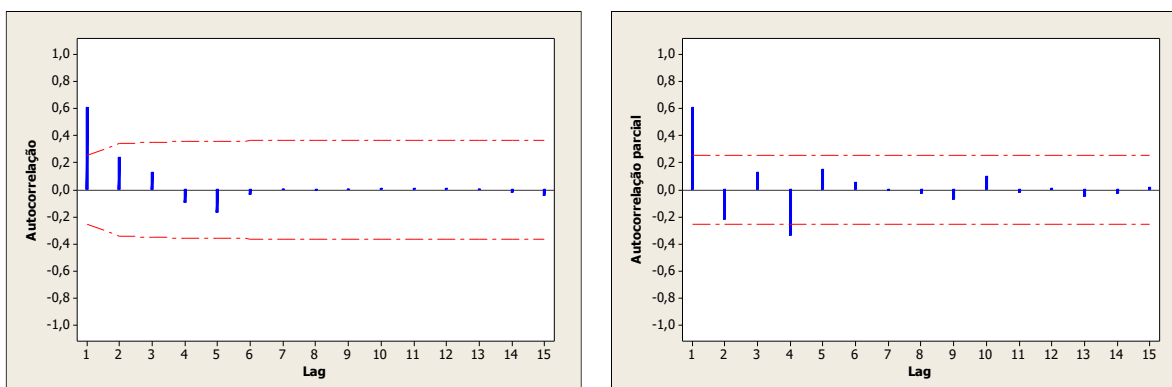
**Gráfico E7.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5A**Gráfico E8.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação RS5A**Gráfico E9.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação RS5A

## INA5A

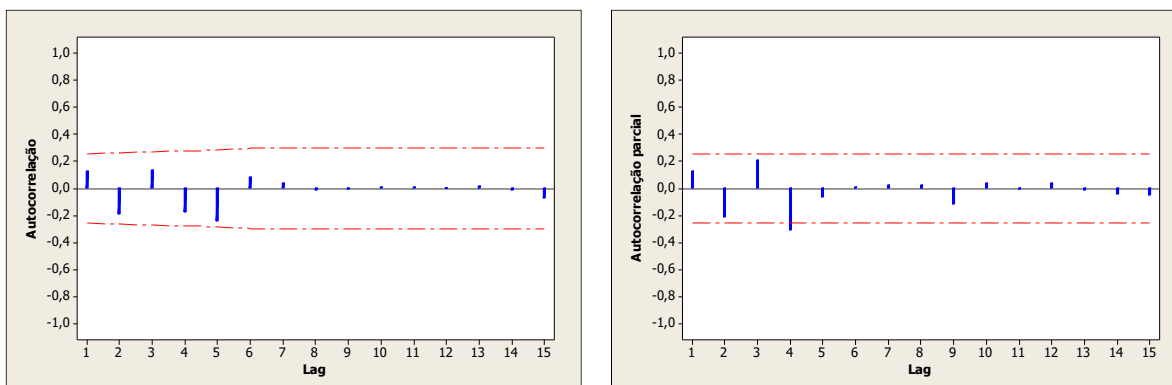
**Gráfico E10.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A



**Gráfico E11.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA5A

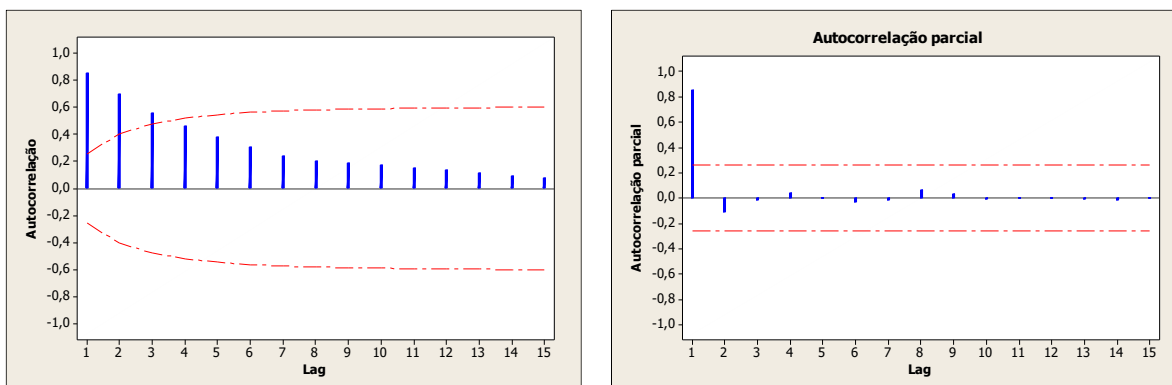
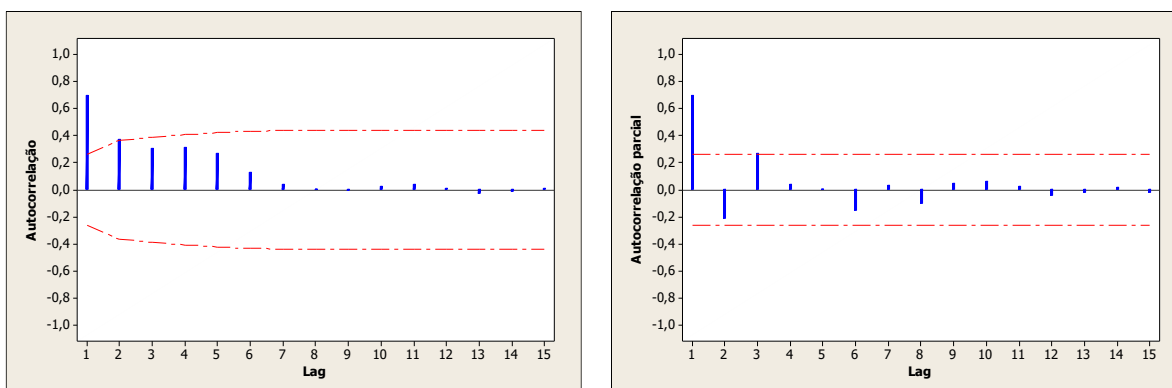
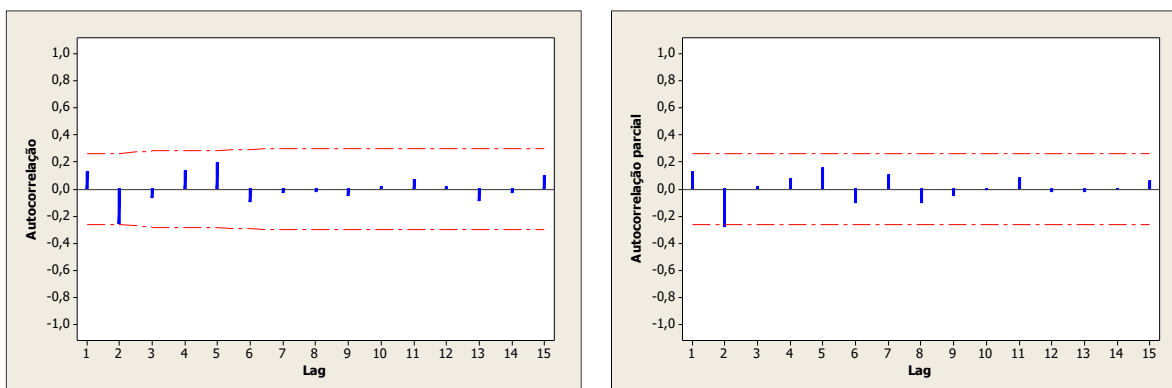


**Gráfico E12.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA5A



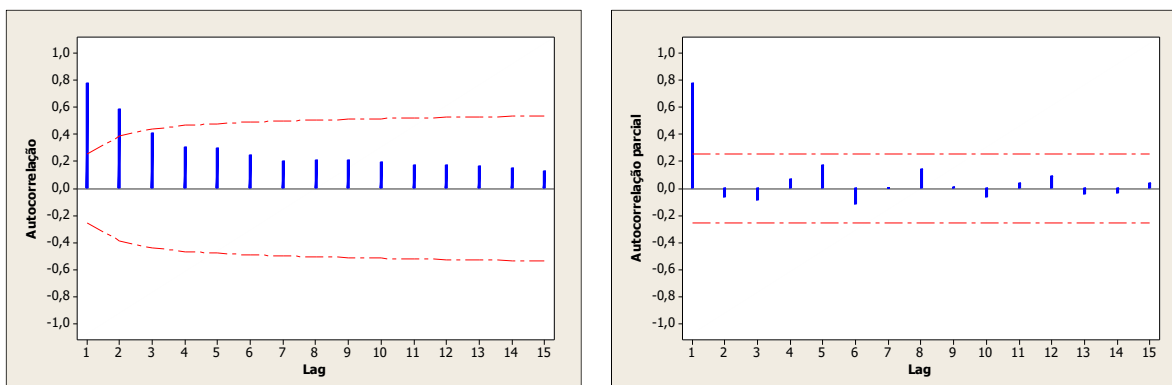
## RS5A X PZN5B

RS5A

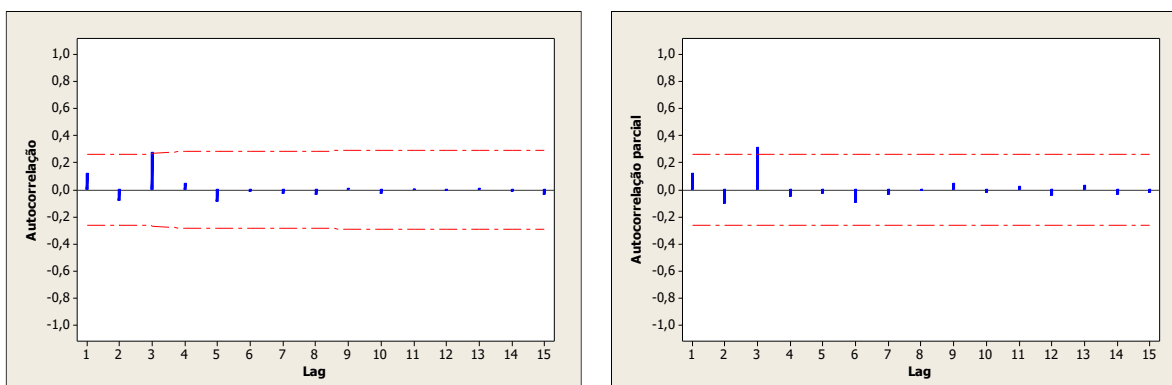
**Gráfico E13.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5A**Gráfico E14.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS5A**Gráfico E15.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5A

## PZN5B

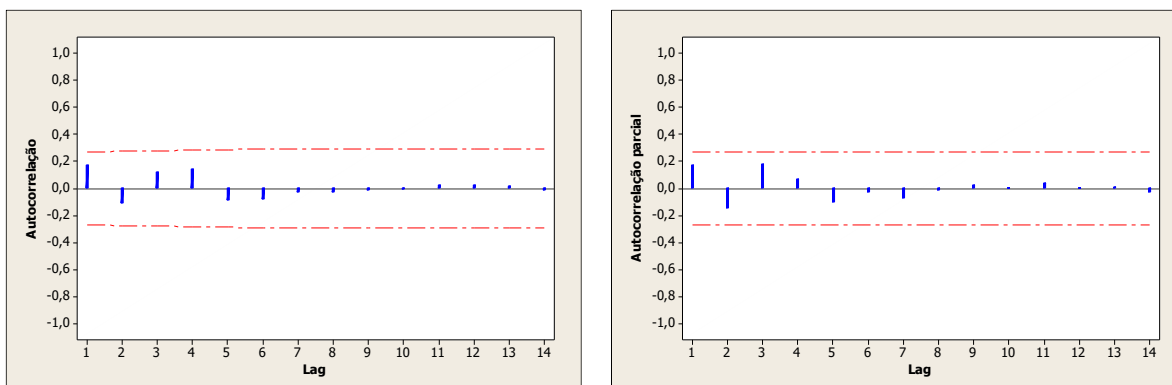
**Gráfico E16.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B



**Gráfico E17.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN5B



**Gráfico E18.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(3,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN5B





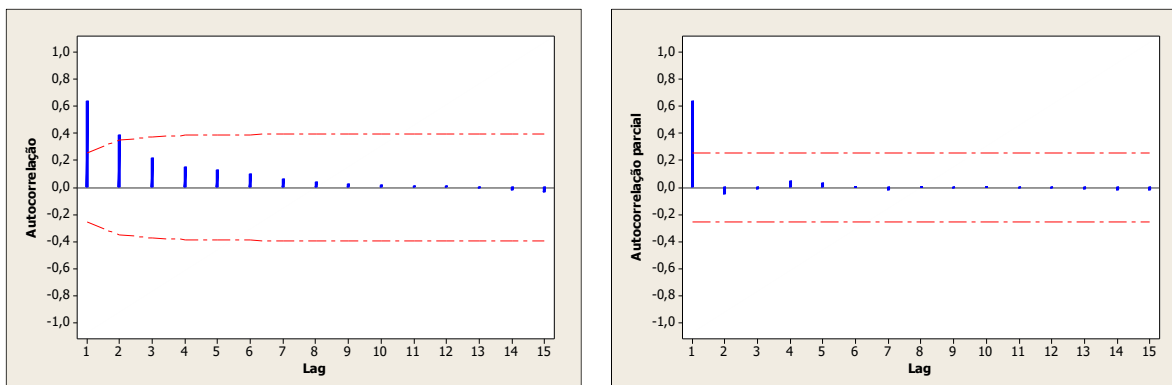


## **Túnel lateral 2**

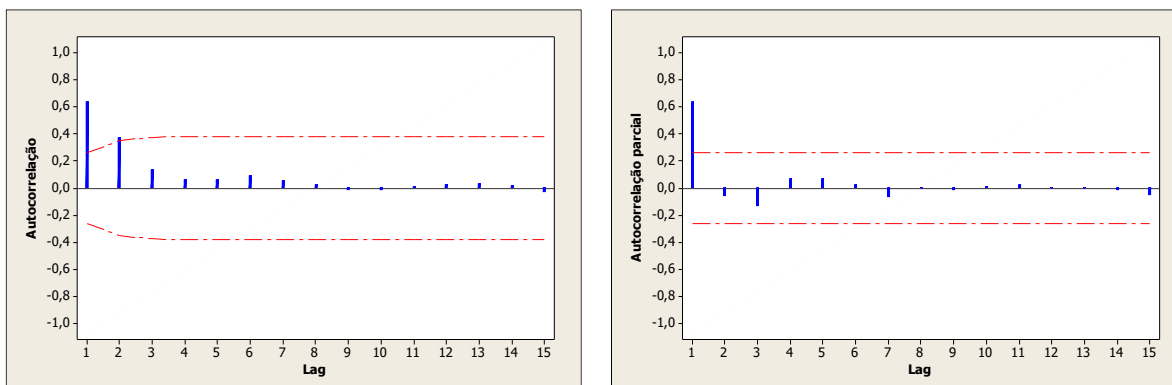
## INA5C X PZN5B

### INA5C

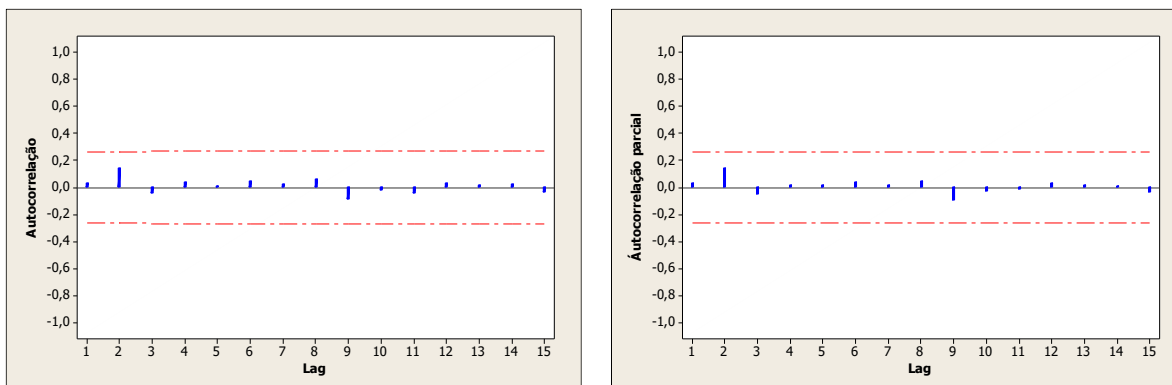
**Gráfico E19.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5C



**Gráfico E20.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA5C

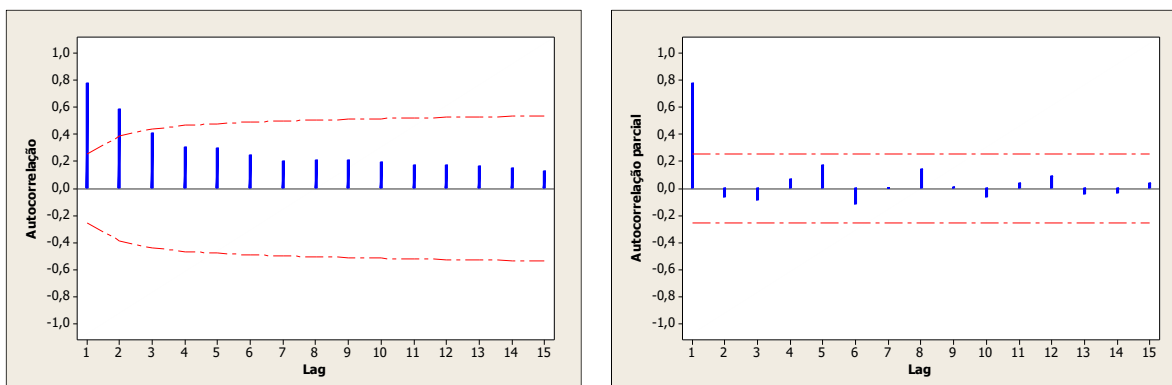


**Gráfico E21.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA5C

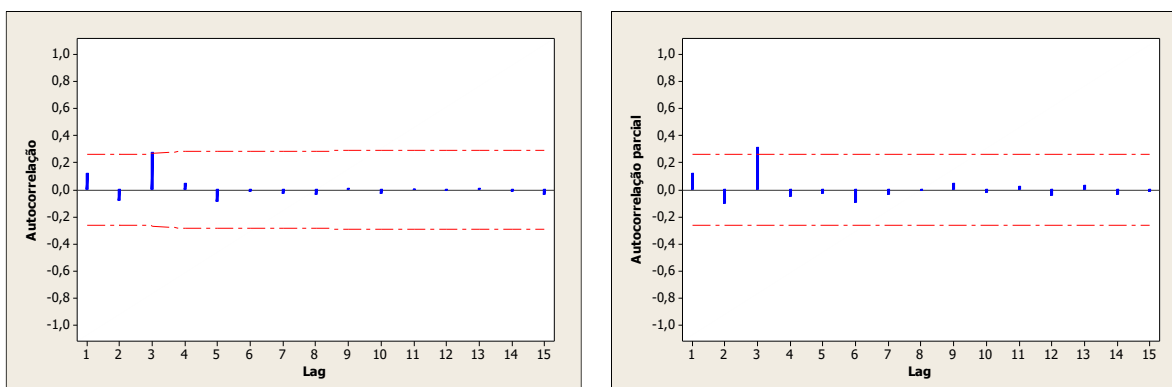


## PZN5B

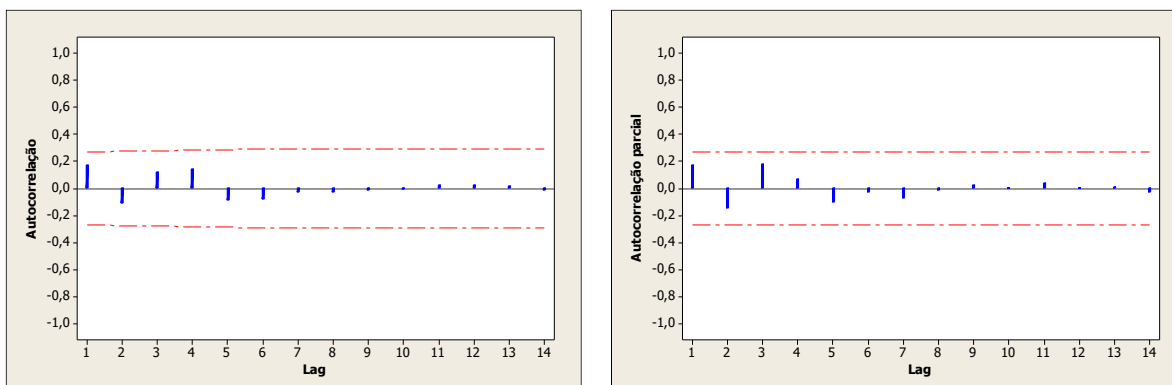
**Gráfico E22.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B



**Gráfico E23.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN5B



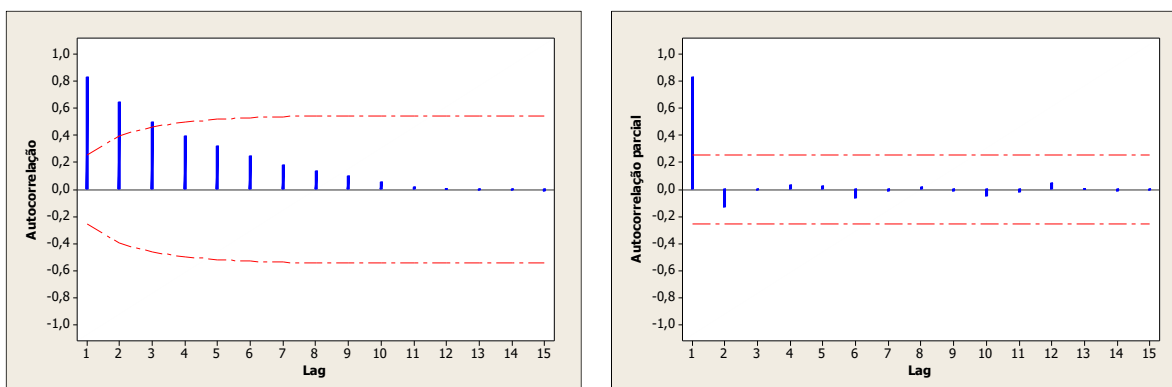
**Gráfico E24.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(3,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN5B



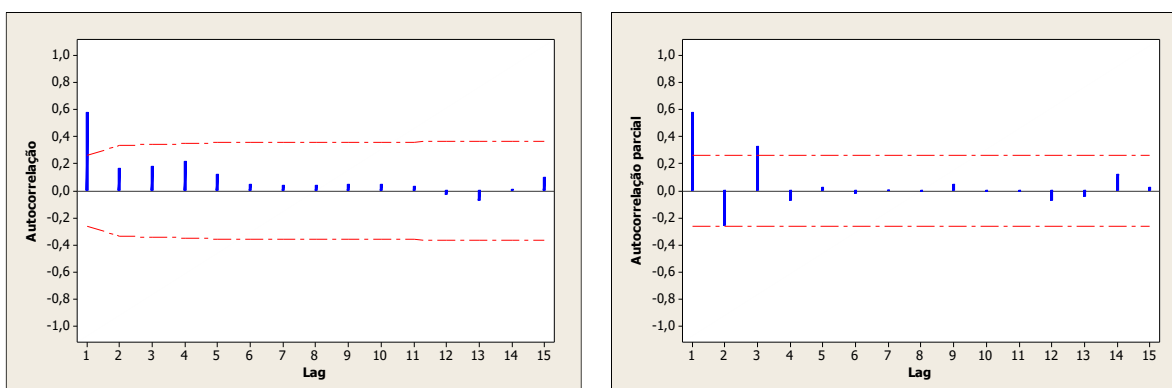
## RS5B X PZN5B

### RS5B

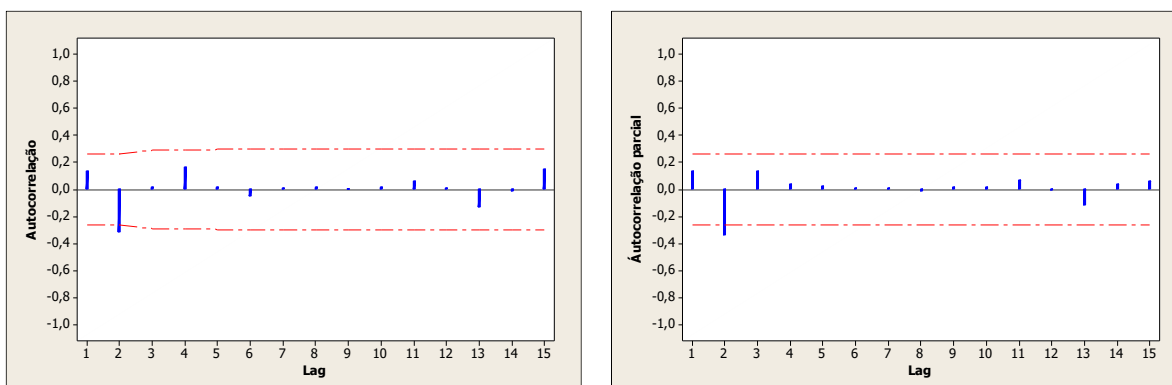
**Gráfico E25.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5B



**Gráfico E26.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS5B

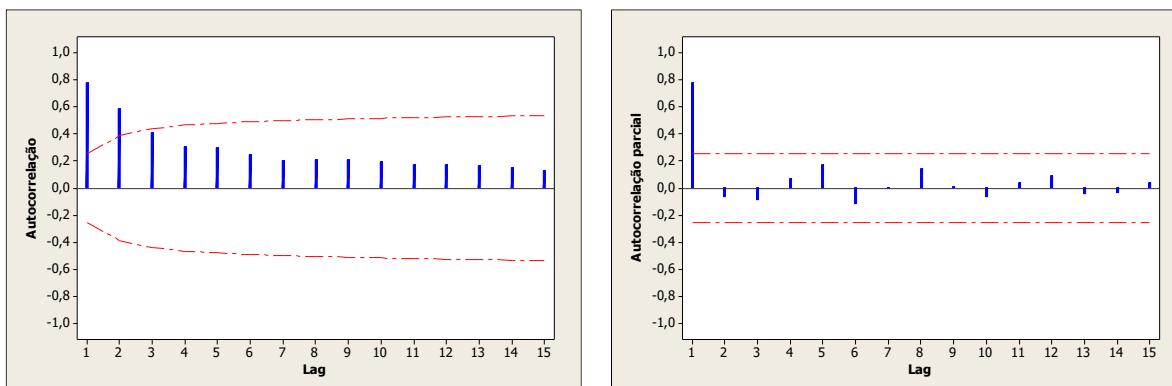


**Gráfico E27.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5B

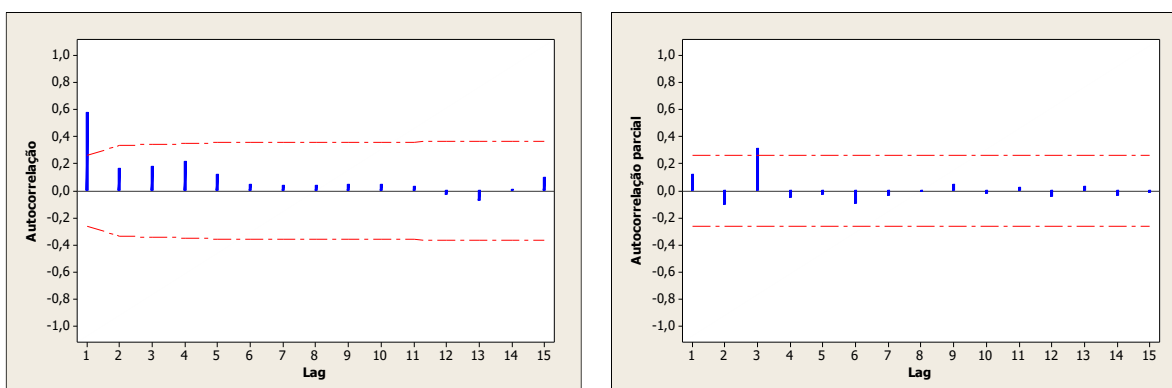


### PZN5B

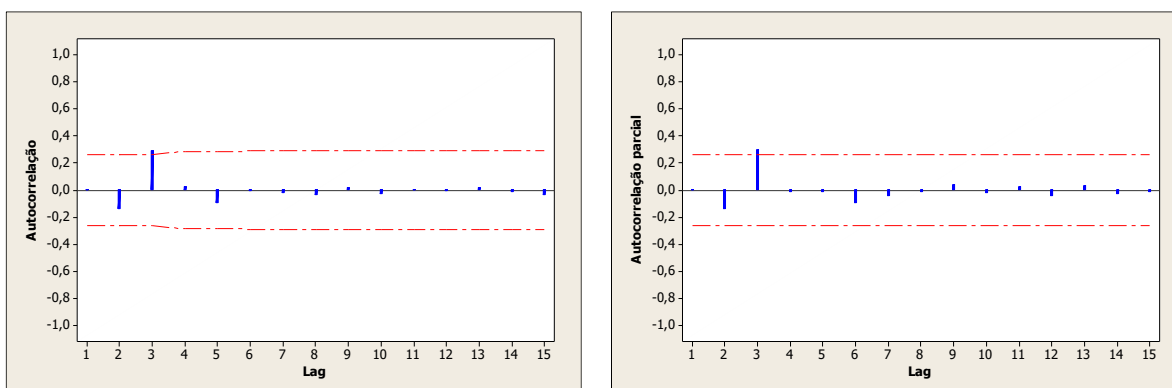
**Gráfico E28.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B



**Gráfico E29.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN5B

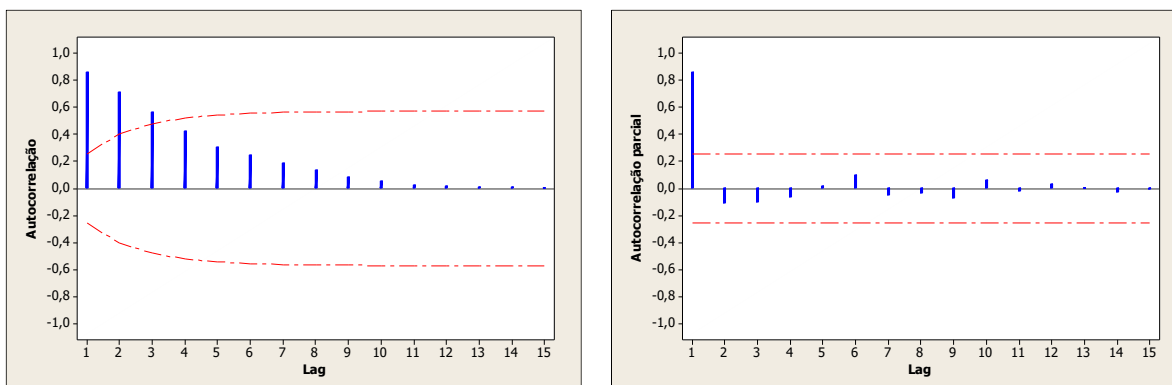
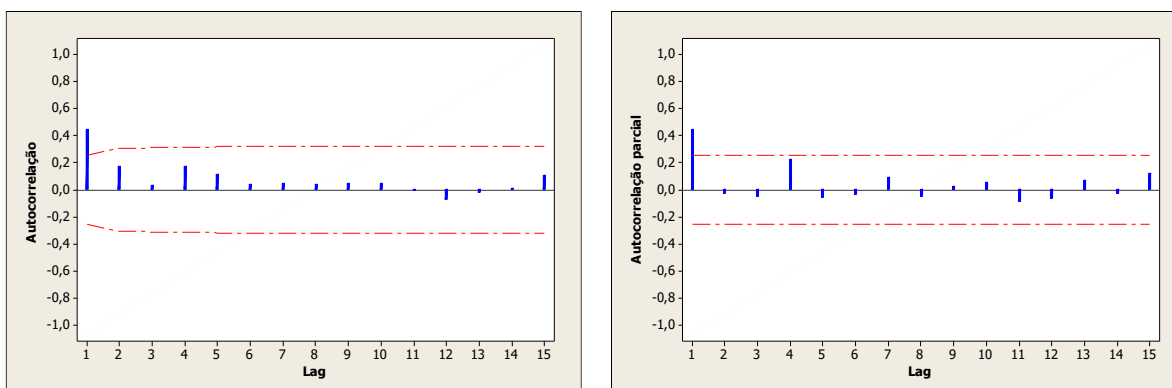
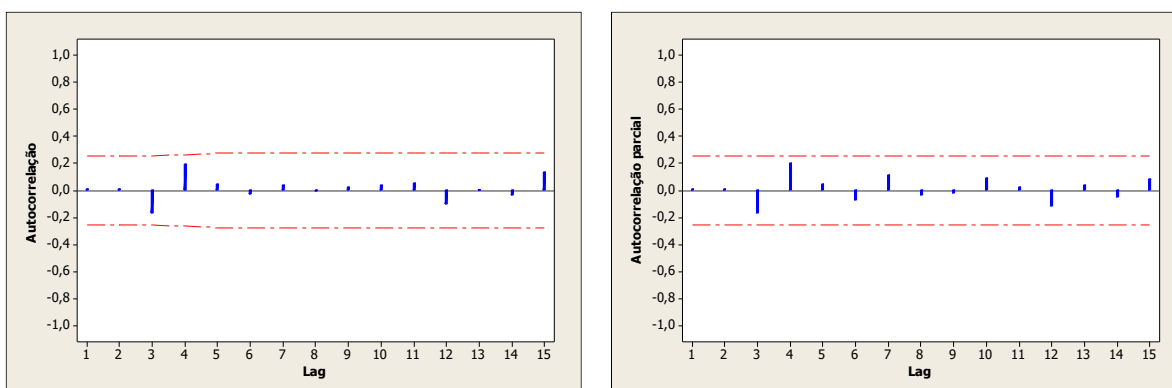


**Gráfico E30.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN5B



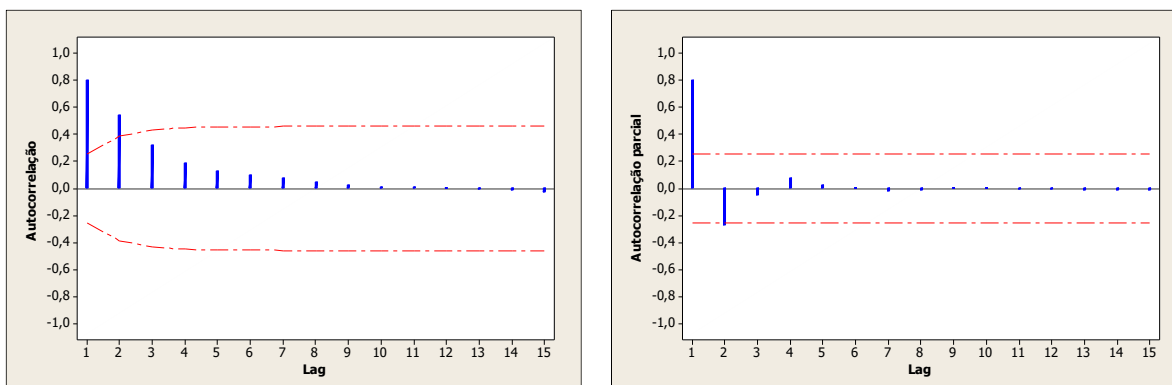
## RS5B X INA5C

## RS5B

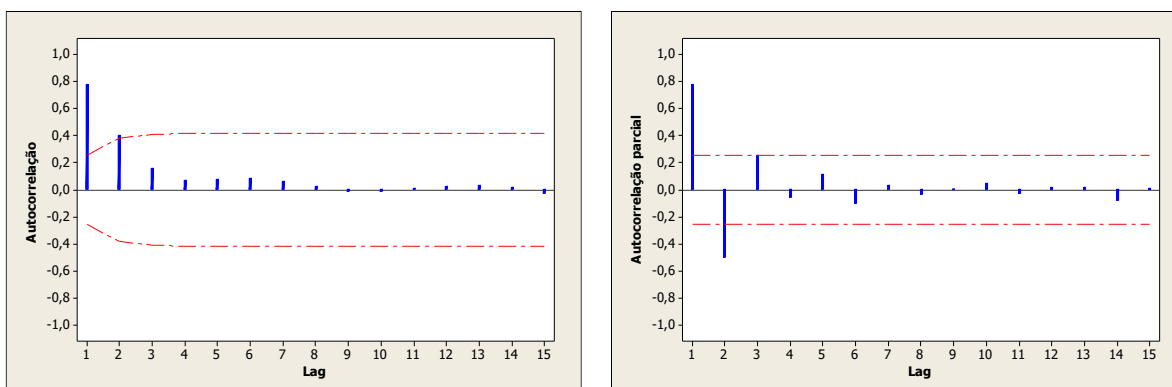
**Gráfico E31.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5B**Gráfico E32.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS5B**Gráfico E33.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5B

## INA5C

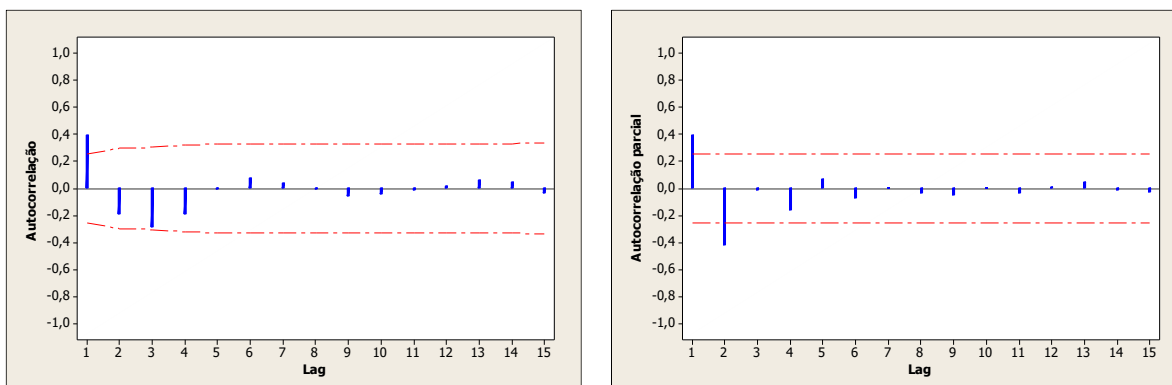
**Gráfico E34.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5C



**Gráfico E35.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA5C



**Gráfico E36.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA5C



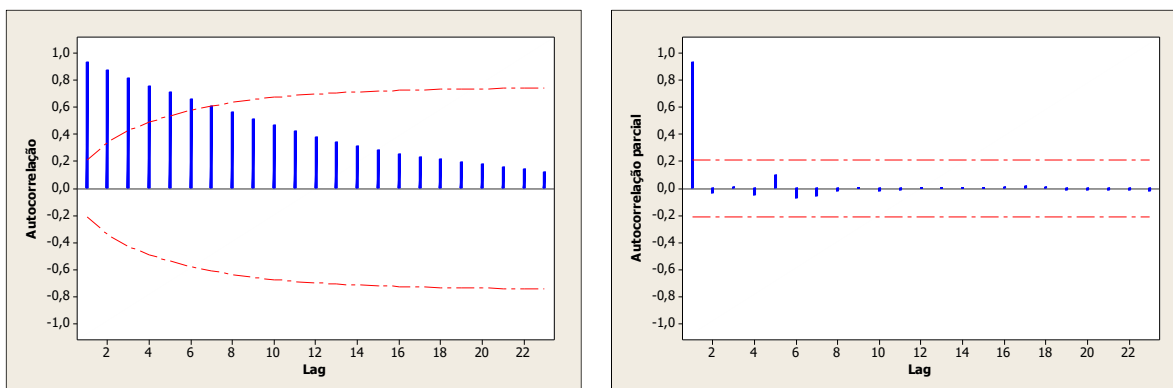
**Calota**



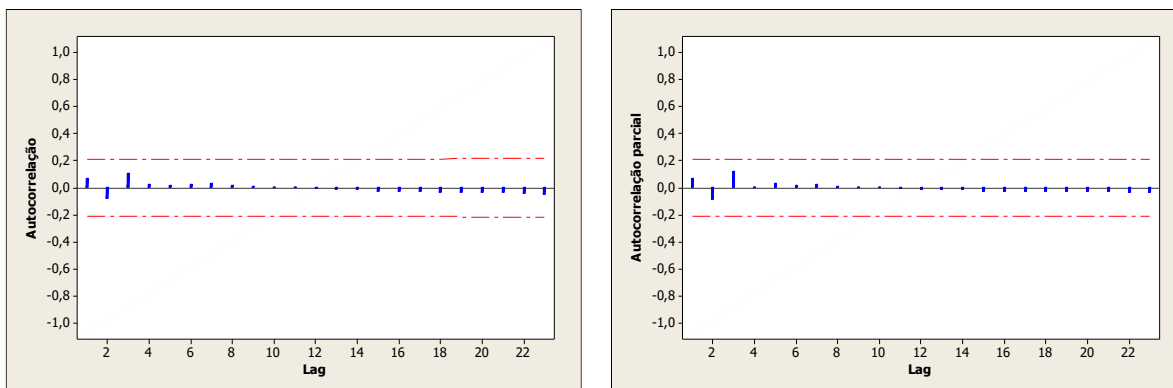
## Corda F X RI5P4

### Corda F

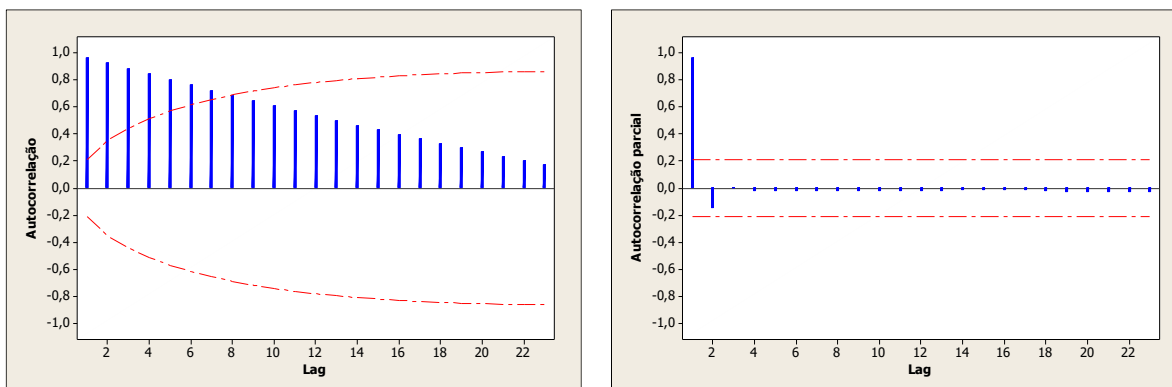
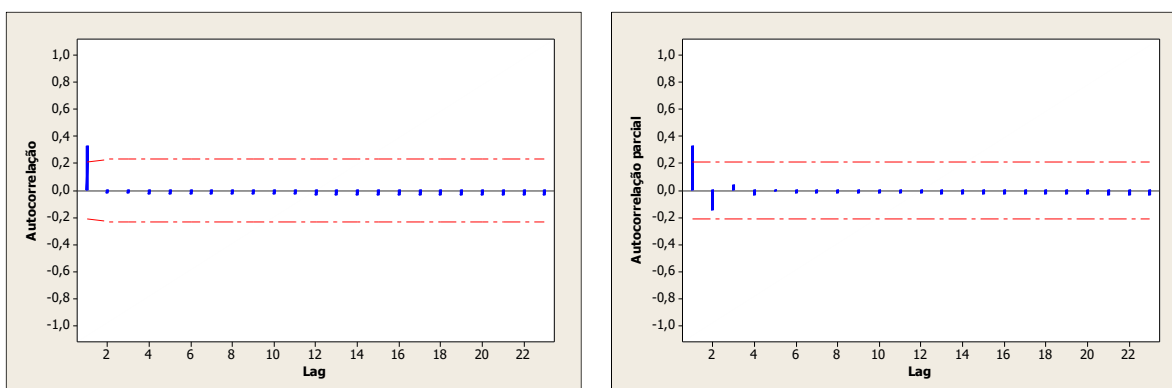
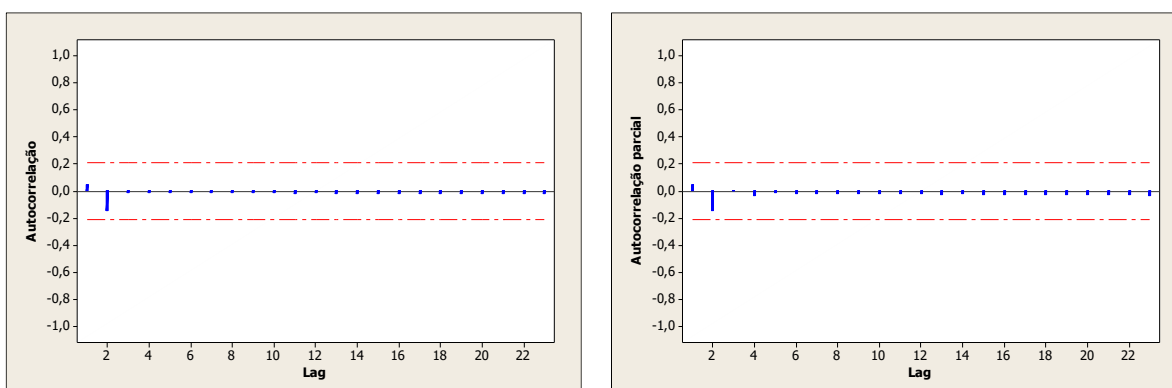
**Gráfico E37.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da convergência da corda F

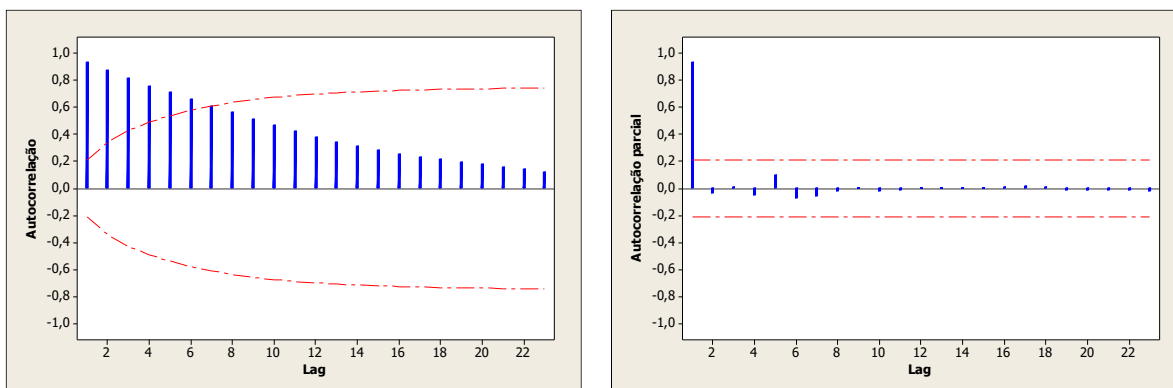
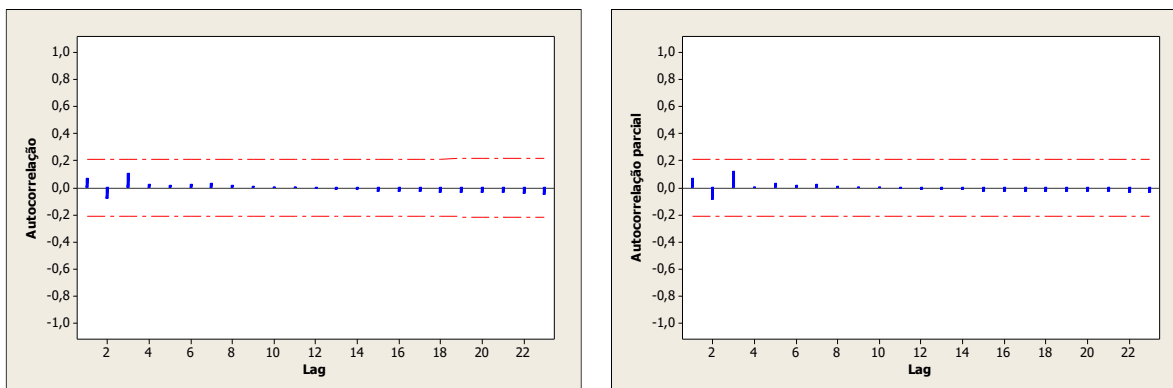


**Gráfico E38.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da convergência da corda F

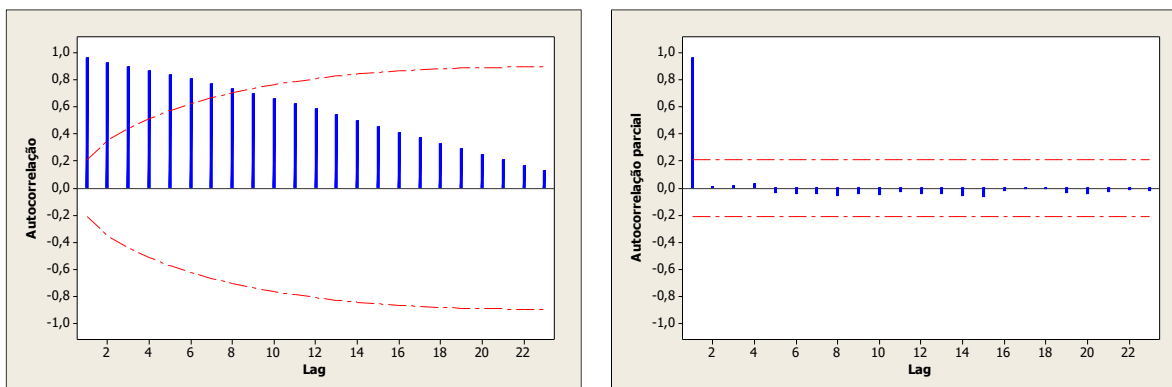
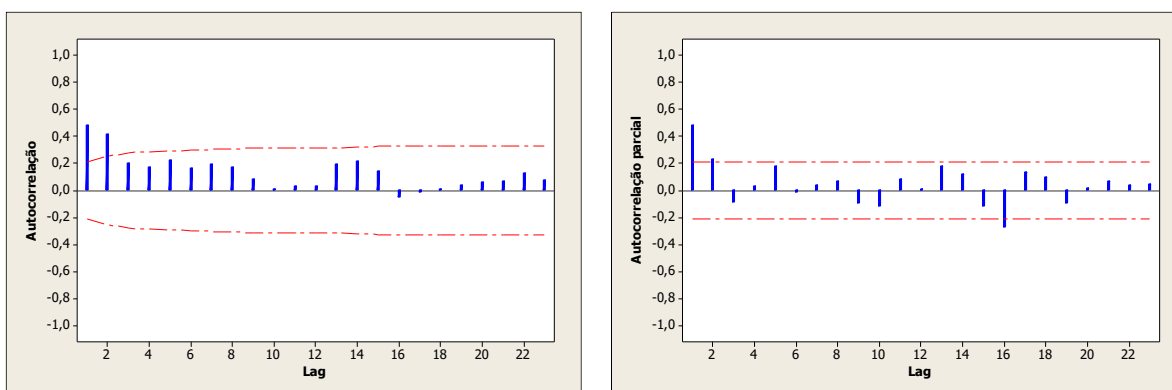
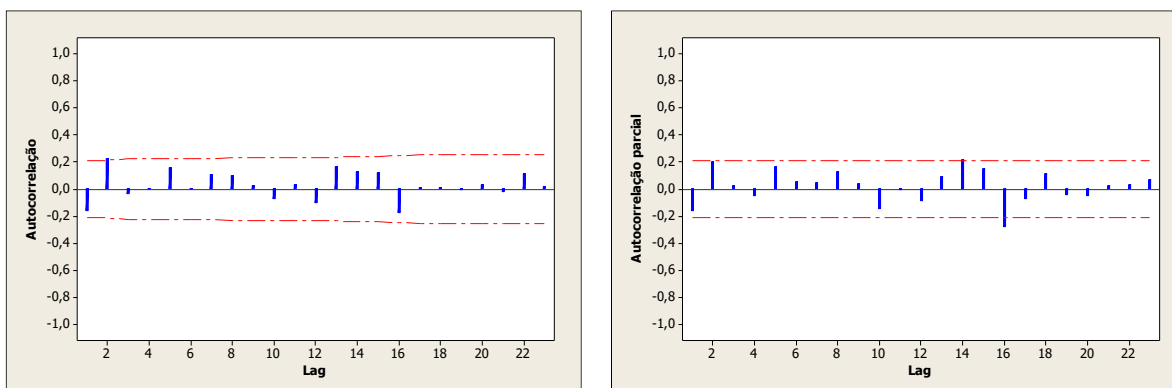


## RI5P4

**Gráfico E39.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RI5P4**Gráfico E40.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RI5P4**Gráfico E41.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RI5P4

**Corda F X RS5B****Corda F****Gráfico E42.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da convergência da corda F**Gráfico E43.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da convergência da corda F

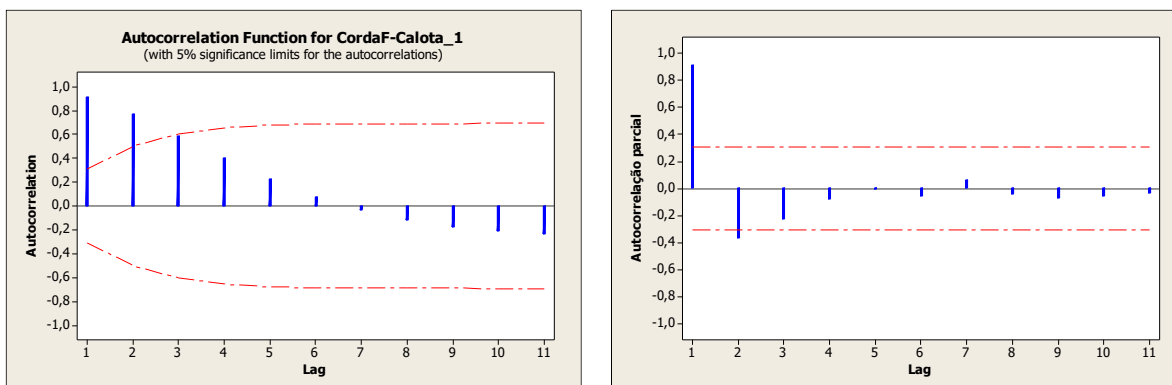
## RS5B

**Gráfico E44.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5B**Gráfico E45.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS5B**Gráfico E46.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5B

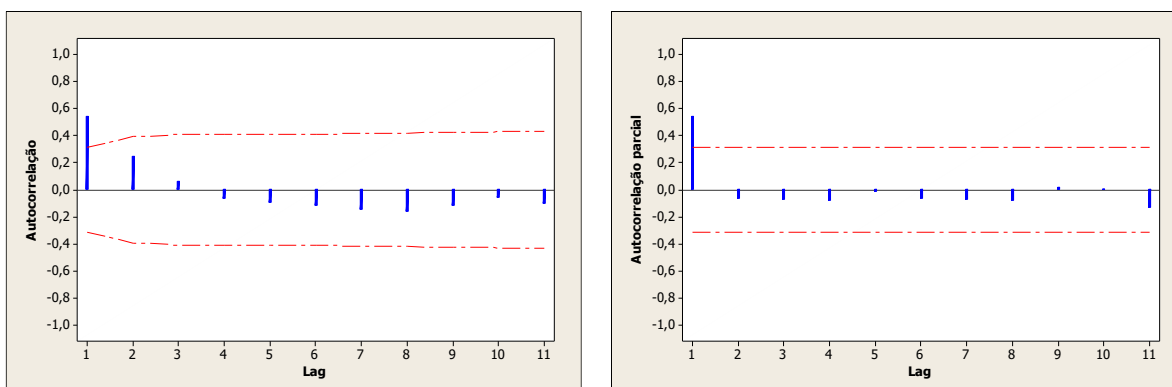
## Corda F X INA5A

### Corda F

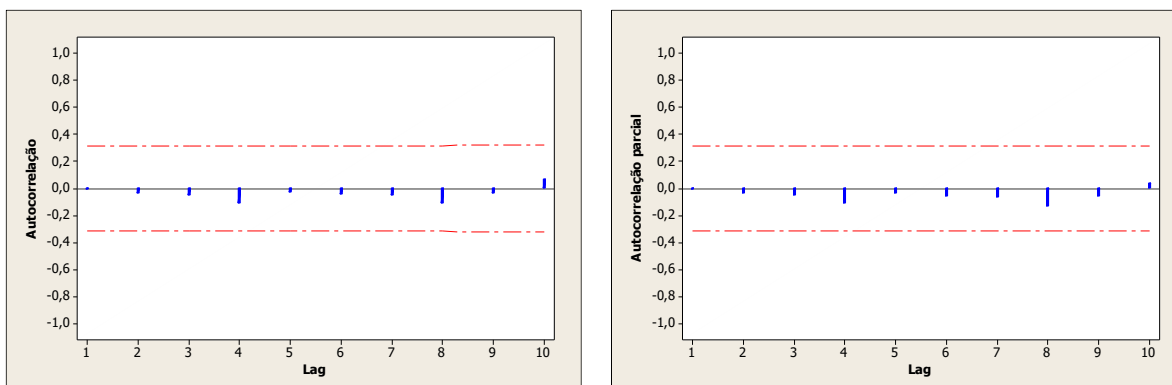
**Gráfico E47.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da convergência da corda F



**Gráfico E48.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da convergência da corda F

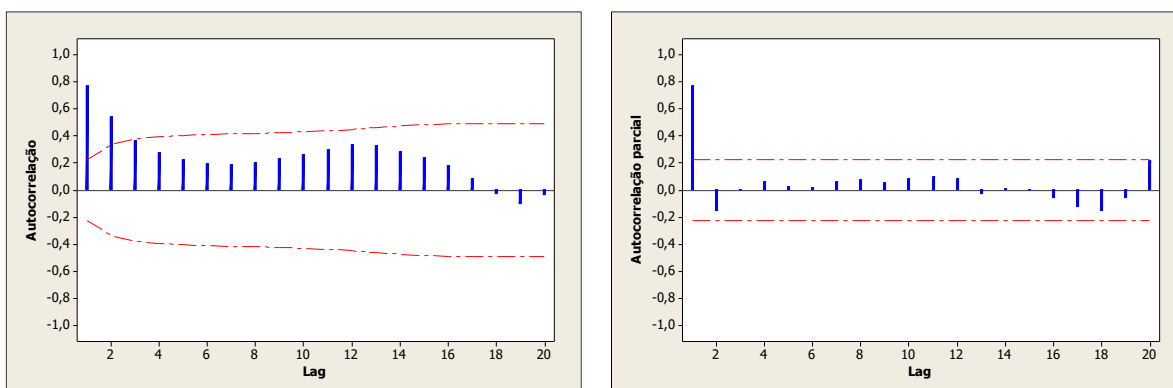


**Gráfico E49.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a convergência da Corda F

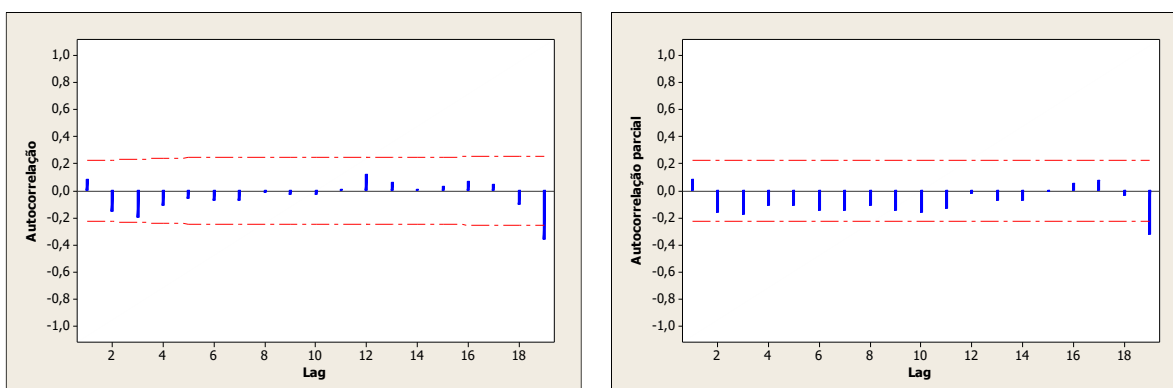


INA5A

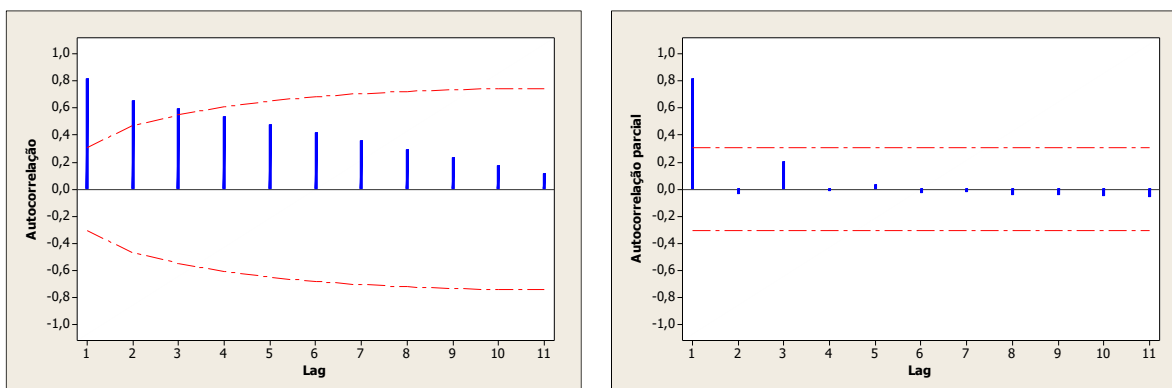
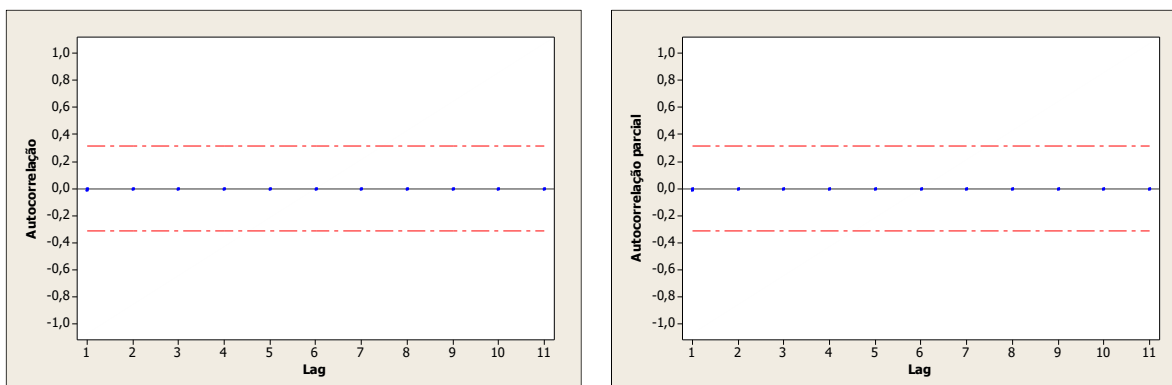
**Gráfico E50.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A



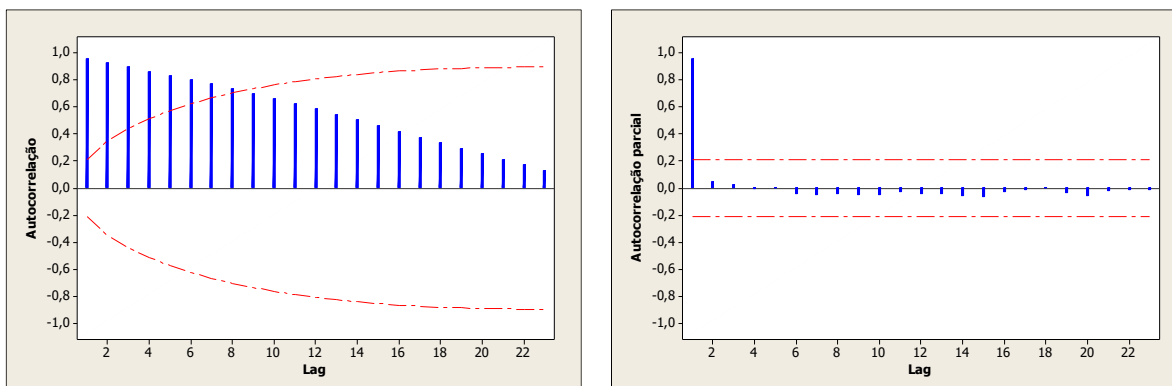
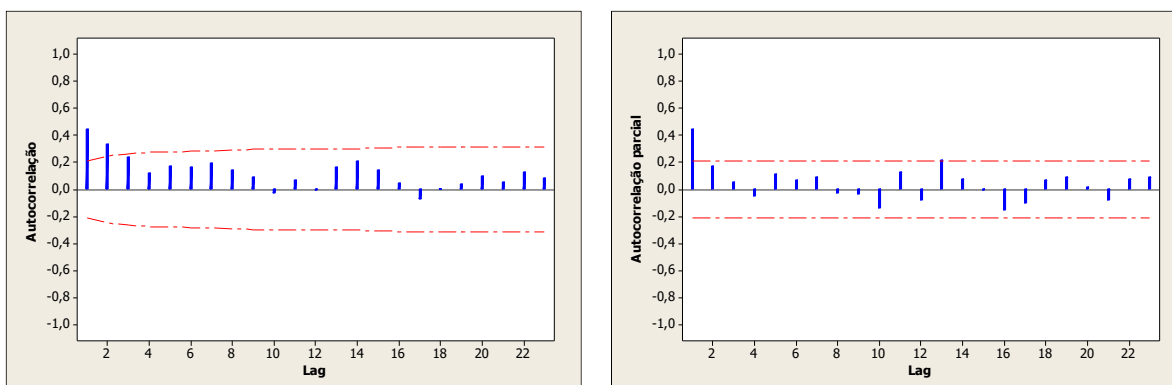
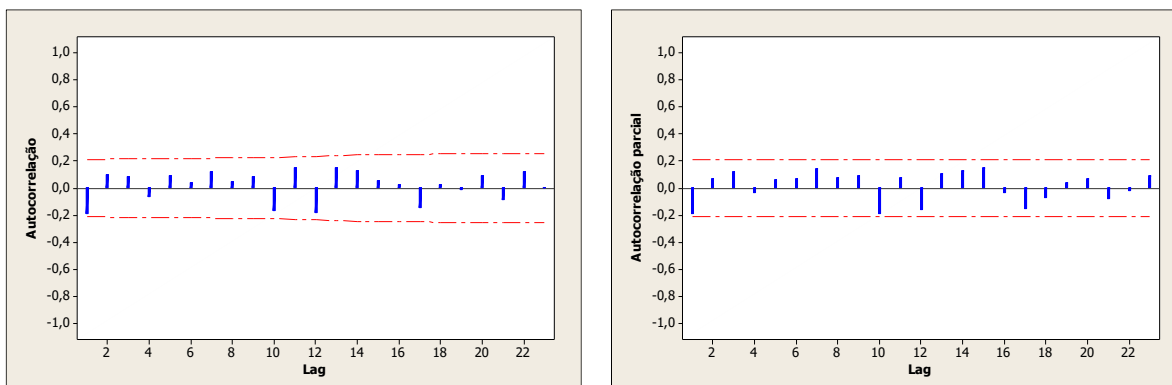
**Gráfico E51.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA5A



**RI5P4 X RS5B**

**RI5P4****Gráfico E52.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RI5P4**Gráfico E53.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RI5P4

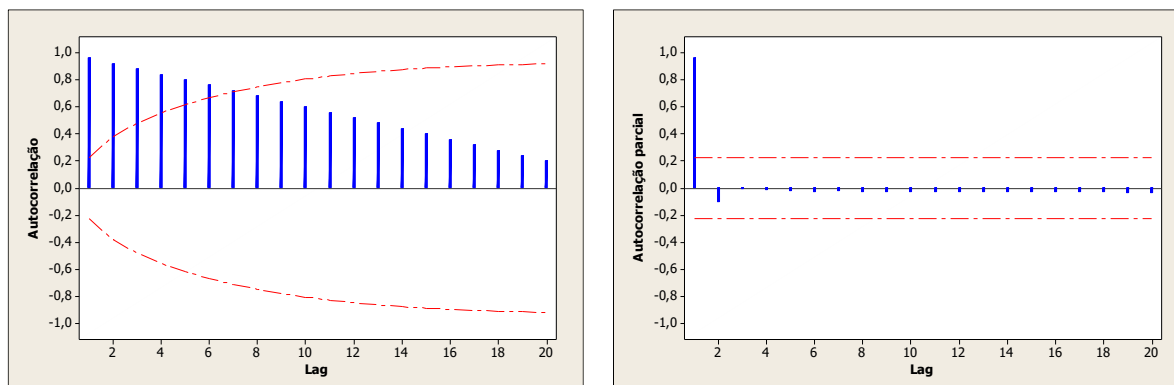
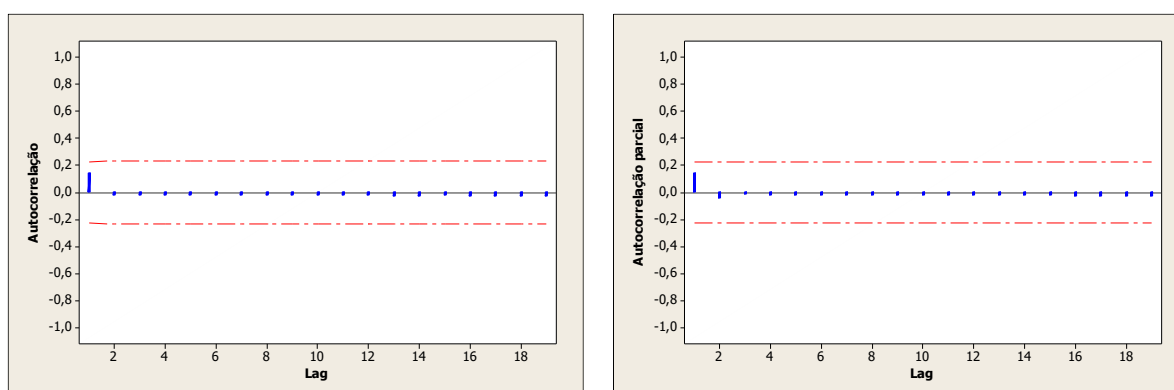
RS5B

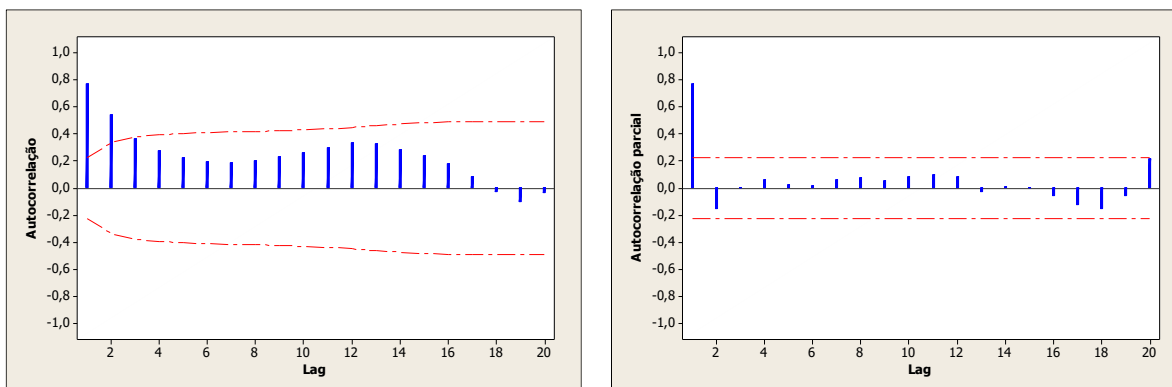
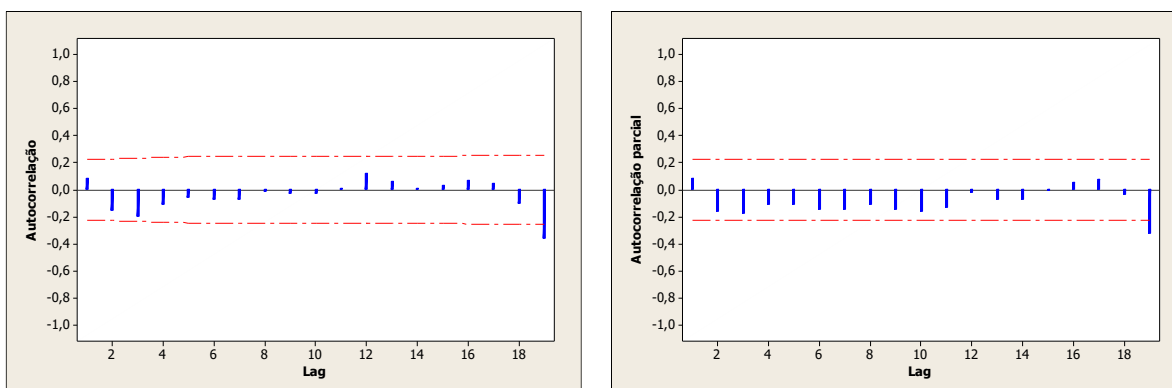
**Gráfico E54.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5B**Gráfico E55.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS5B**Gráfico E56.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5B

RI5P4 X INA5A



RI5P4

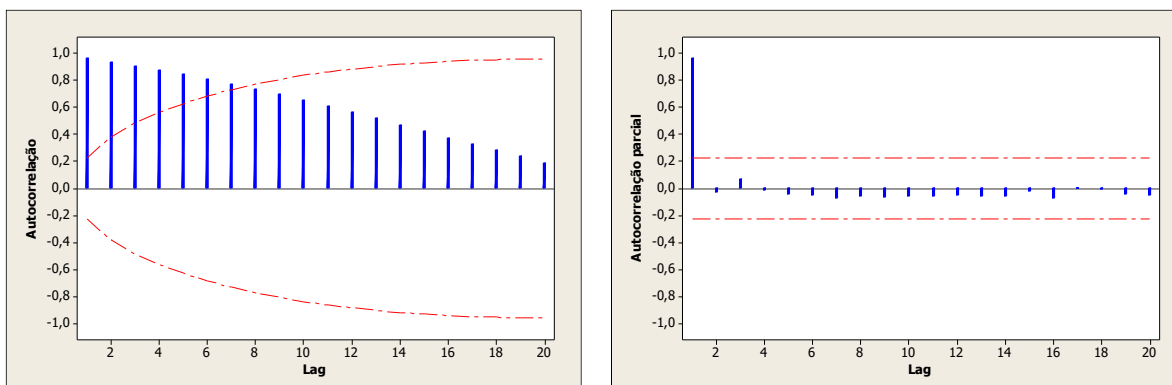
**Gráfico E57.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RI5P4**Gráfico E58.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RI5P4

**INA5A****Gráfico E59.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A**Gráfico E60.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA5A

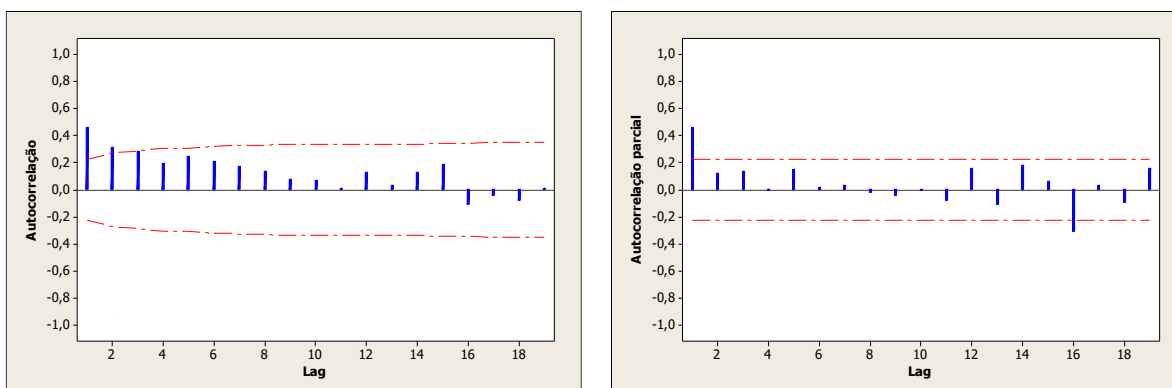
## RS5B X INA5A

### RS5B

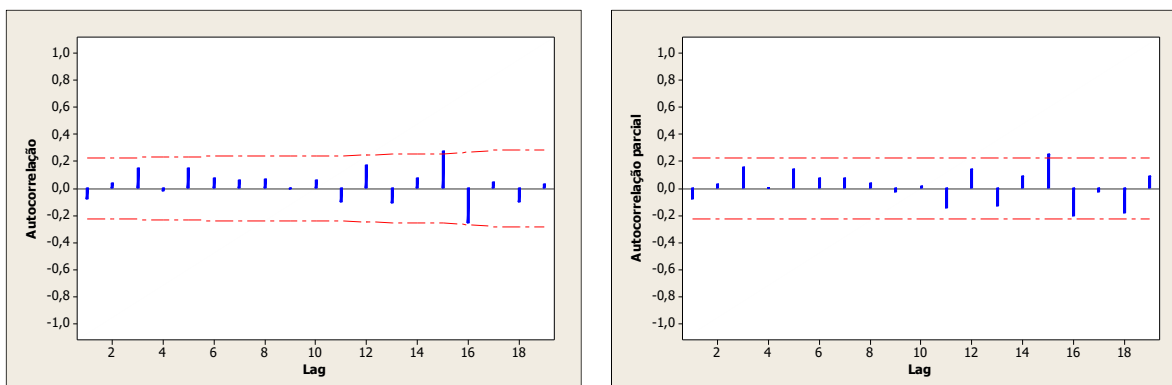
**Gráfico E61.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5B



**Gráfico E62.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS5B

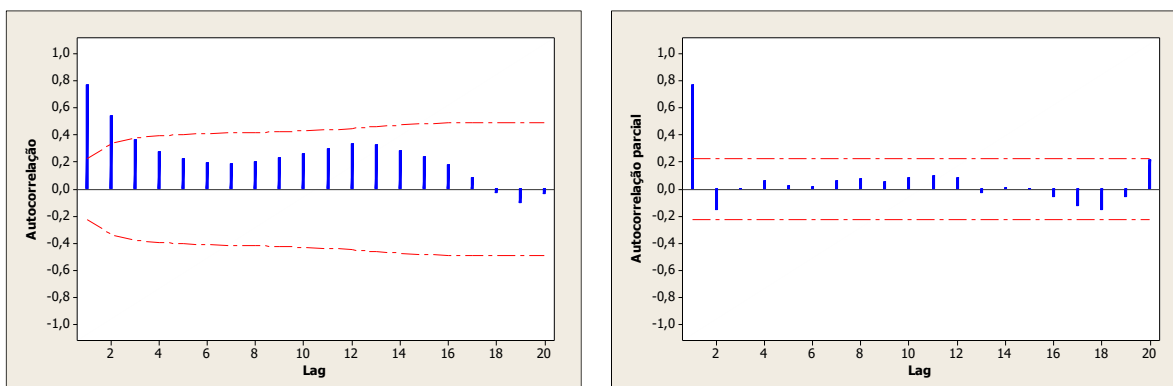


**Gráfico E63.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5B

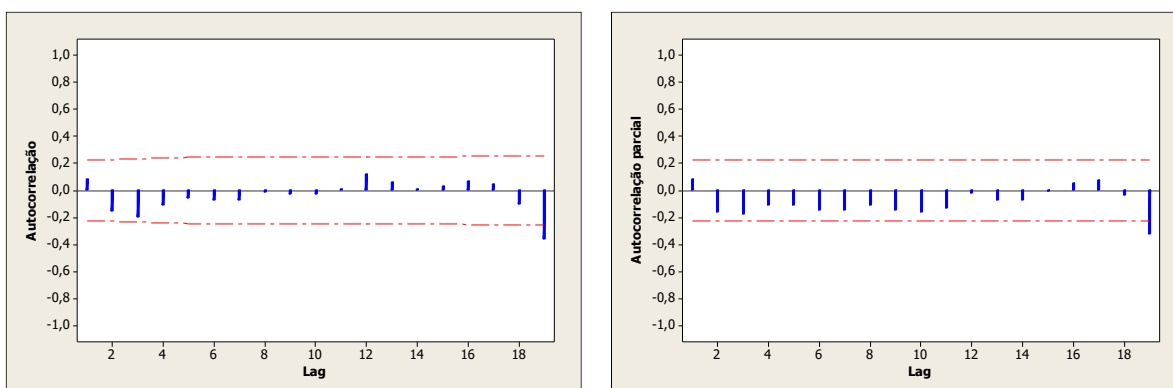


### INA5A

**Gráfico E64.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A



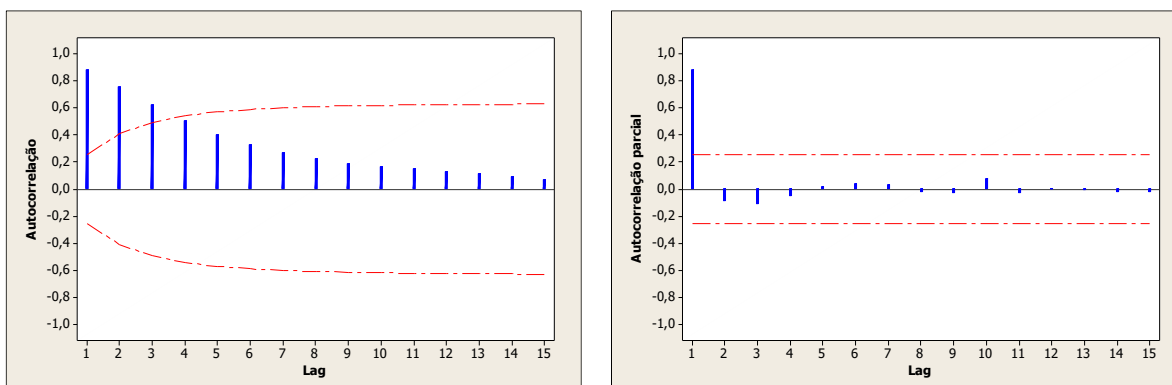
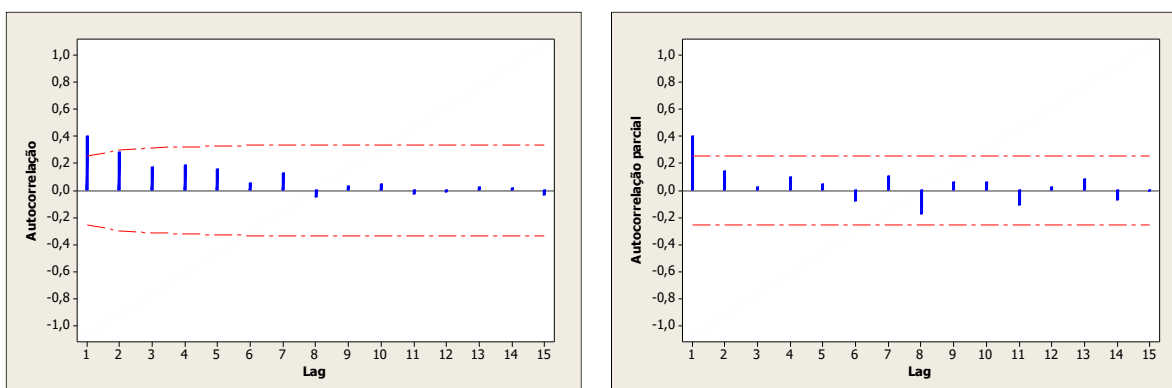
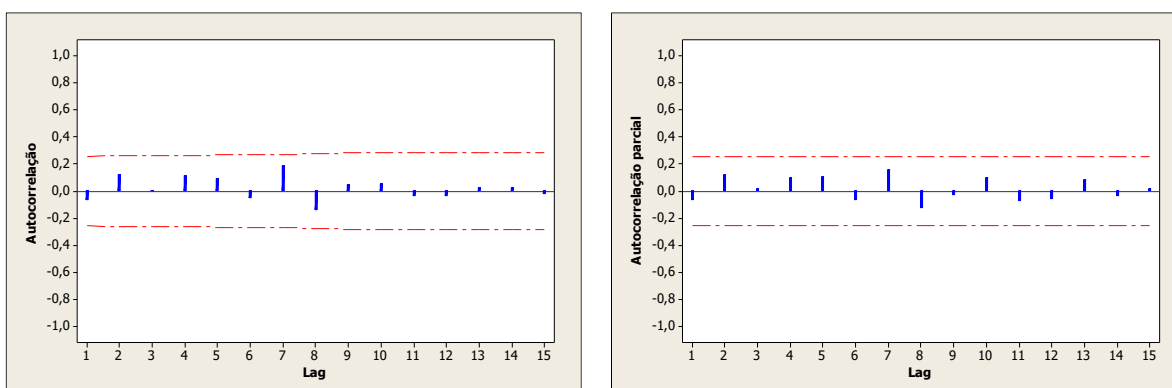
**Gráfico E65.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA5A

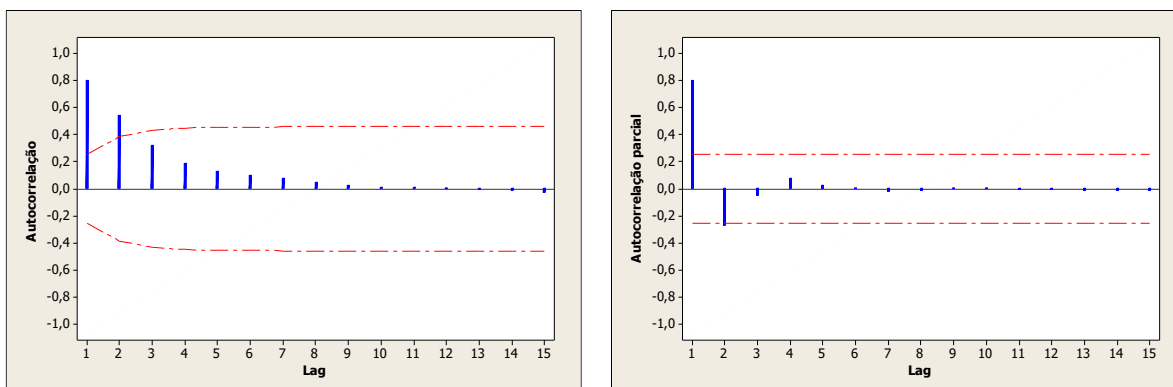


Túnel lateral 1 X Túnel lateral 2

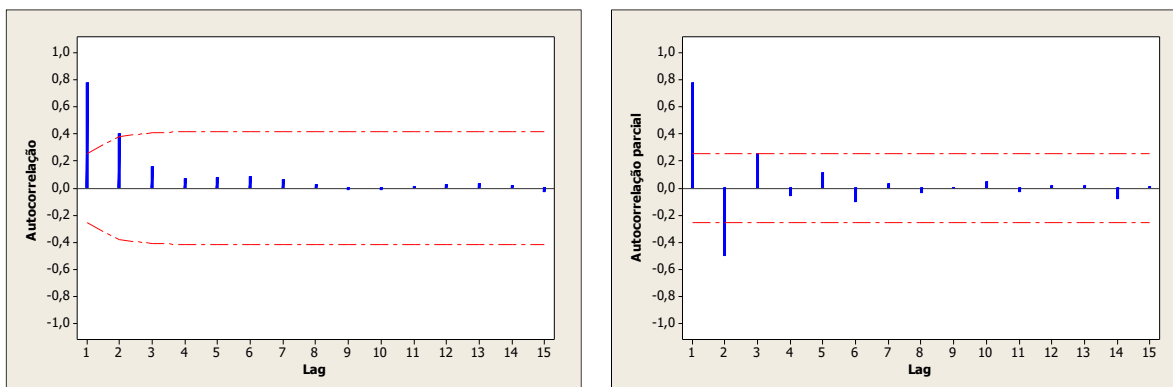
RS5A-TL1 X INA5C-TL2

RS5A-TL1

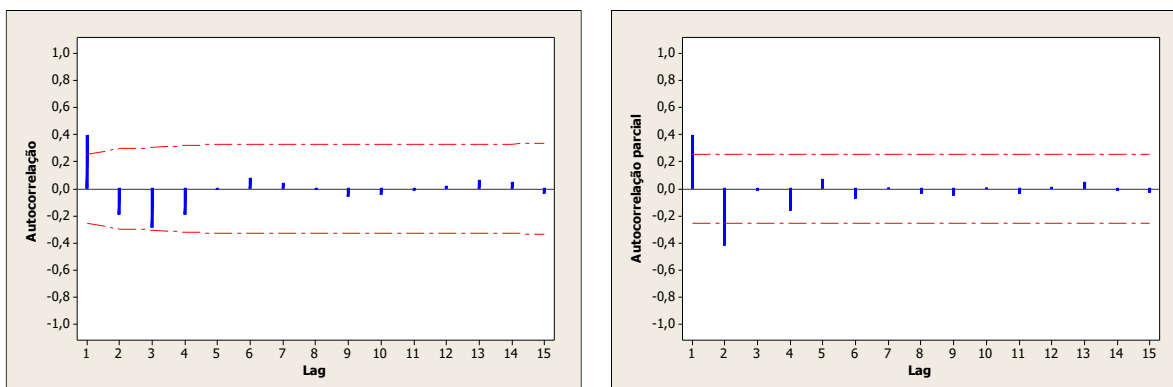
**Gráfico E66.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5A**Gráfico E67.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5A**Gráfico E68.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5A**INA5C-TL2****Gráfico E69.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5C



**Gráfico E70.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA5C

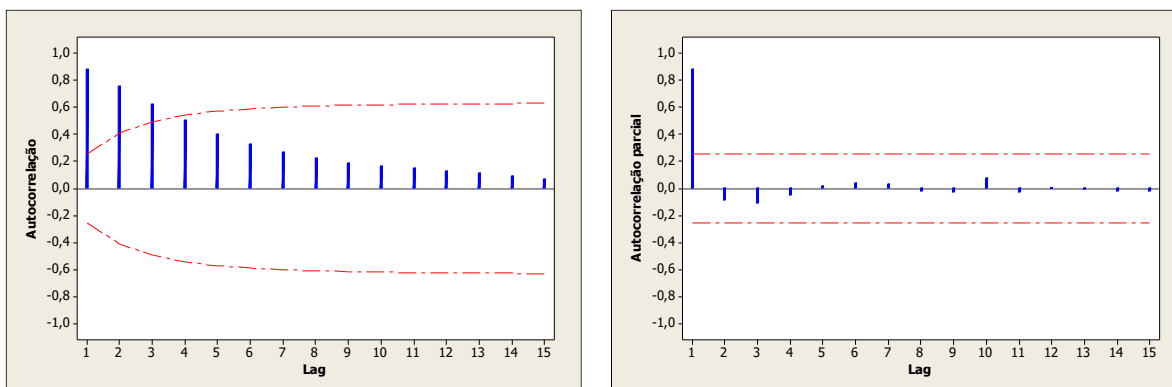
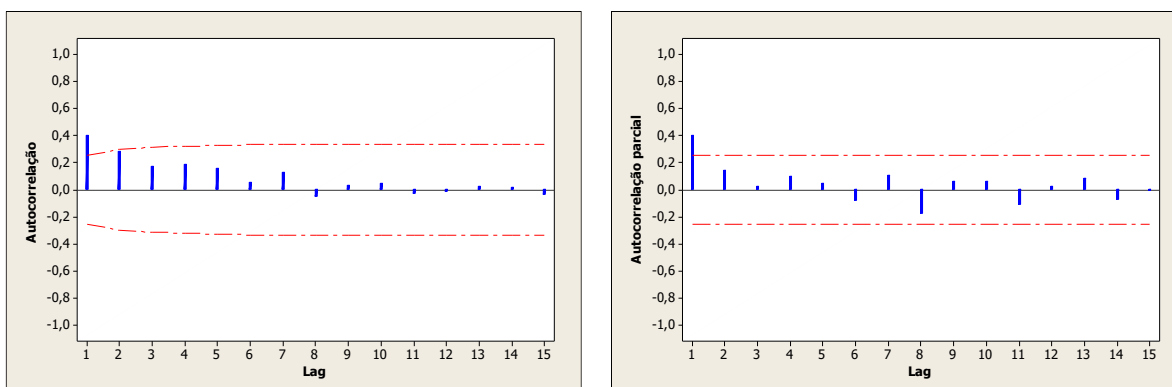
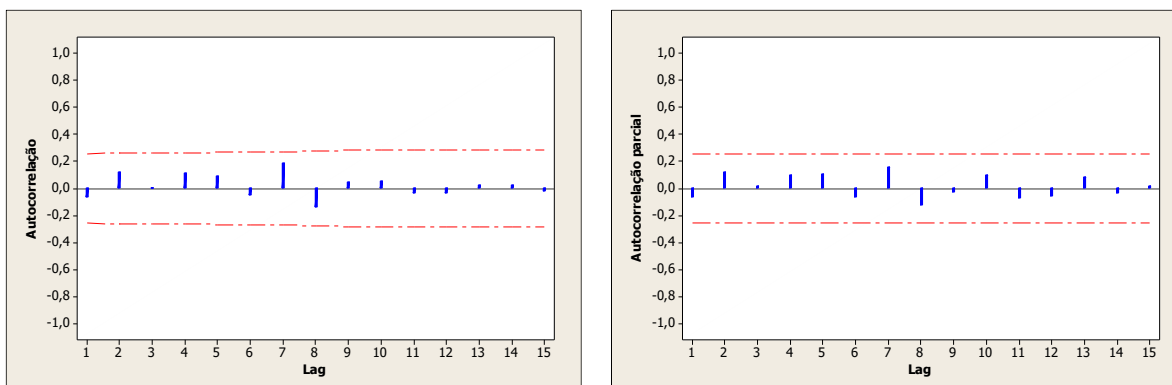


**Gráfico E71.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA5C



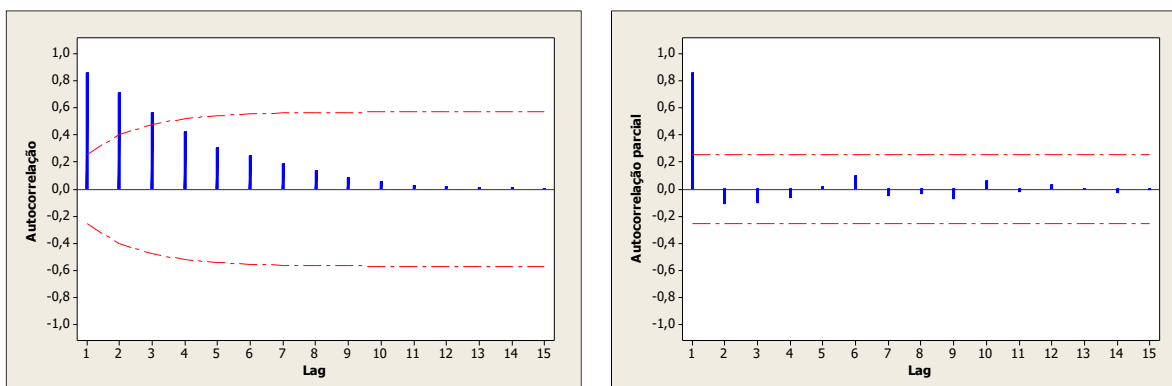
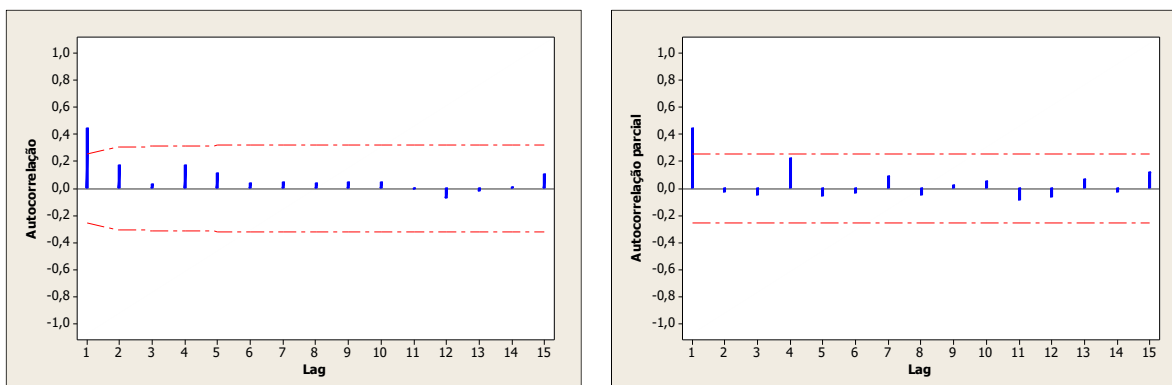
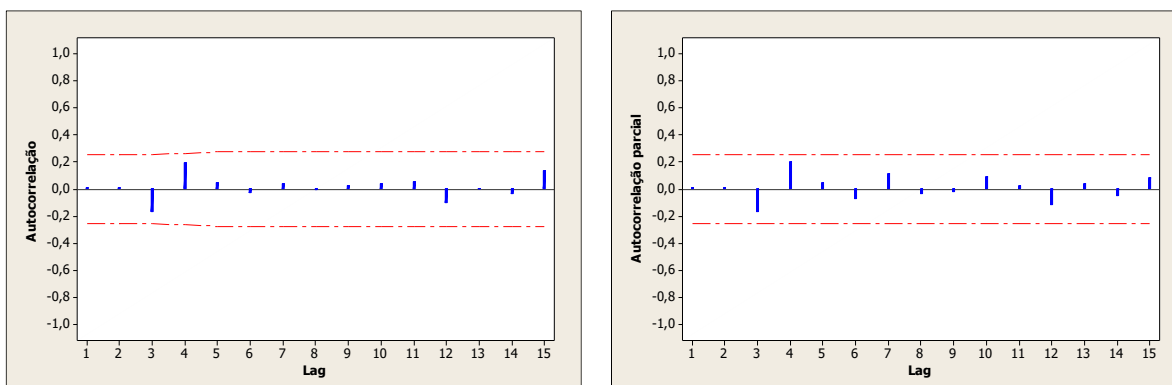
## RS5A-TL1 X RS5B-TL2

## RS5A-TL1

**Gráfico E72.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5A**Gráfico E73.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS5A**Gráfico E74.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5A



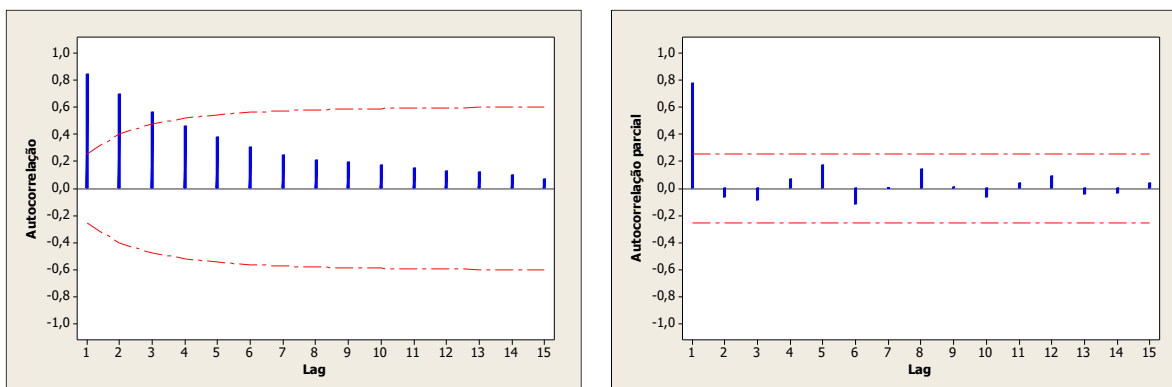
## RS5B-TL2

**Gráfico E75.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5B**Gráfico E76.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS5B**Gráfico E77.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5B

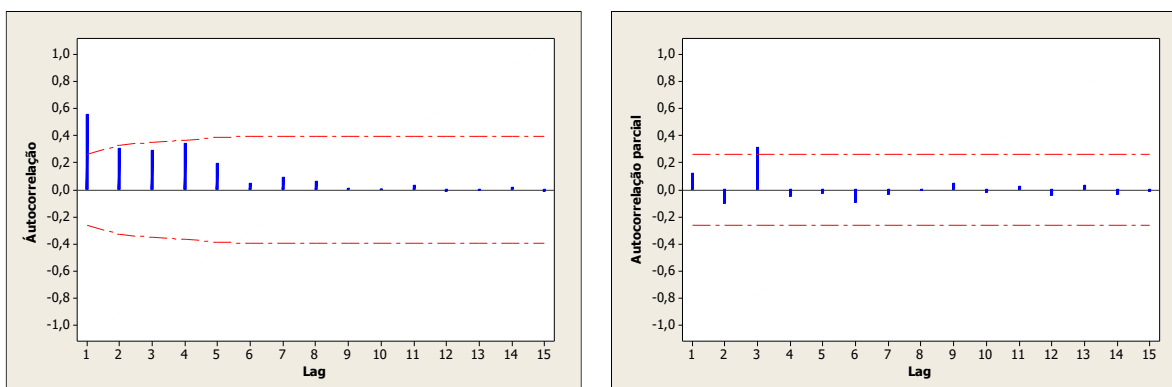
## RS5A-TL1 X PZN5B-TL2

### RS5A-TL1

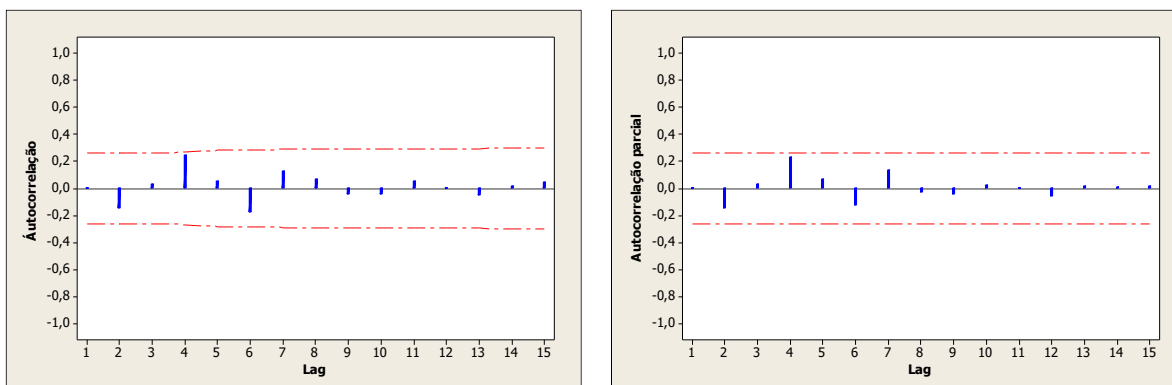
**Gráfico E78.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5A



**Gráfico E79.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5A

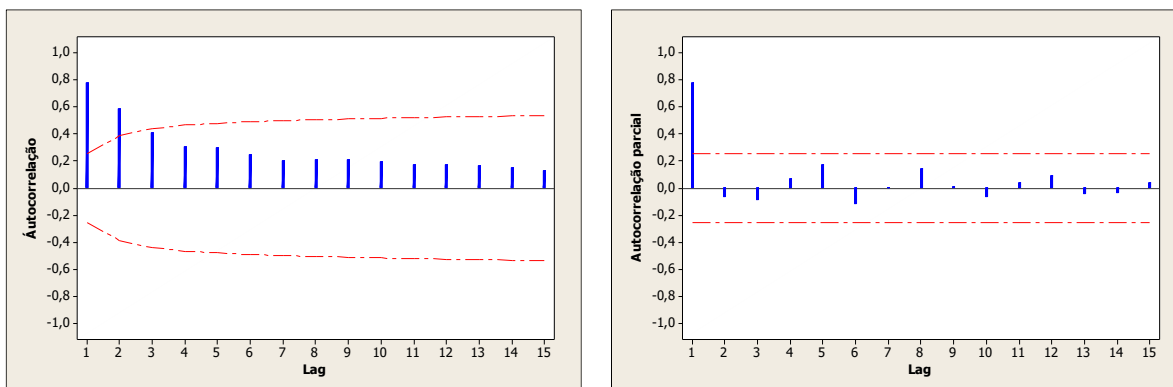


**Gráfico E80.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5A

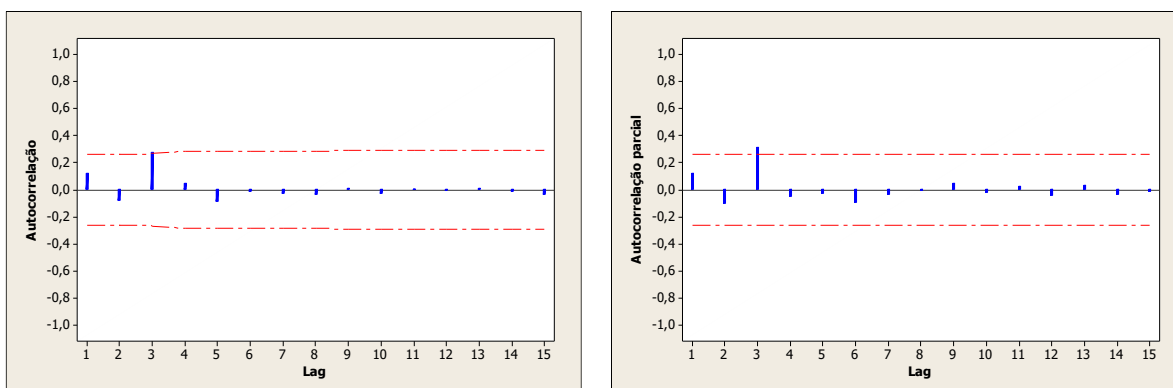


## PZN5B-TL2

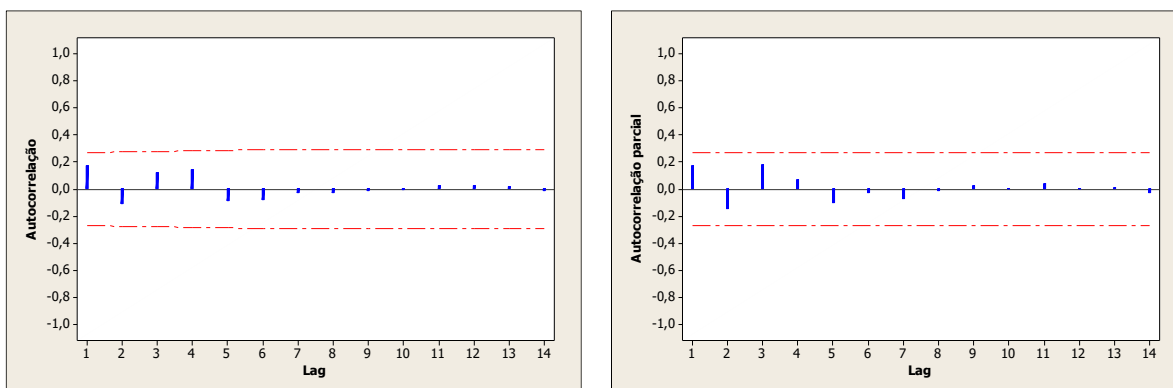
**Gráfico E81.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B



**Gráfico E82.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN5B



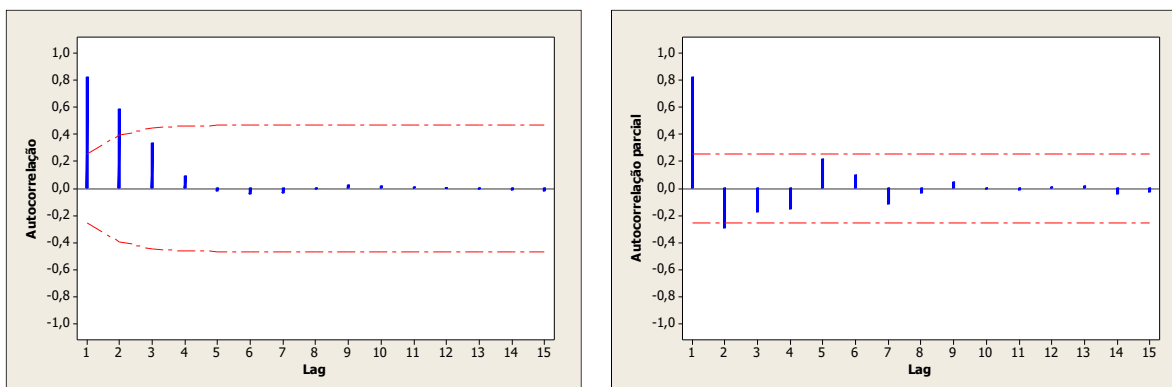
**Gráfico E83.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(3,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN5B



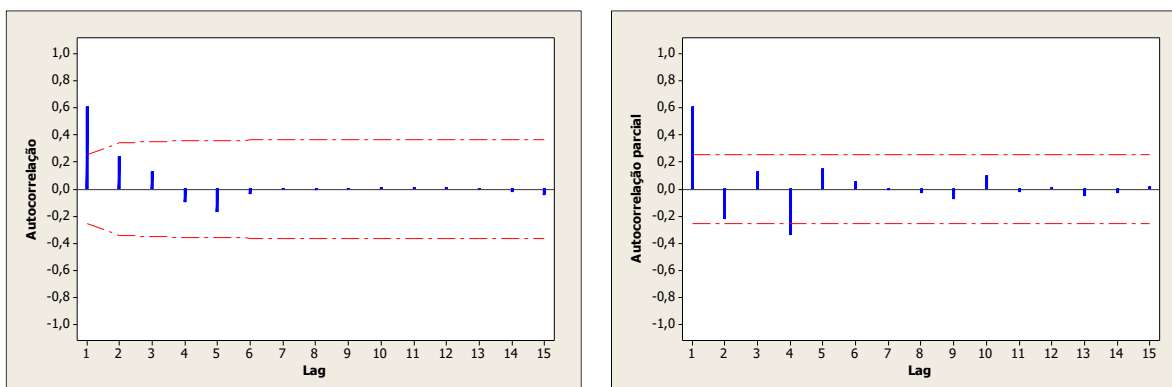
## INA5A-TL1 X RS5B-TL2

### INA5A-TL1

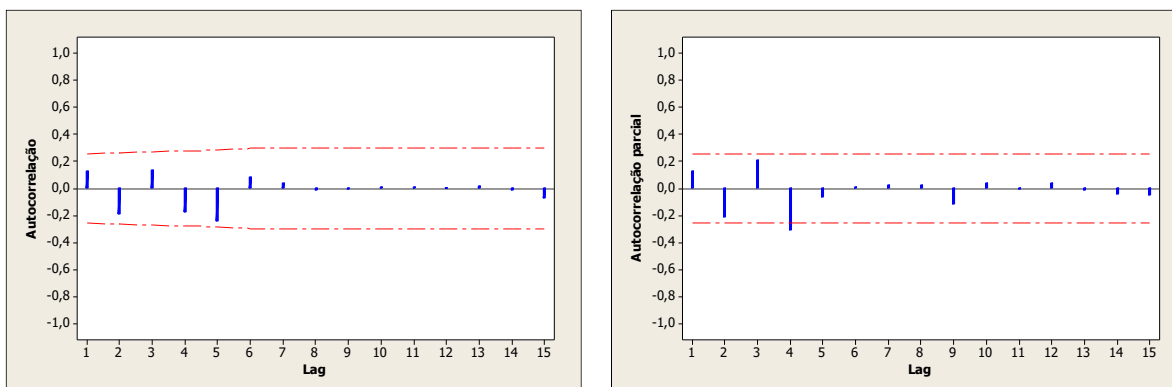
**Gráfico E84.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A



**Gráfico E85.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A

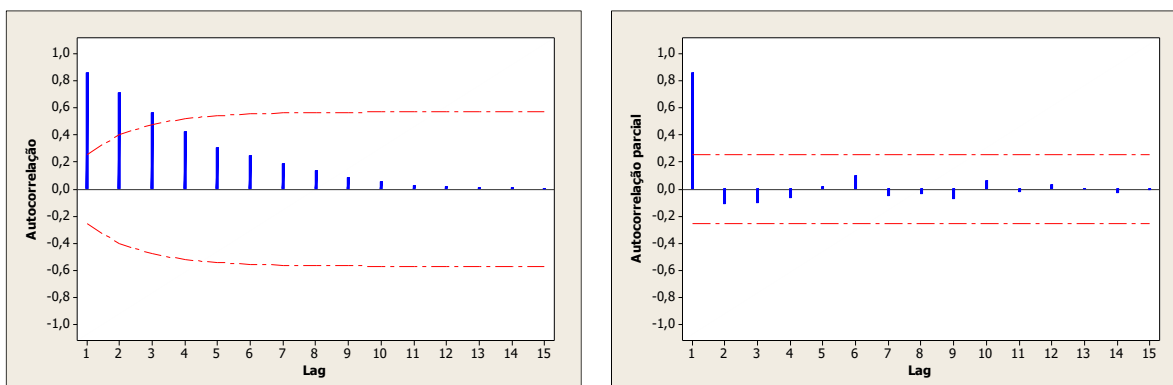


**Gráfico E86.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA5A

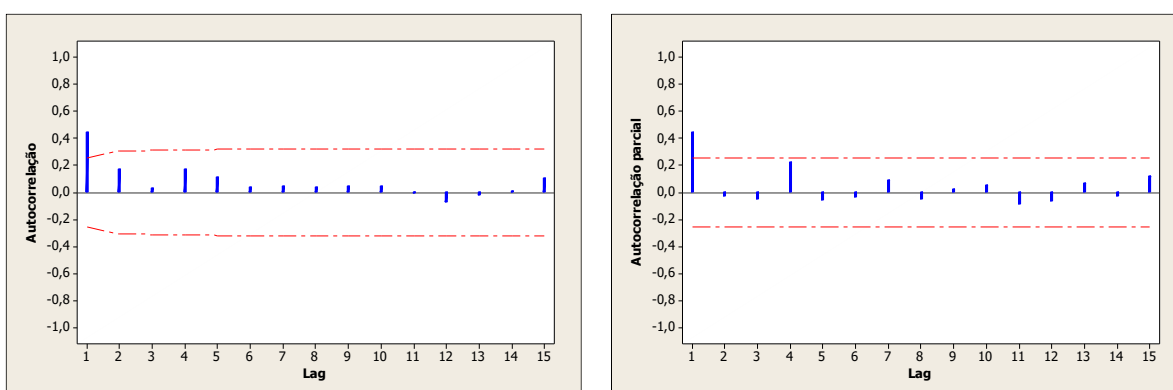


### RS5B-TL2

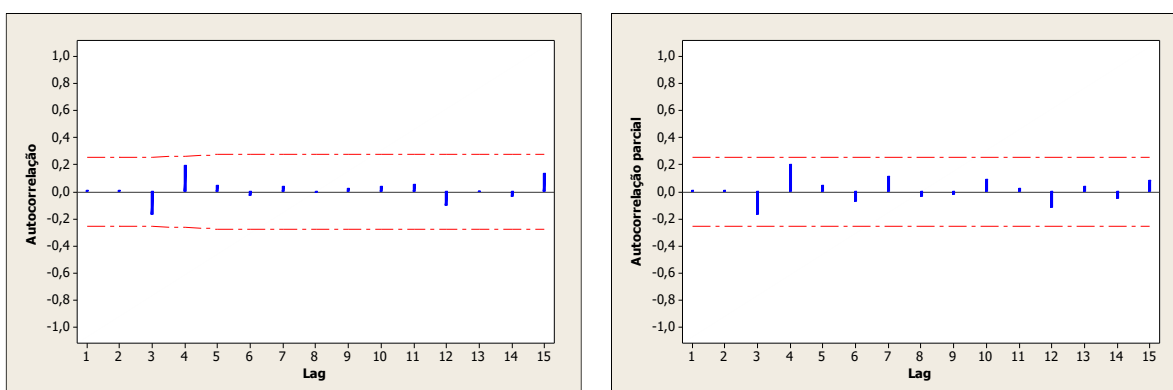
**Gráfico E87.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5B



**Gráfico E88.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS5B



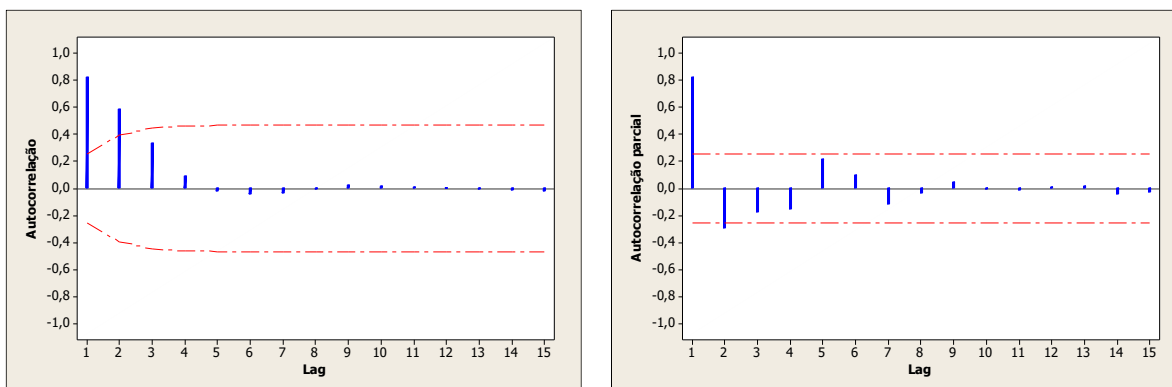
**Gráfico E89.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS5B



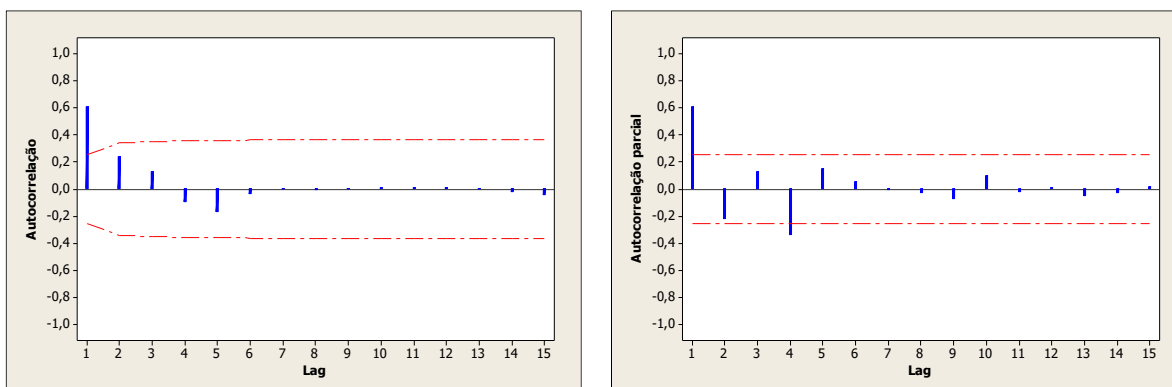
## INA5A-TL1 X INA5C-TL2

### INA5A-TL1

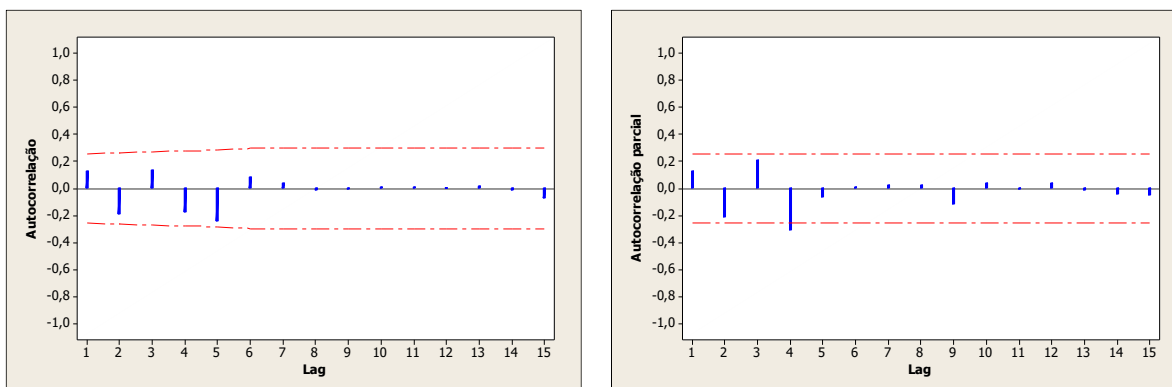
**Gráfico E90.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A



**Gráfico E91.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A

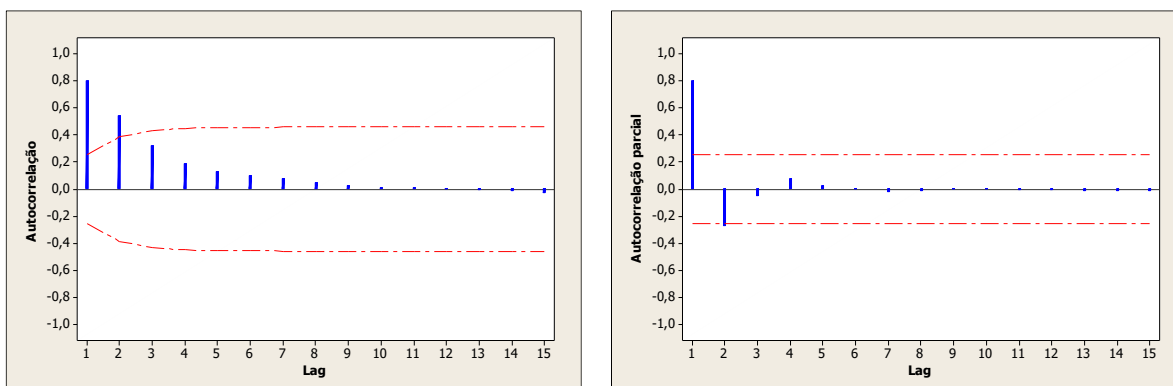


**Gráfico E92.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA5A

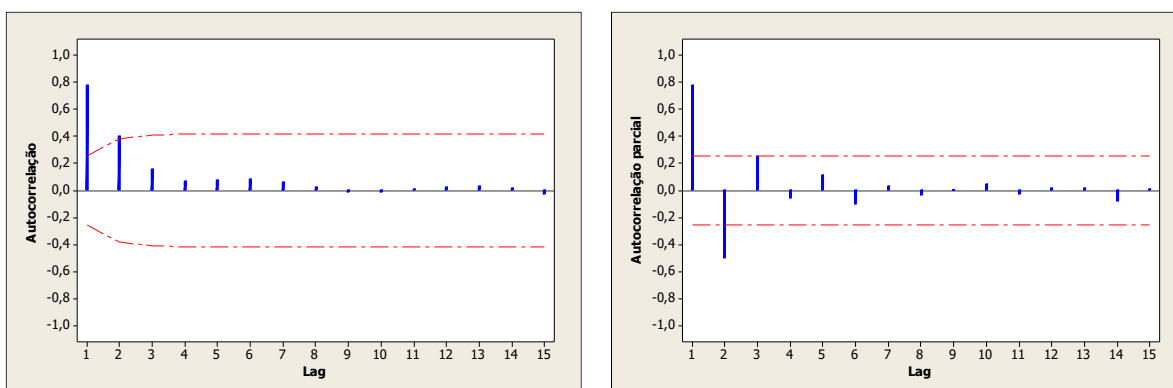


### INA5C-TL2

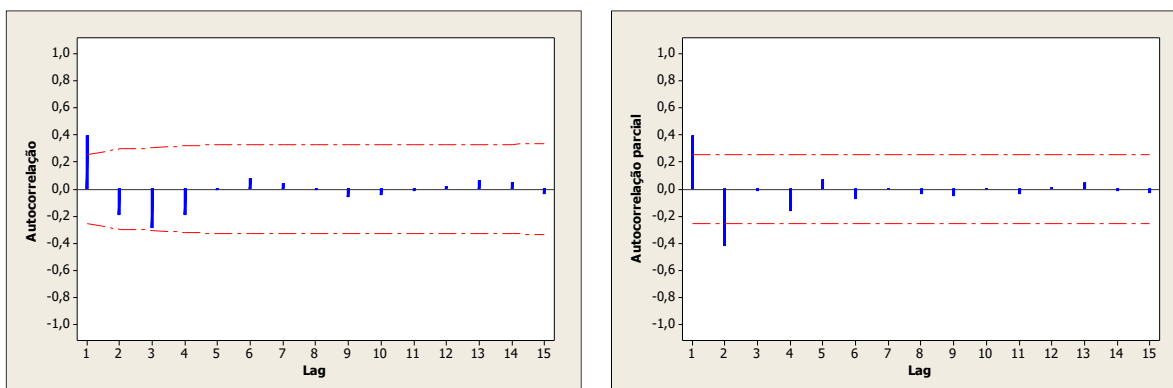
**Gráfico E93.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5C



**Gráfico E94.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA5C



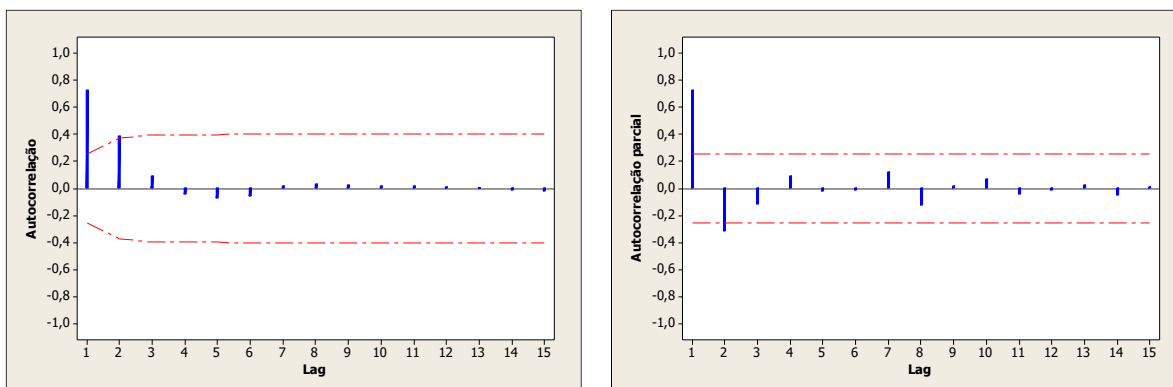
**Gráfico E95.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA5C



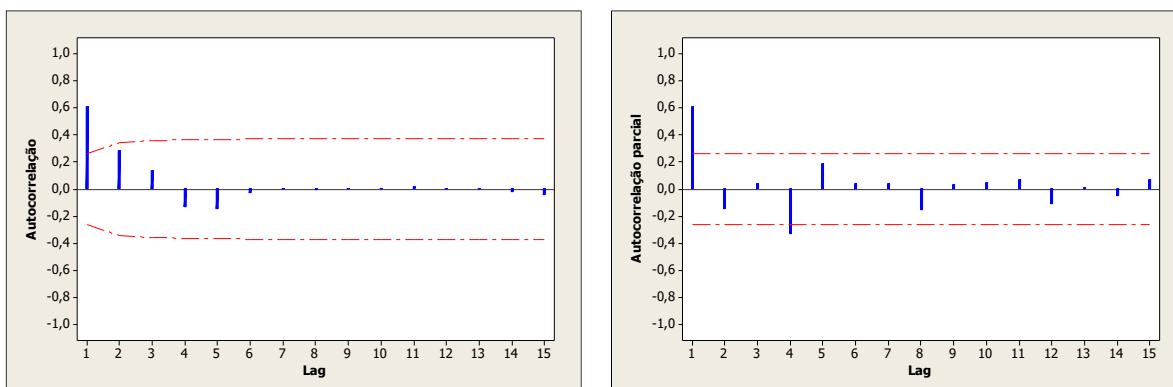
## INA5A-TL1 X PZN5B-TL2

### INA5A-TL1

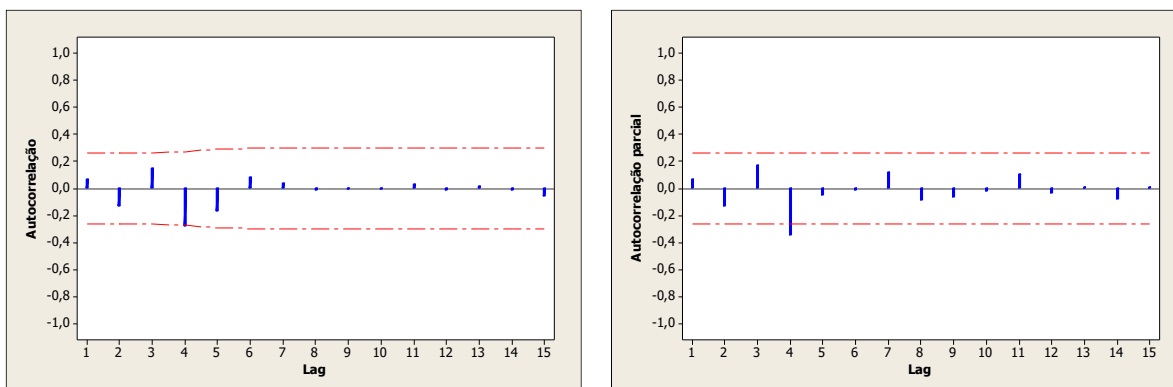
**Gráfico E96.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A



**Gráfico E97.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5A



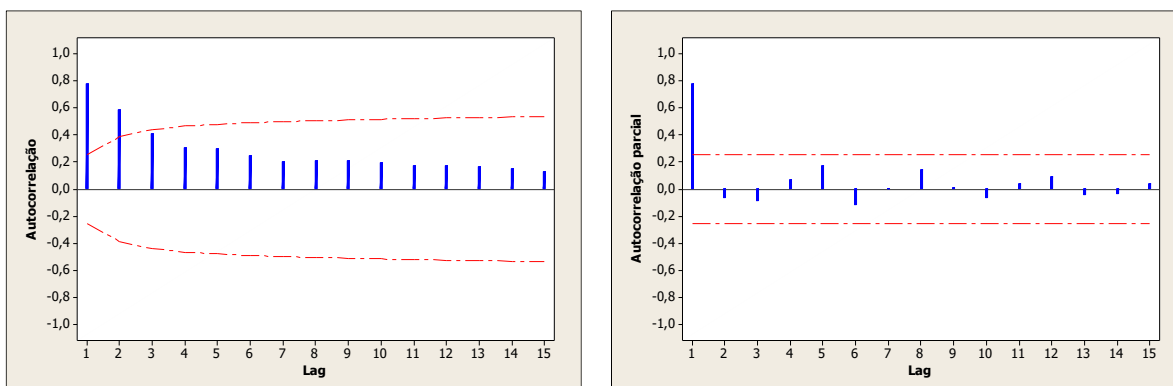
**Gráfico E98.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA5A



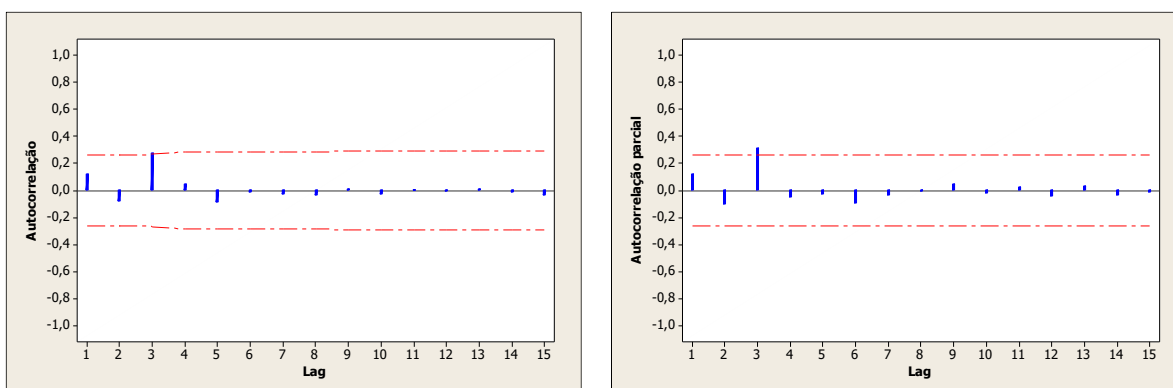
### PZN5B-TL2



**Gráfico E99.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B



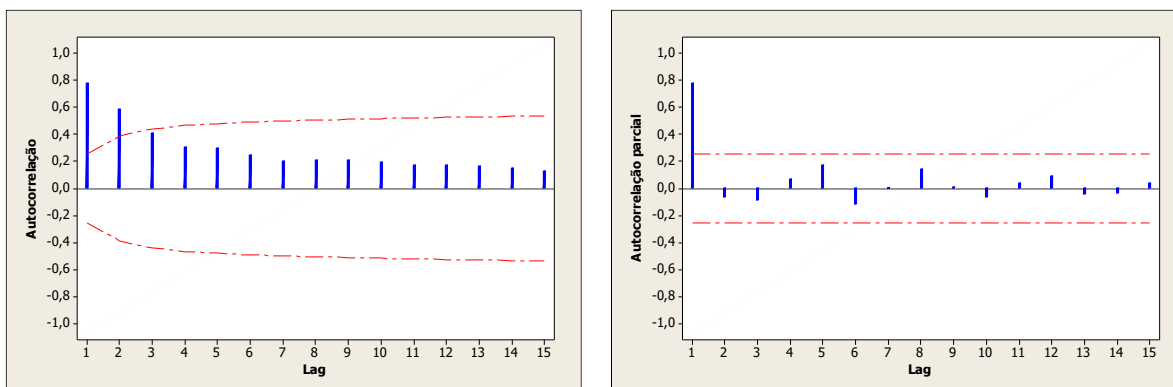
**Gráfico E100.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN5B



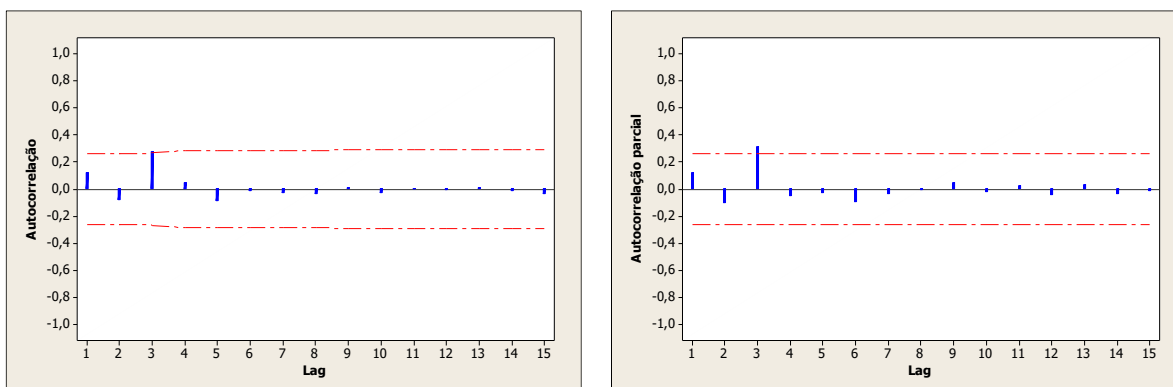
## PZN5B-TL1 X RS5B-TL2

### PZN5B-TL1

**Gráfico E101.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B

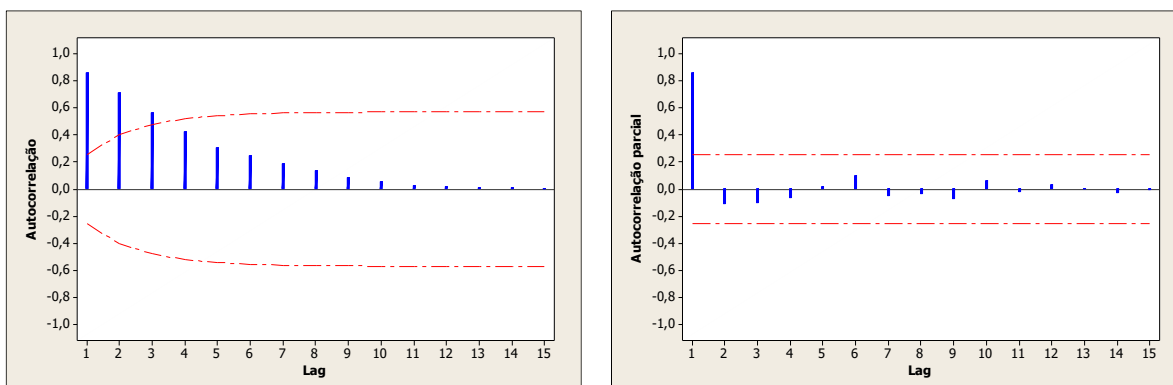


**Gráfico E102.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B

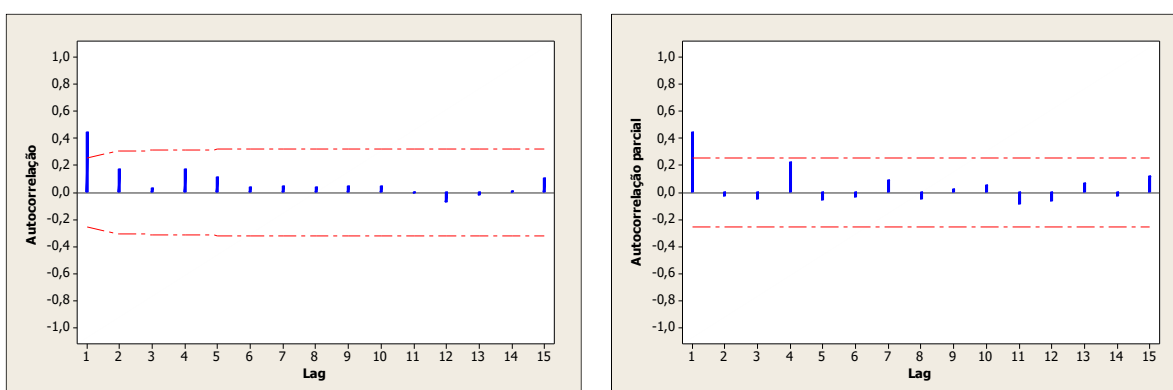


### RS5B-TL2

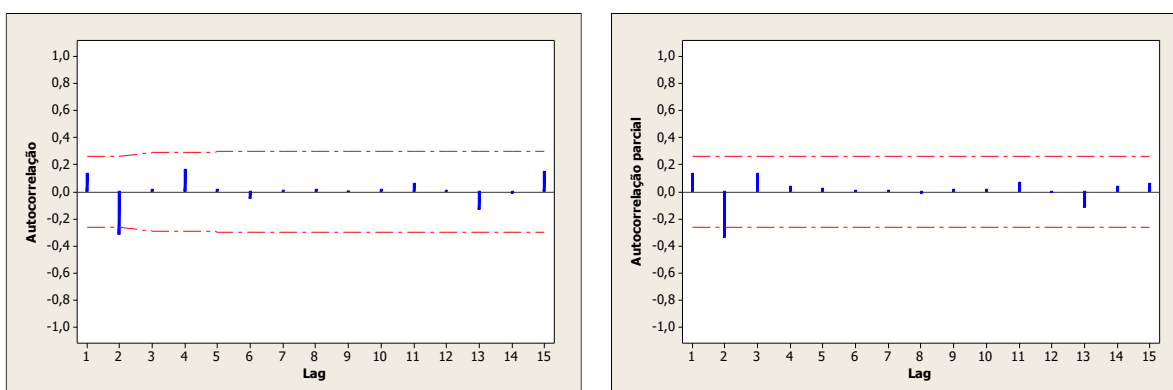
**Gráfico E103.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS5B



**Gráfico E104.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS5B



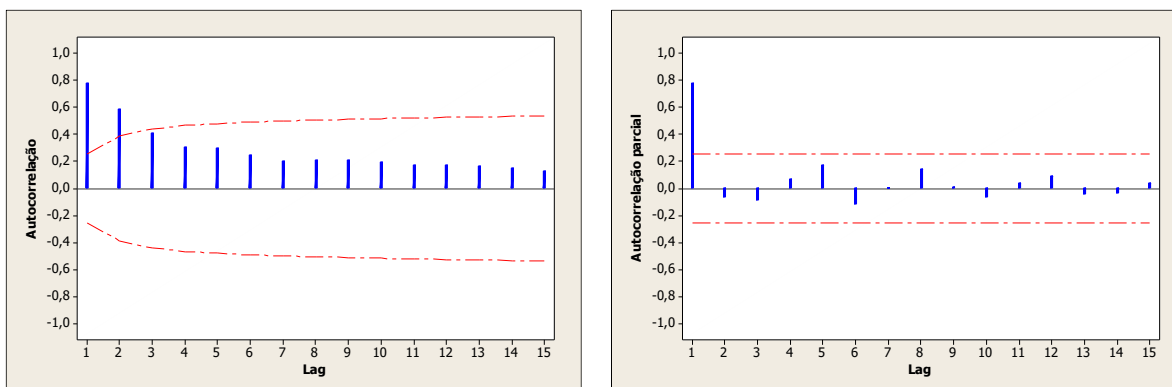
**Gráfico E105.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo  $\text{ARIMA}(1,1,0)$  para a leitura do RS5B



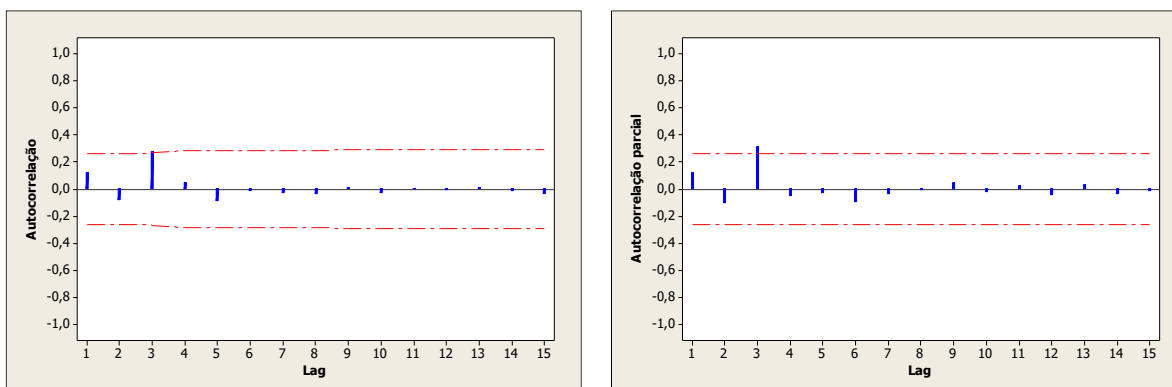
## PZN5B-TL1 X INA5C-TL2

### PZN5B-TL1

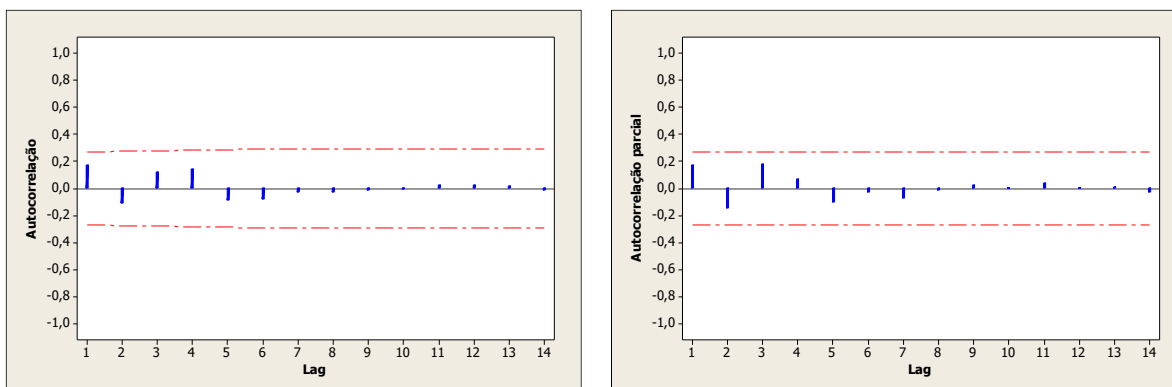
**Gráfico E106.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B



**Gráfico E107.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B

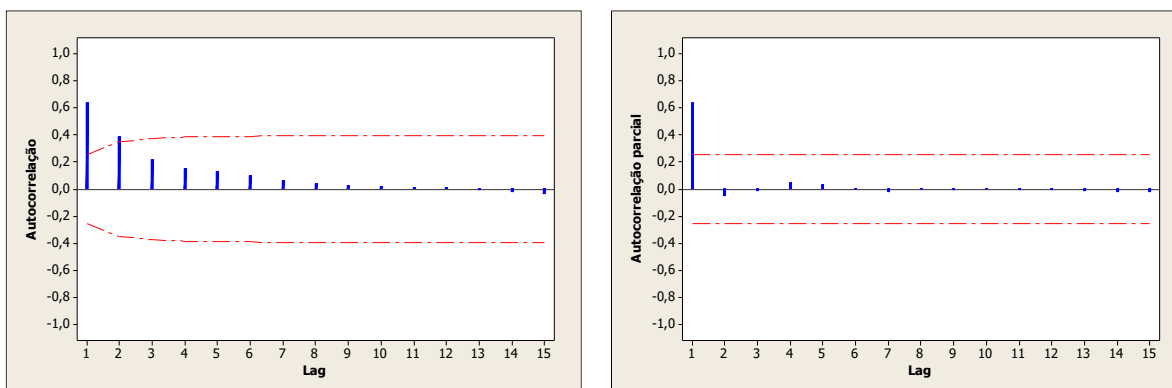


**Gráfico E108.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(3,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN5B

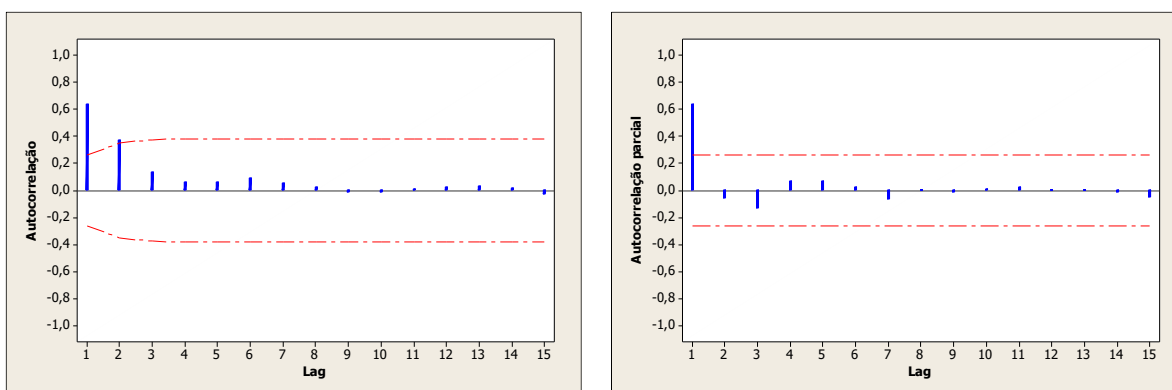


### INA5C-TL2

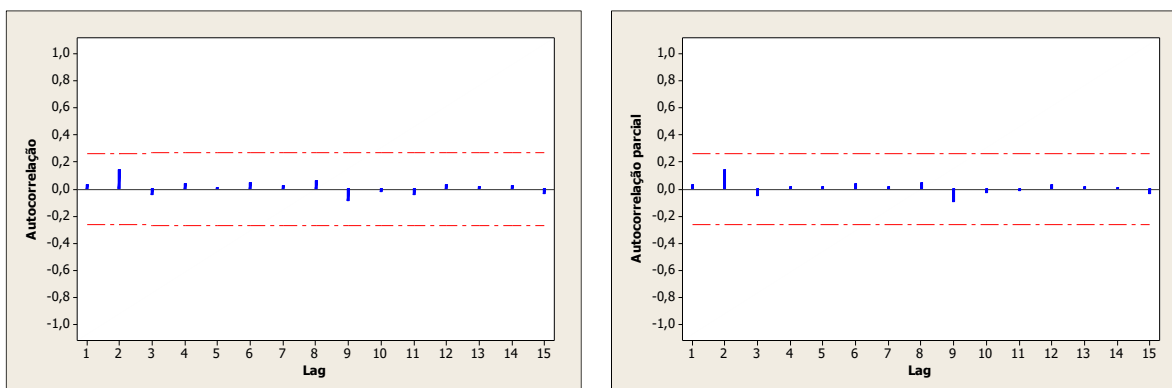
**Gráfico E109.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA5C



**Gráfico E110.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA5C



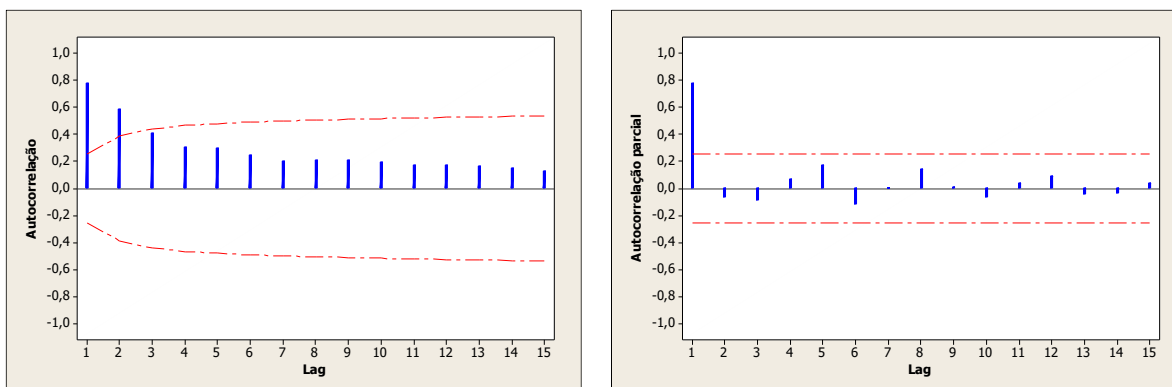
**Gráfico E111.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA5C



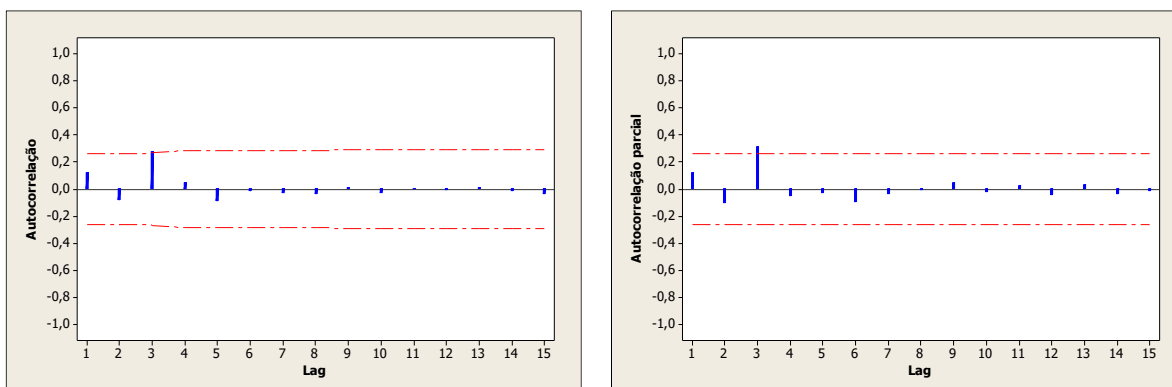
## PZN5B-TL1 X PZN5B-TL2

### PZN5B-TL1

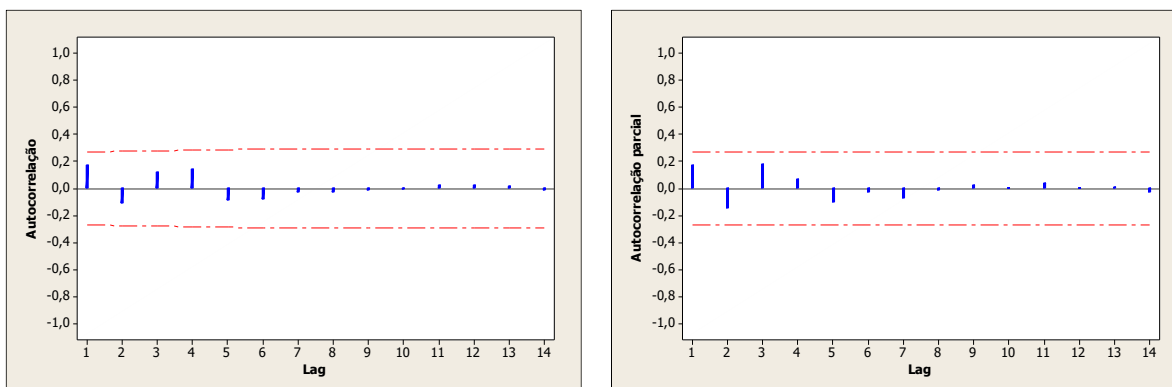
**Gráfico E112.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B



**Gráfico E113.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B

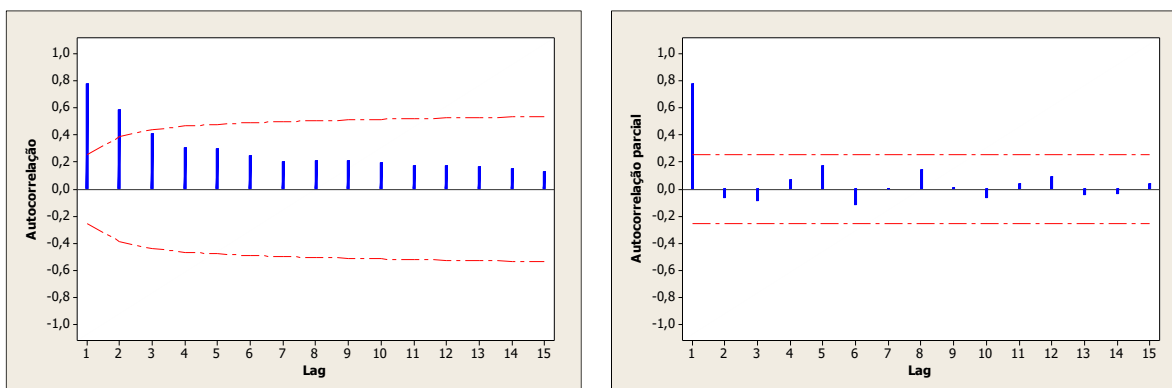


**Gráfico E114.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(3,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN5B

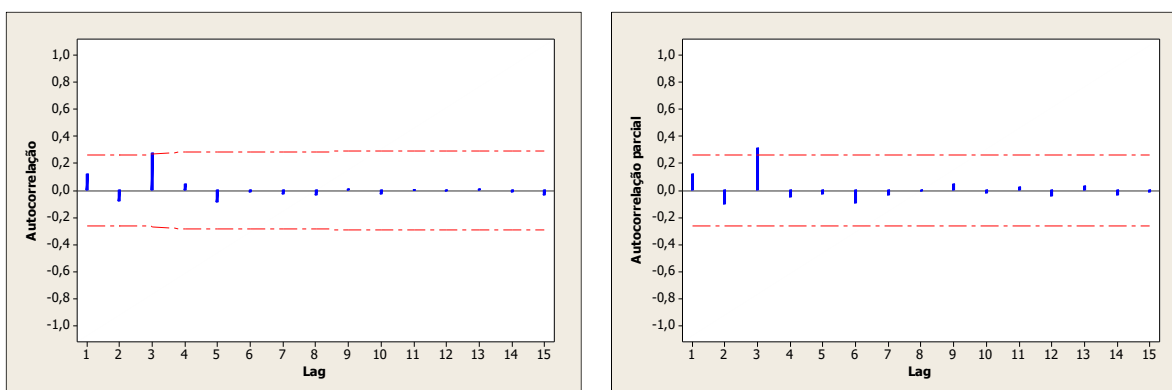


### PZN5B -TL2

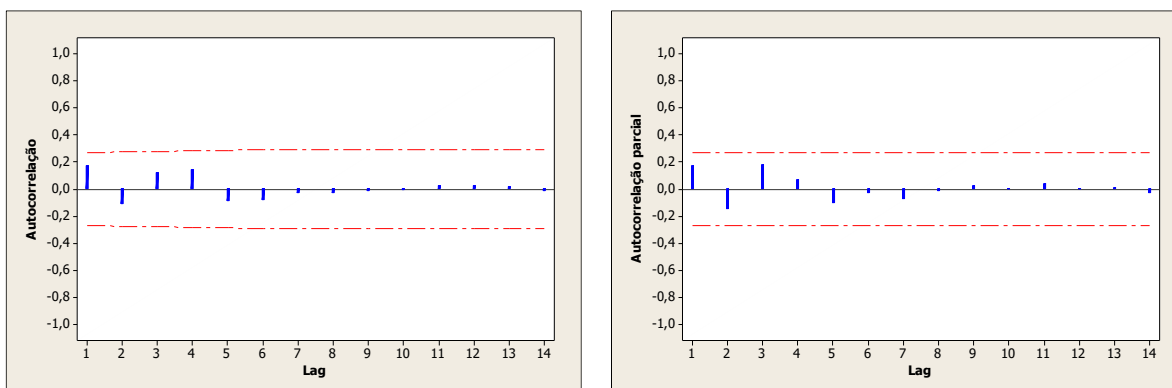
**Gráfico E115.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN5B



**Gráfico E116.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN5B



**Gráfico E117.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(3,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN5B



## **Secção 11**

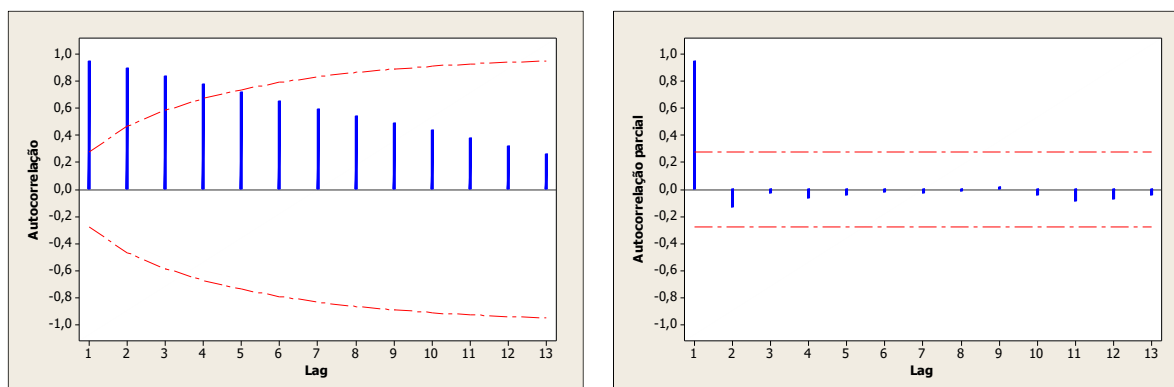


### **Túnel lateral 1**

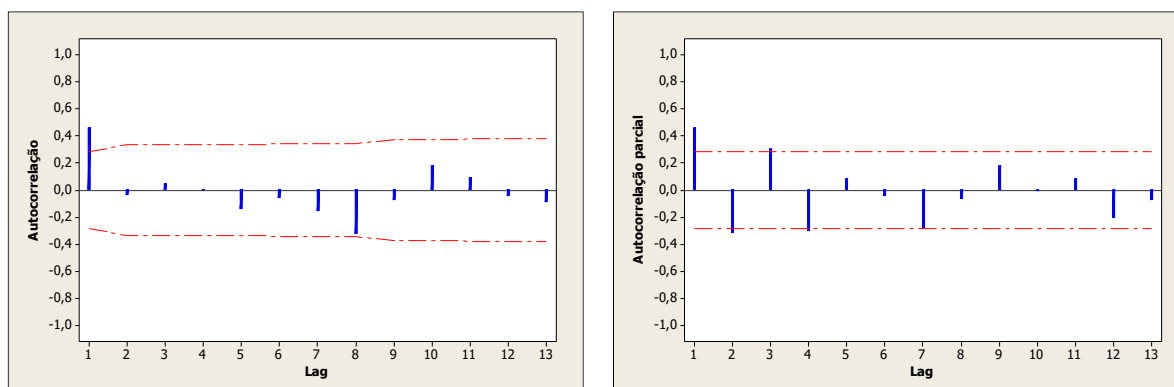
## INA11A X PZN11B

### INA11A

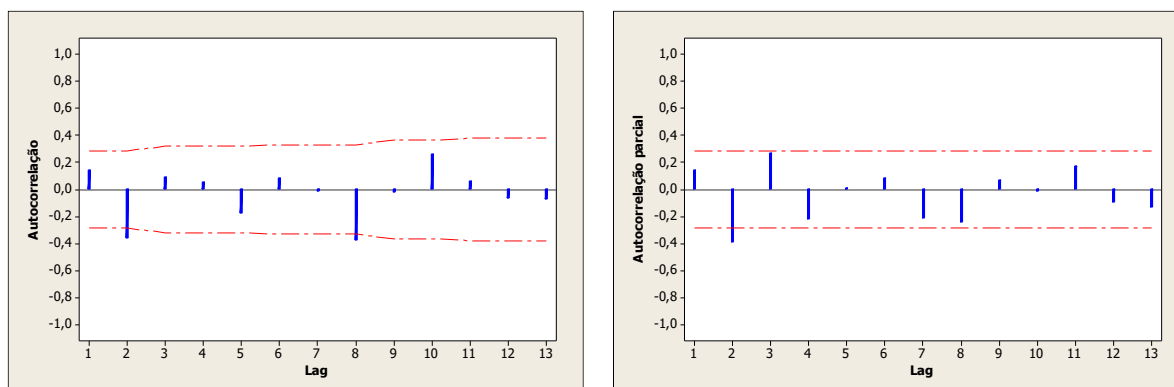
**Gráfico E118.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11A

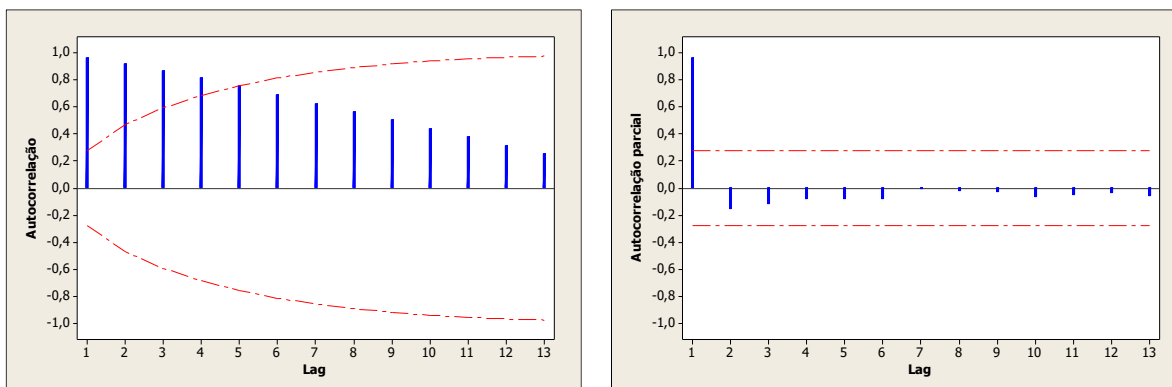
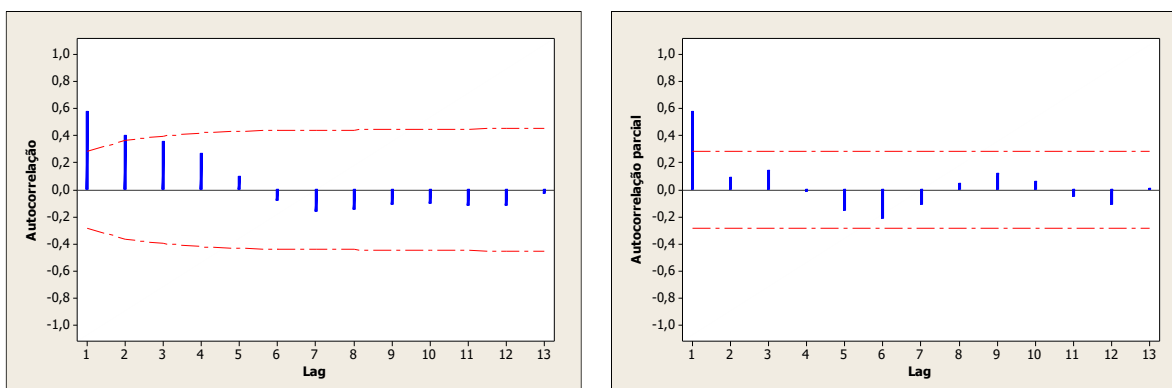
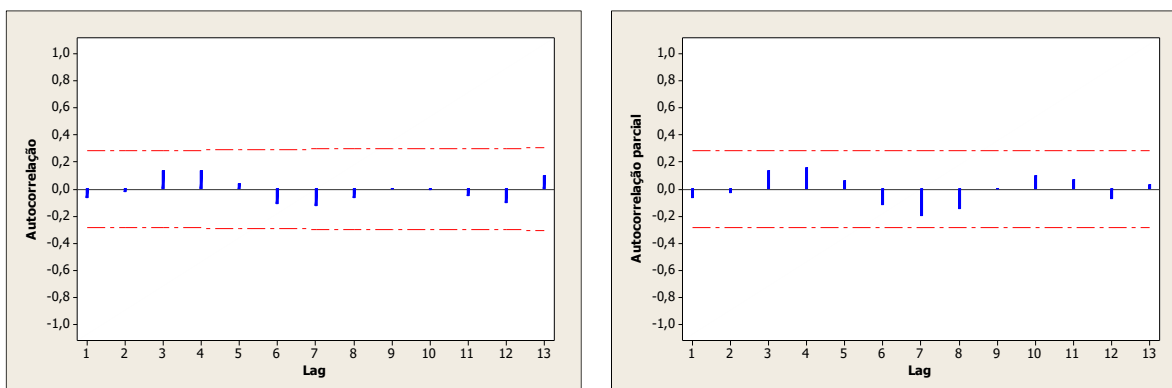


**Gráfico E119.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA11A



**Gráfico E120.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA11A

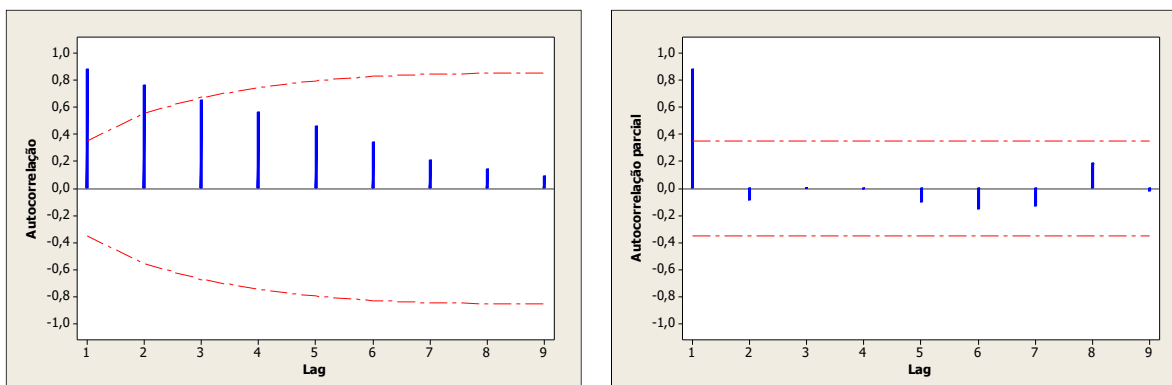


**PZN11B****Gráfico E121.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B**Gráfico E122.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN11B**Gráfico E123.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN11B

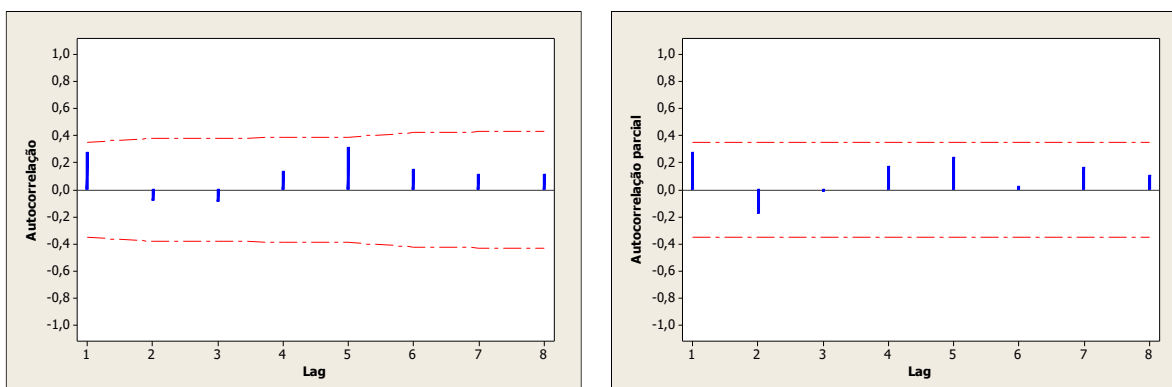
## RS11A X INA11A

### RS11A

**Gráfico E124.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11A

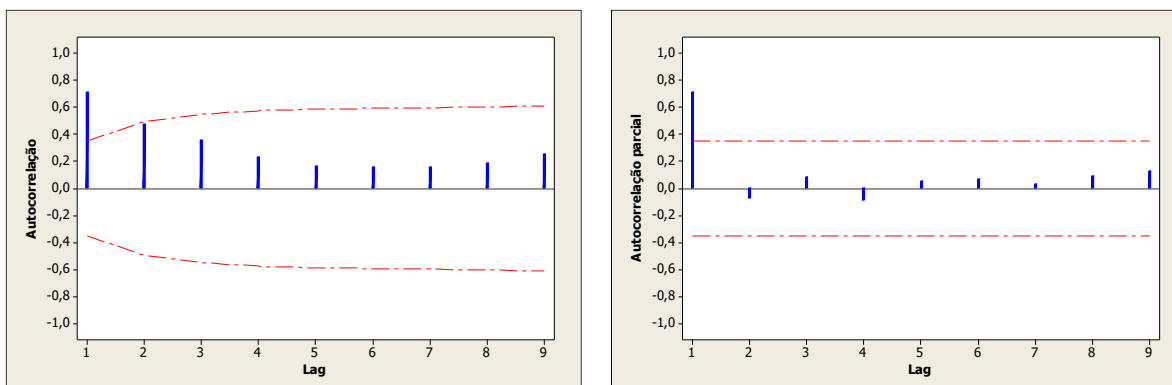


**Gráfico E125.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação RS11A

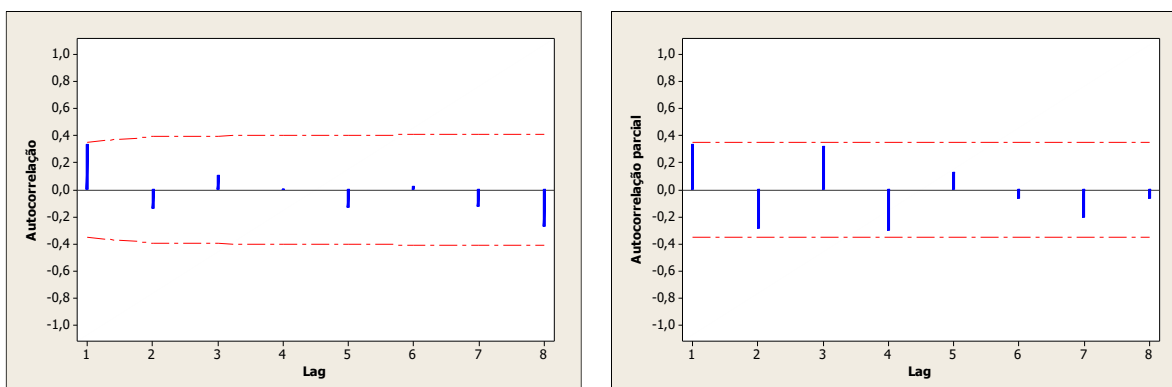


## INA11A

**Gráfico E126.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11A

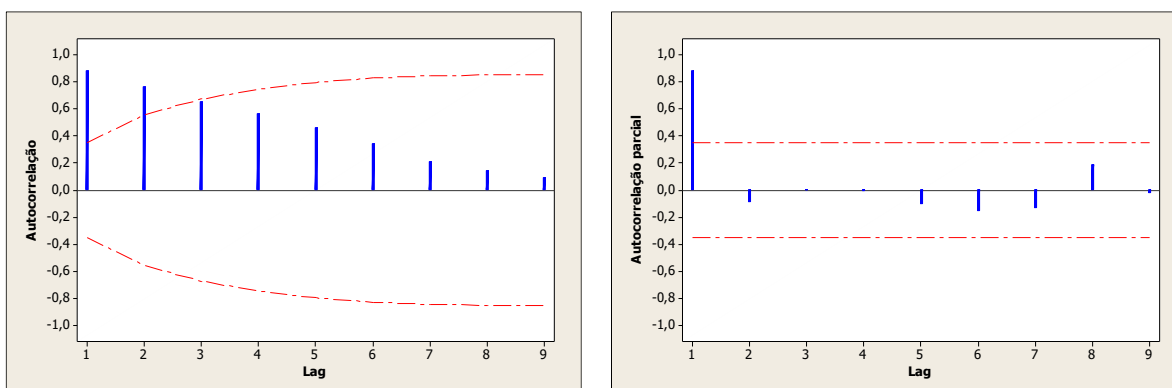
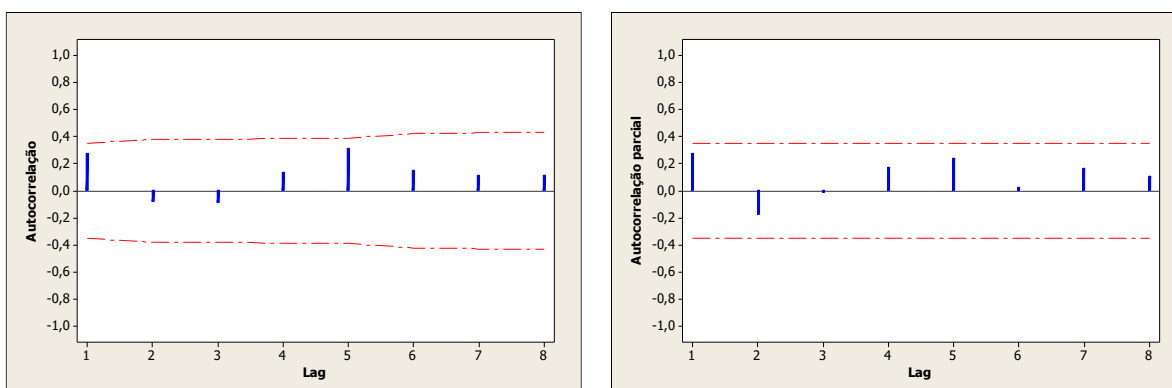


**Gráfico E127.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA11A



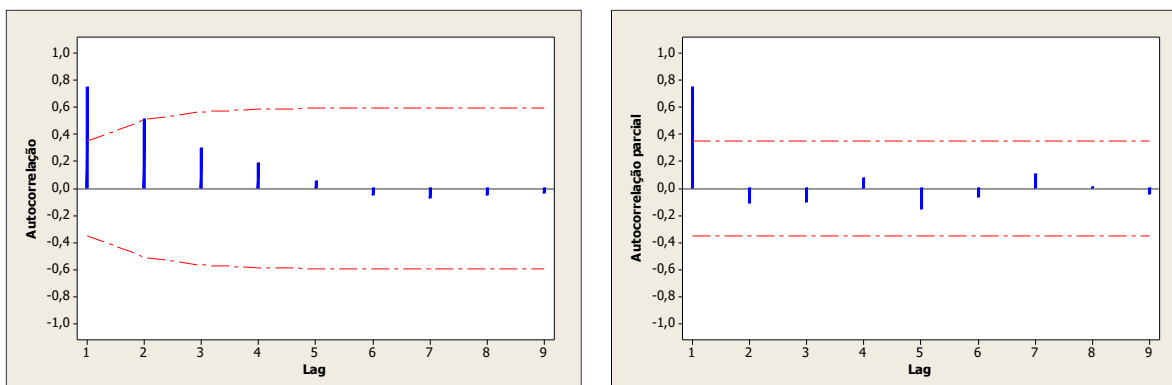
**RS11A X PZN11B**

RS11A

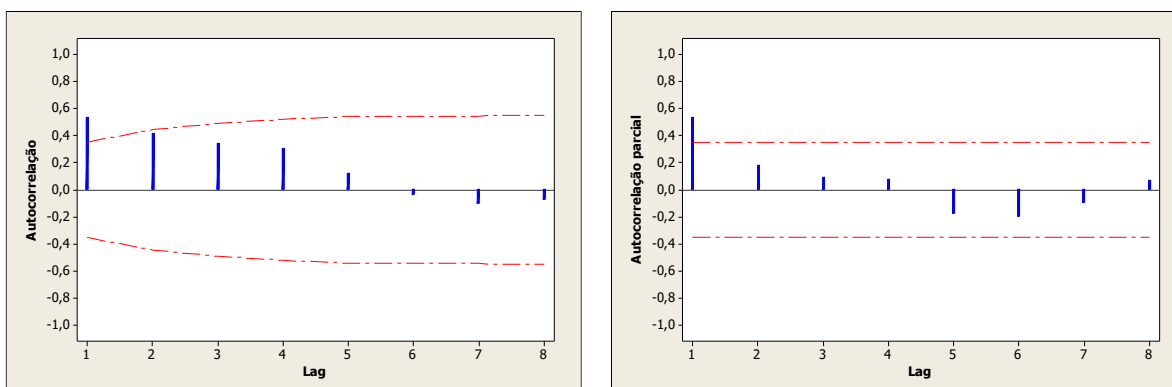
**Gráfico E128.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11A**Gráfico E129.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS11A

## PZN11B

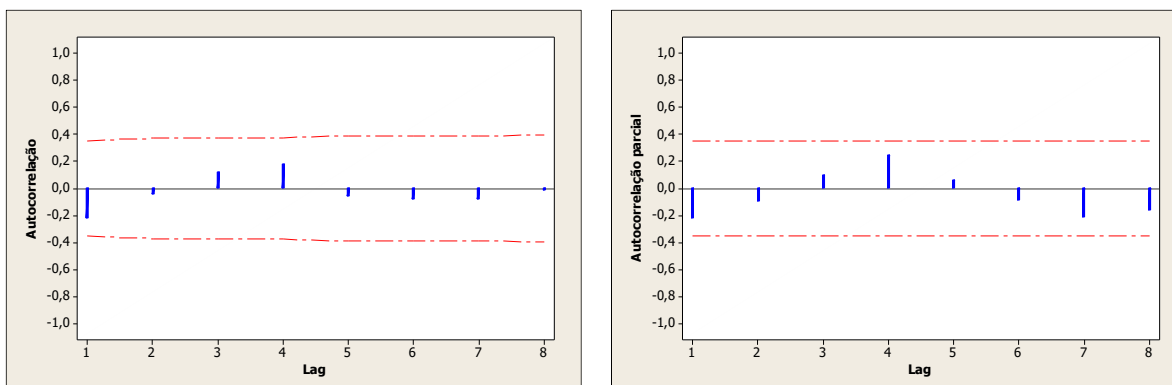
**Gráfico E130.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B



**Gráfico E131.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN11B



**Gráfico E132.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN11B





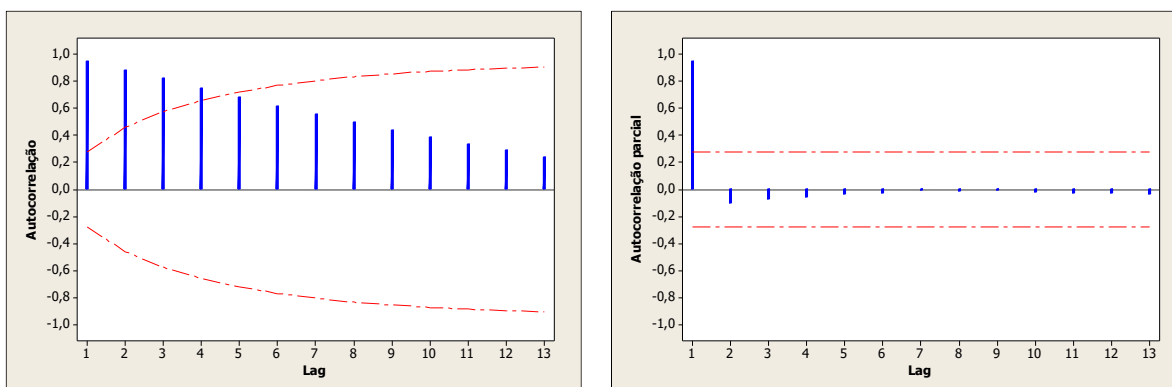


## **Túnel lateral 2**

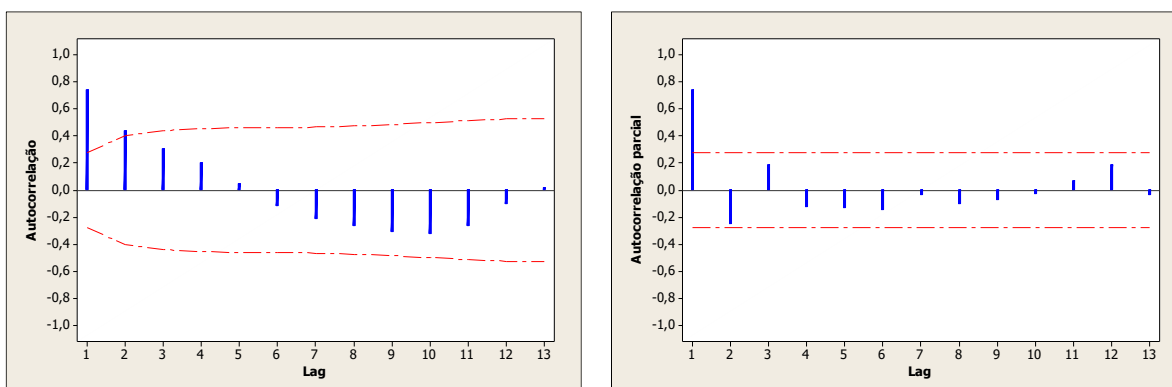
## INA11C X PZN11B

### INA11C

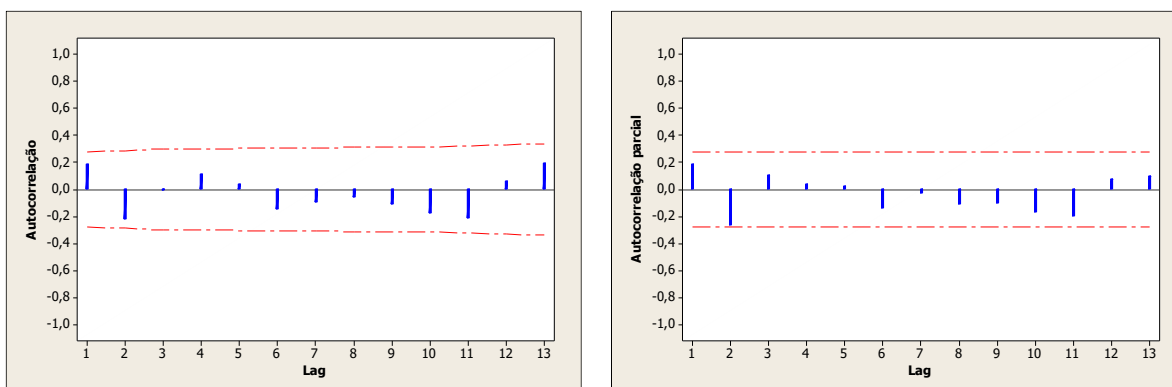
**Gráfico E133.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11C



**Gráfico E134.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA11C

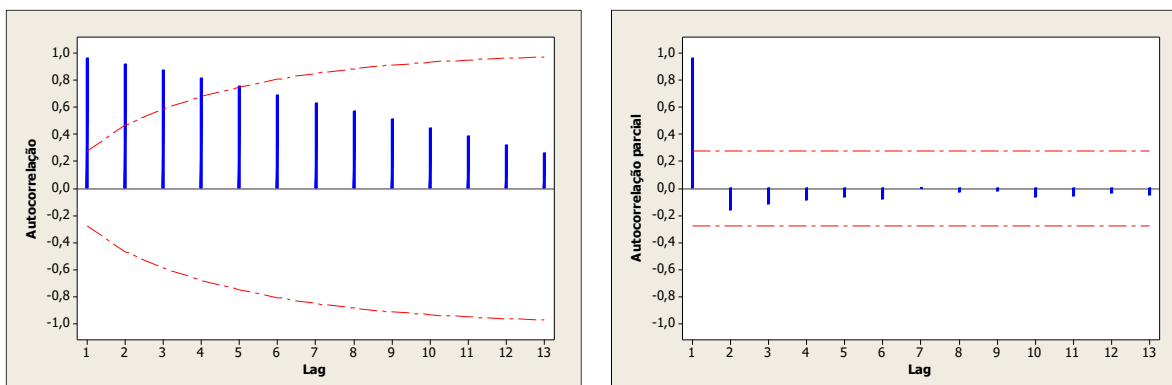


**Gráfico E135.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA11C

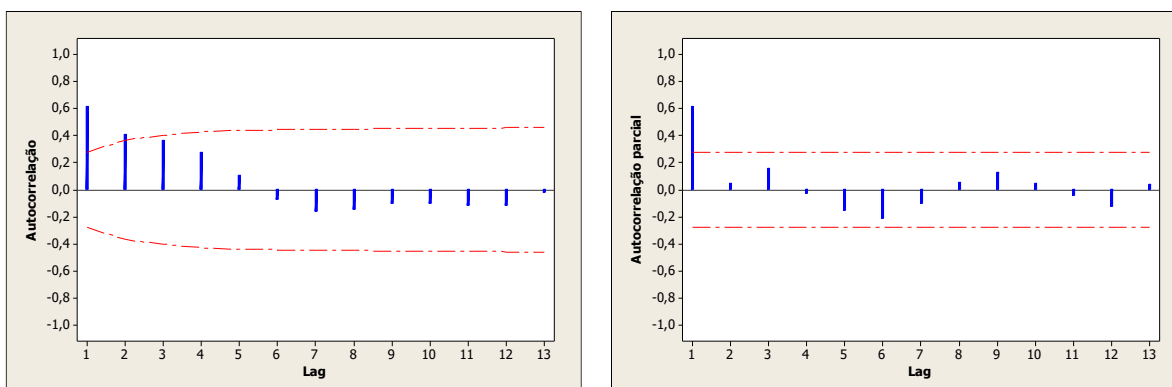


## PZN11B

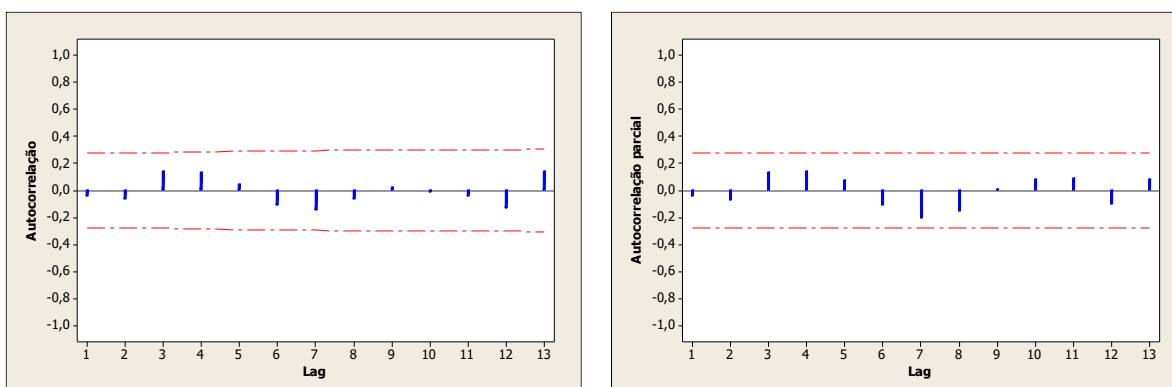
**Gráfico E136.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B



**Gráfico E137.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN11B



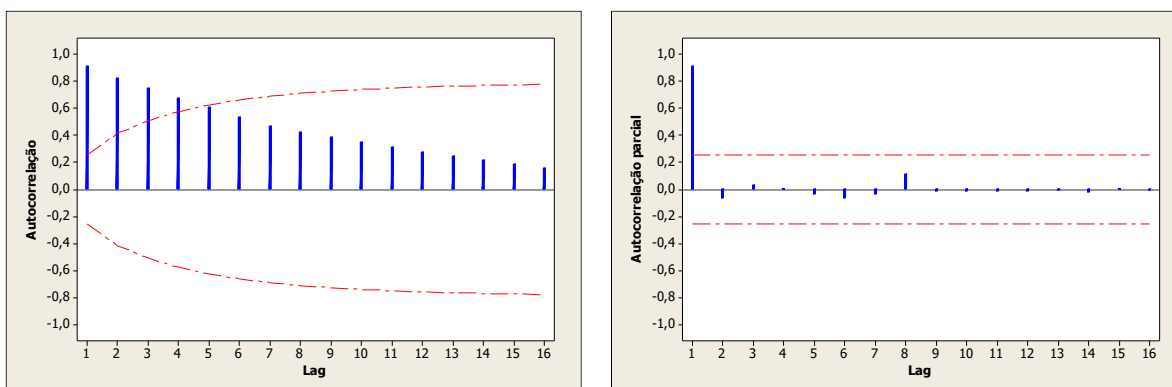
**Gráfico E138.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN11B



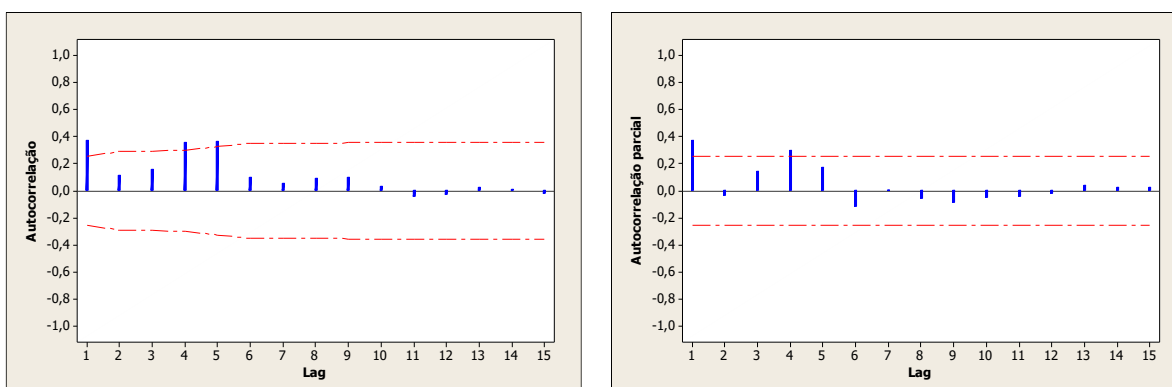
## RS11B X PZN11B

### RS11B

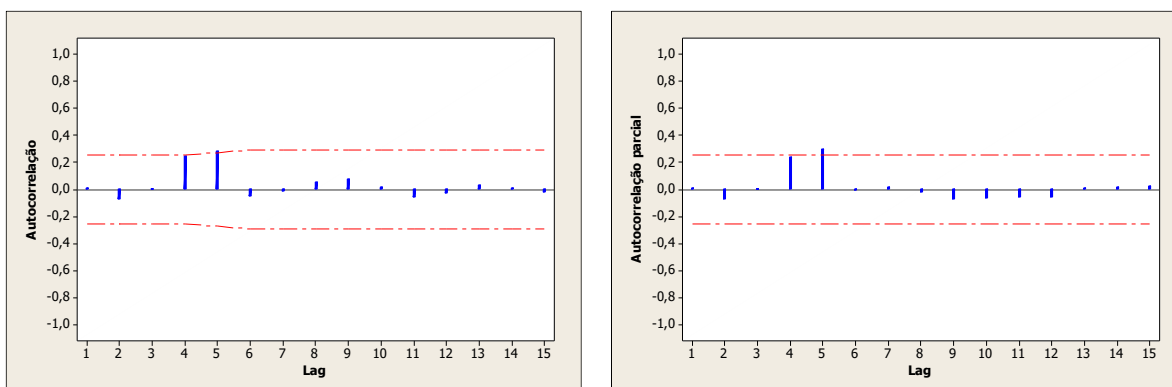
**Gráfico E139.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11B

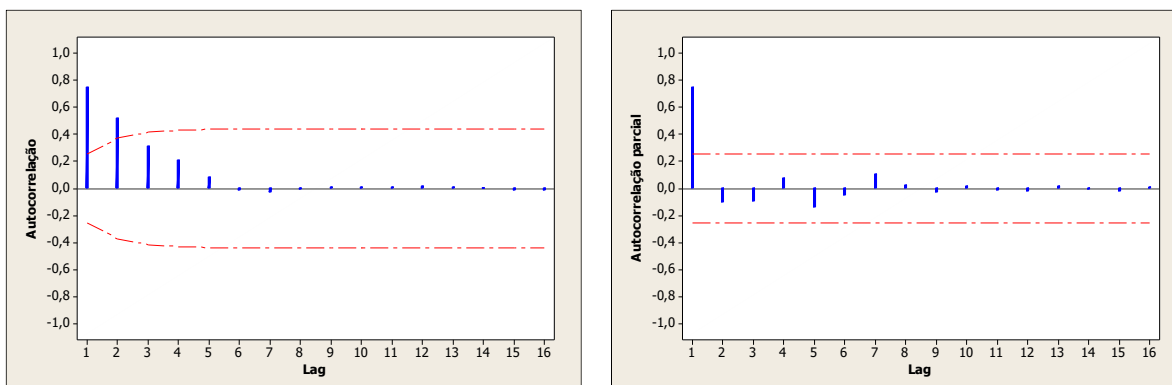
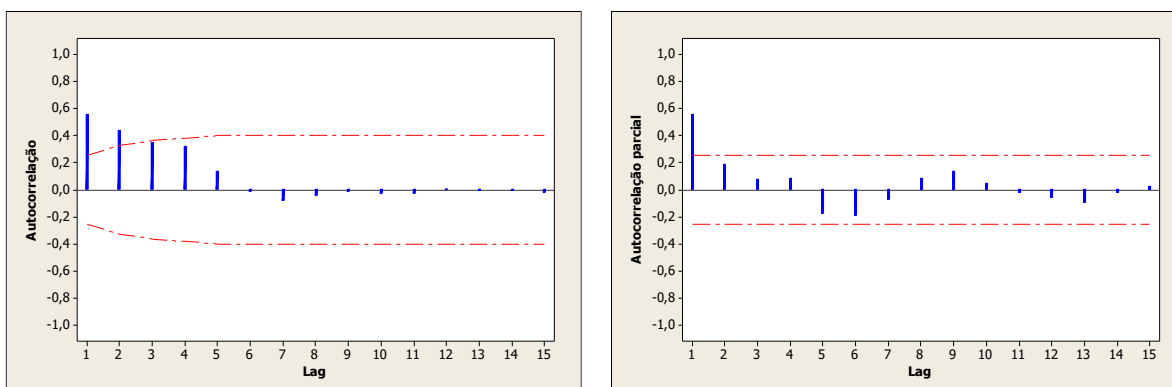
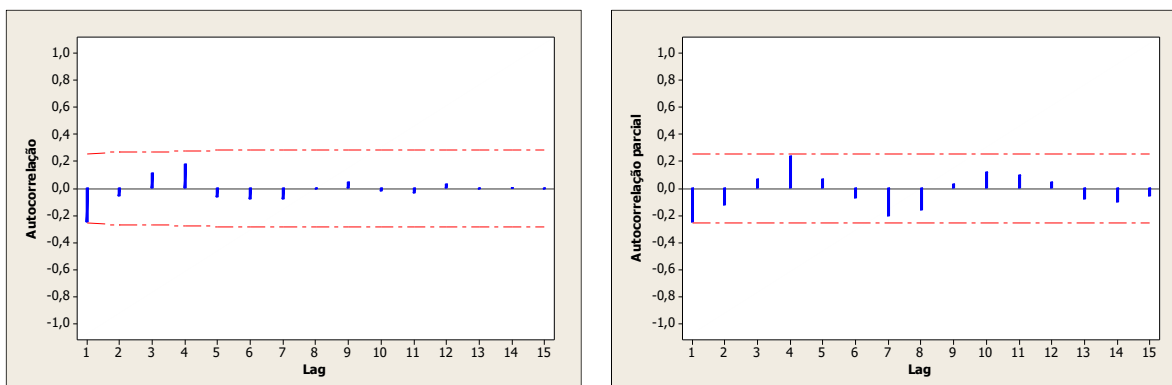


**Gráfico E140.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS11B



**Gráfico E141.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS11B

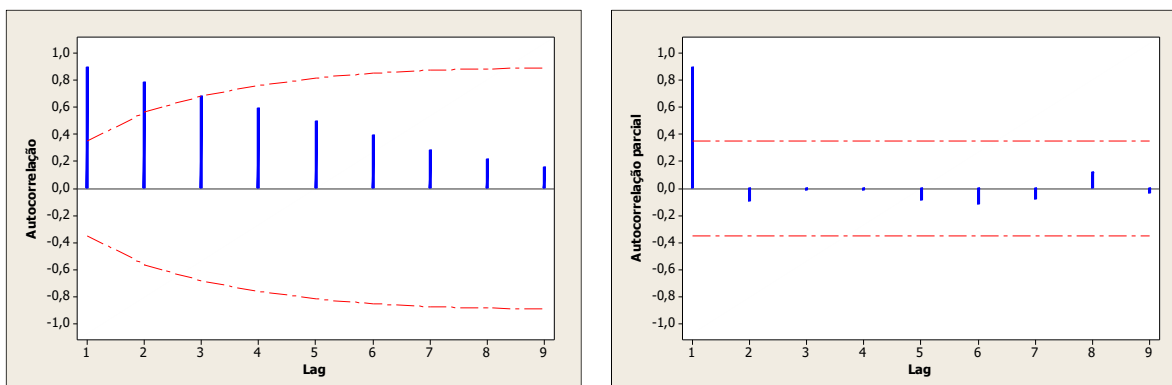


**PZN11B****Gráfico E142.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B**Gráfico E143.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN11B**Gráfico E144.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN11B

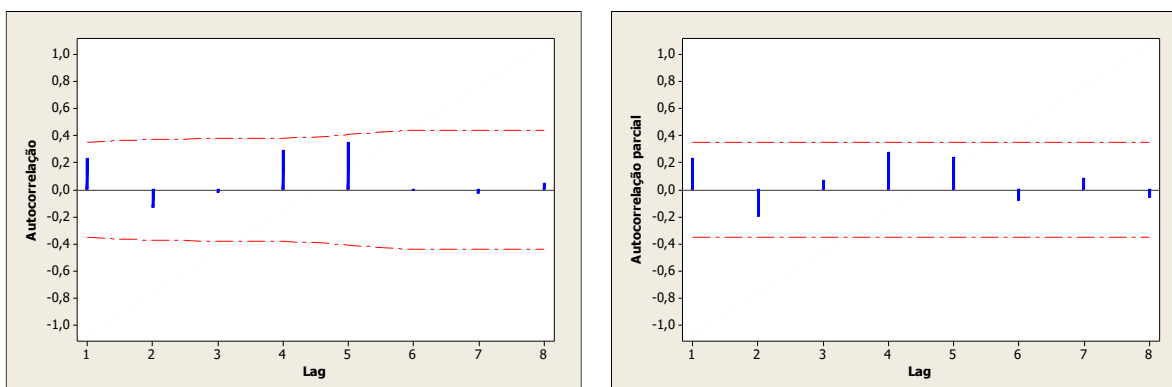
## RS11B X INA11C

### RS11B

**Gráfico E145.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11B

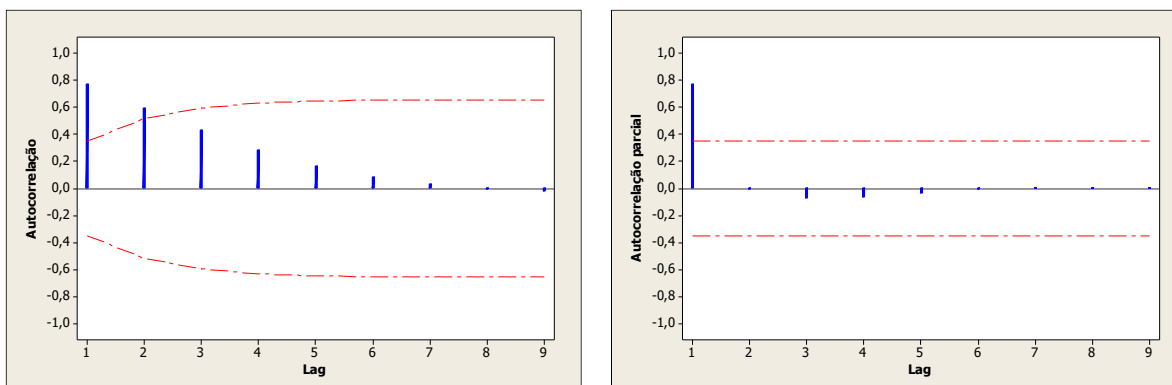


**Gráfico E146.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS11B

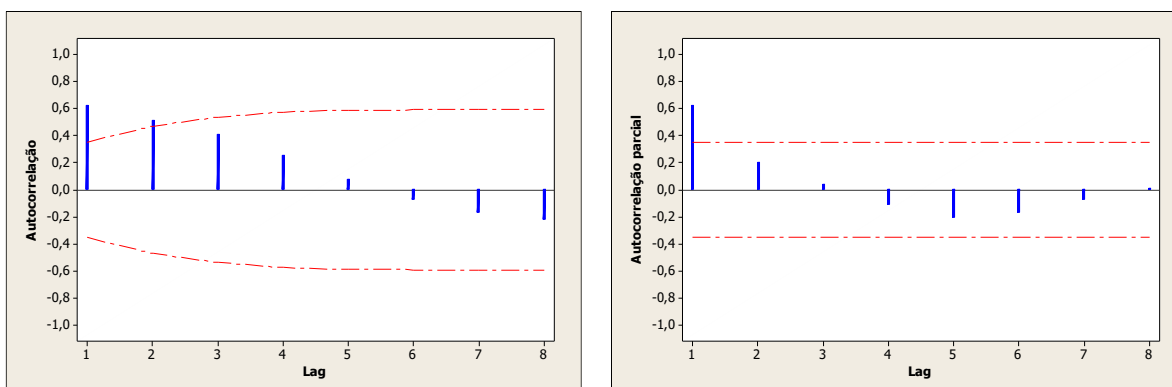


## INA11C

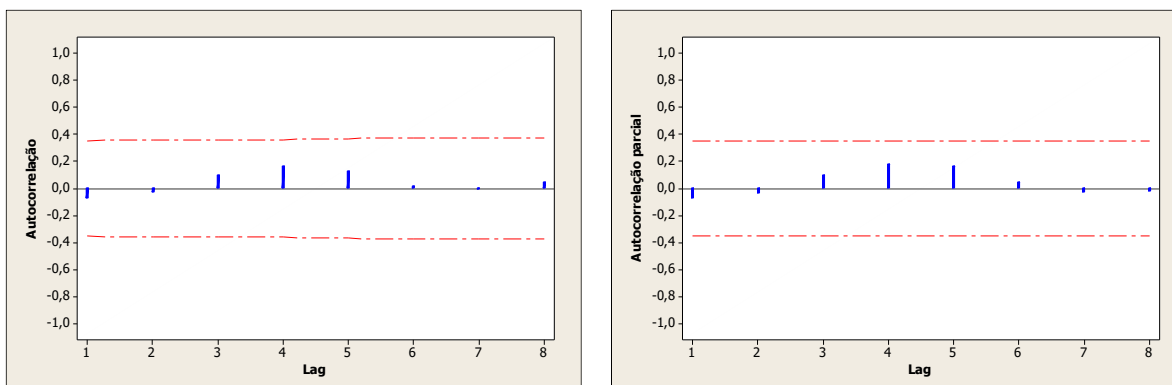
**Gráfico E147.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11C



**Gráfico E148.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA11C



**Gráfico E149.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA11C



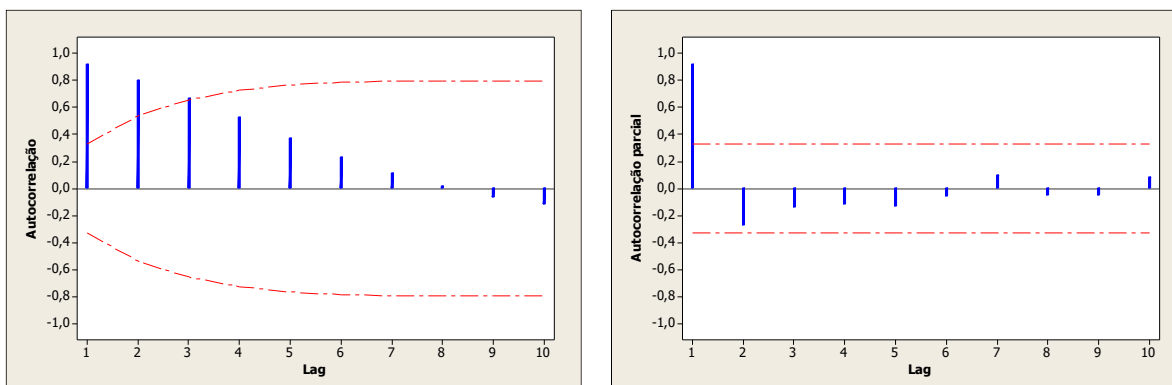
**Calota**



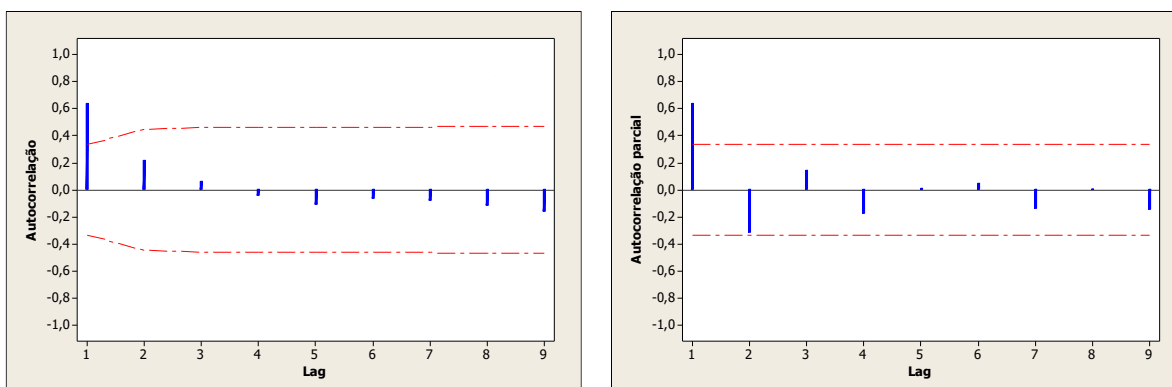
## Corda F X RI11P4

### Corda F

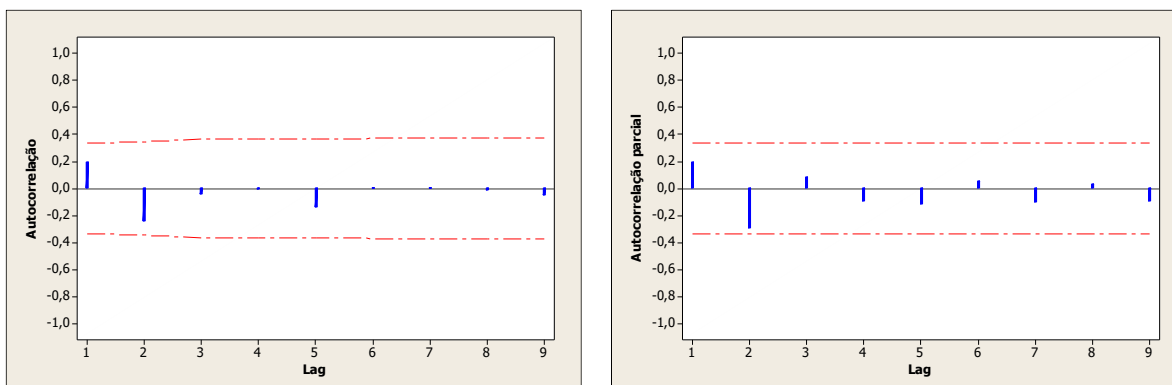
**Gráfico E150.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da convergência da corda F



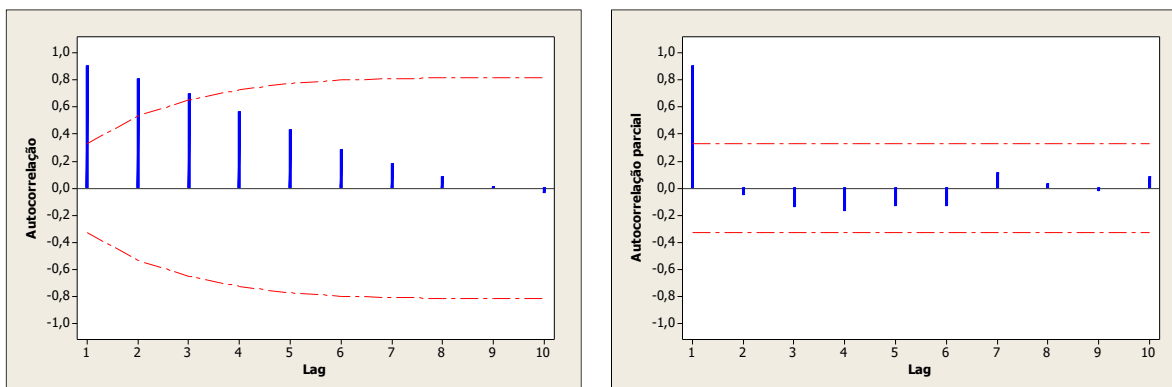
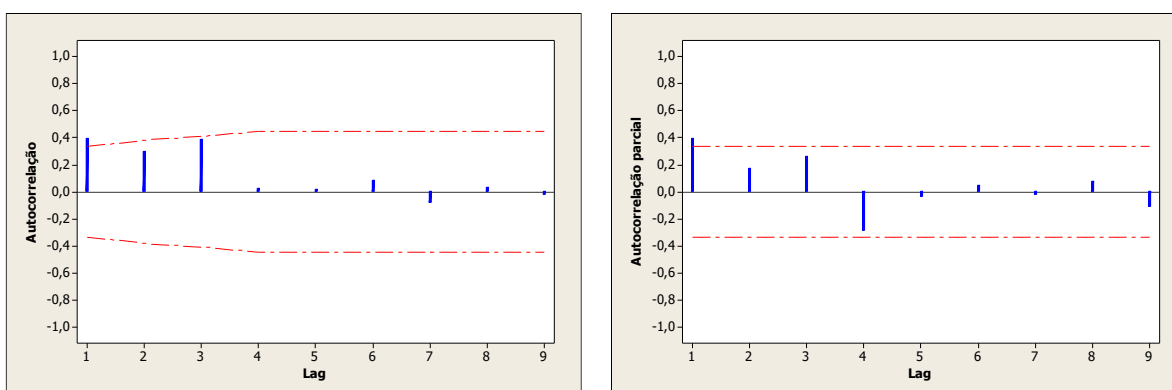
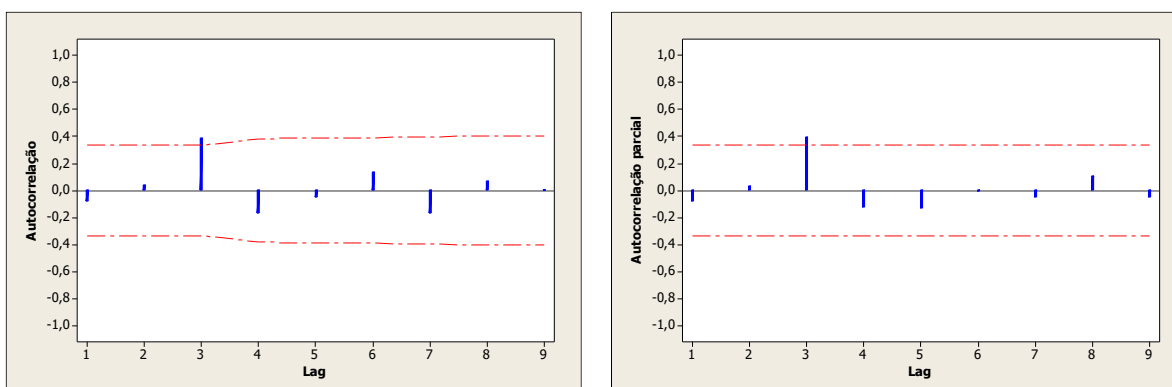
**Gráfico E151.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da convergência da corda F



**Gráfico E152.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a convergência da Corda F



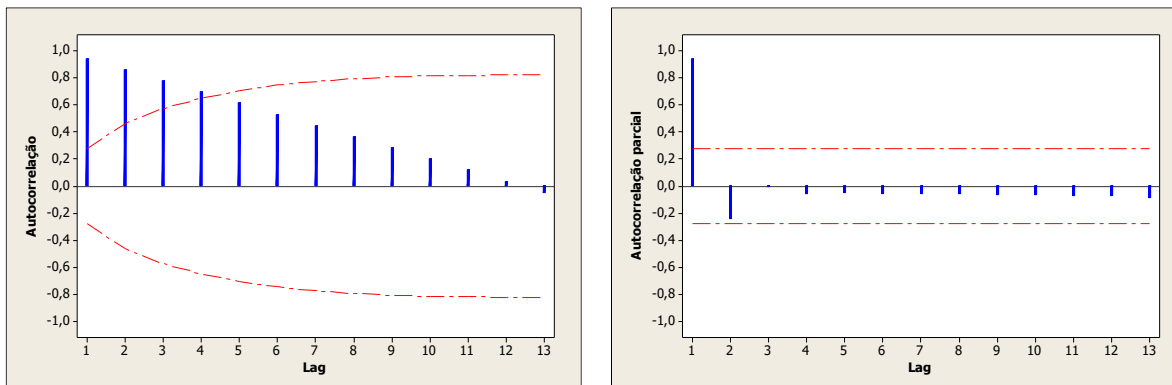
## RI11P4

**Gráfico E153.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RI11P4**Gráfico E154.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RI11P4**Gráfico E155.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RI11P4

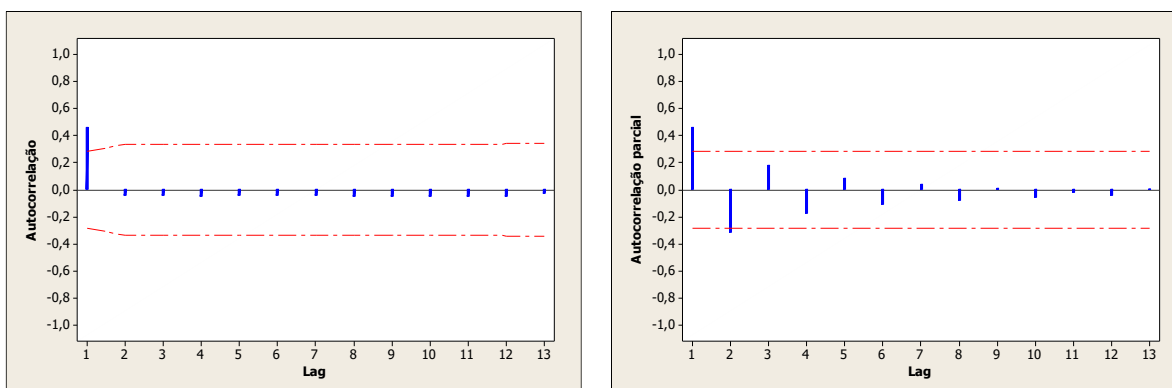
Corda F X RS11B

## Corda F

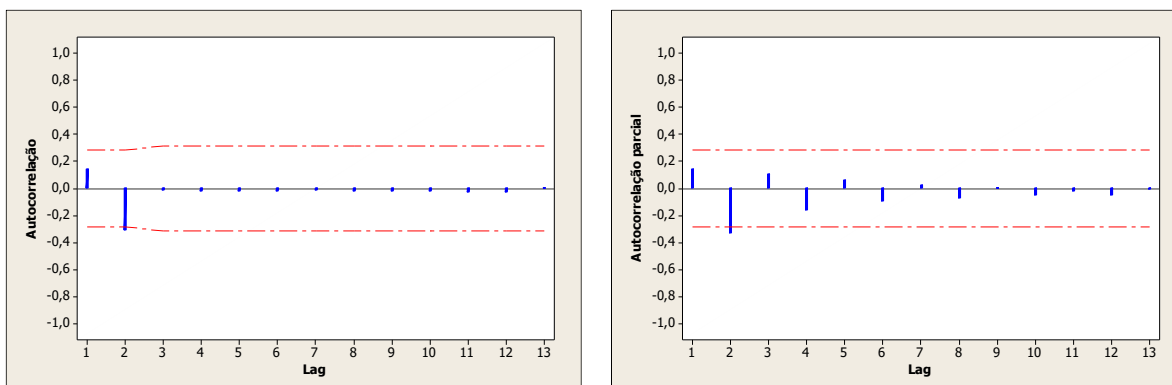
**Gráfico E156.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da convergência da corda F



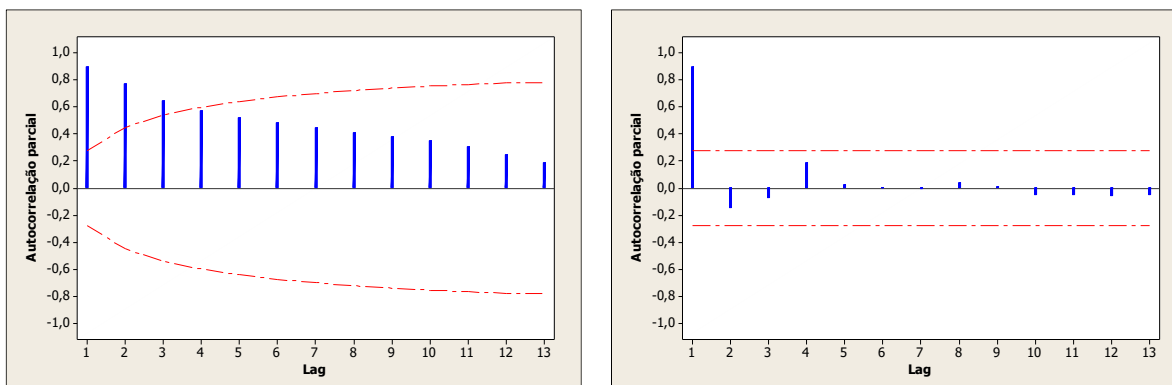
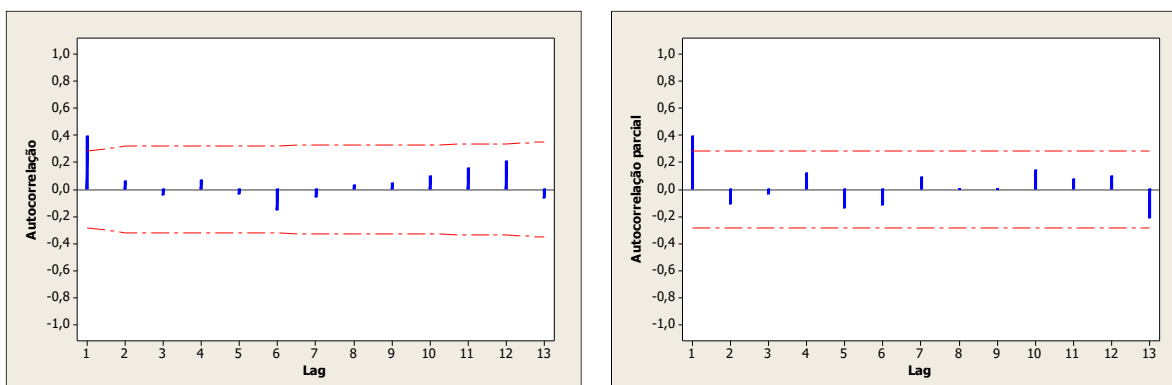
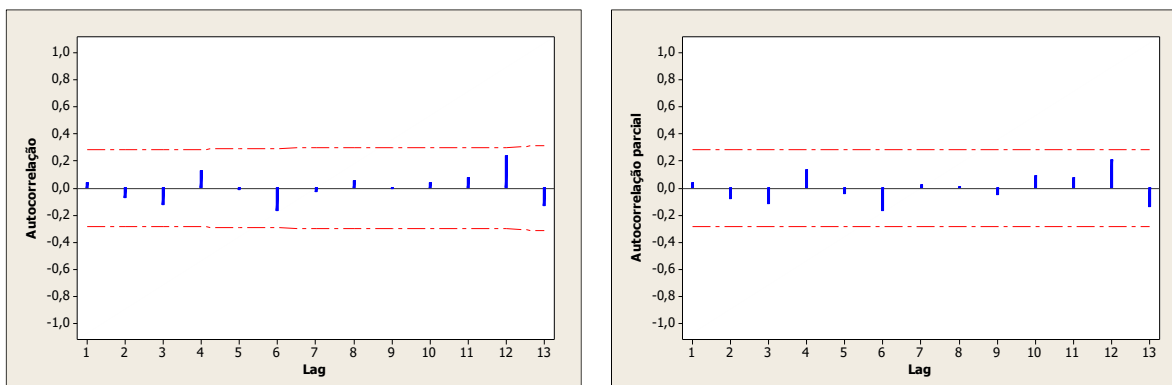
**Gráfico E157.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da convergência da corda F

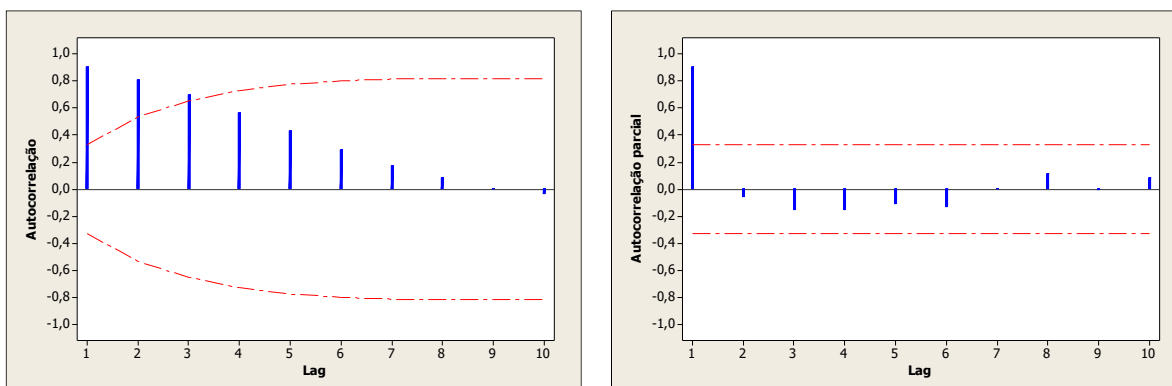
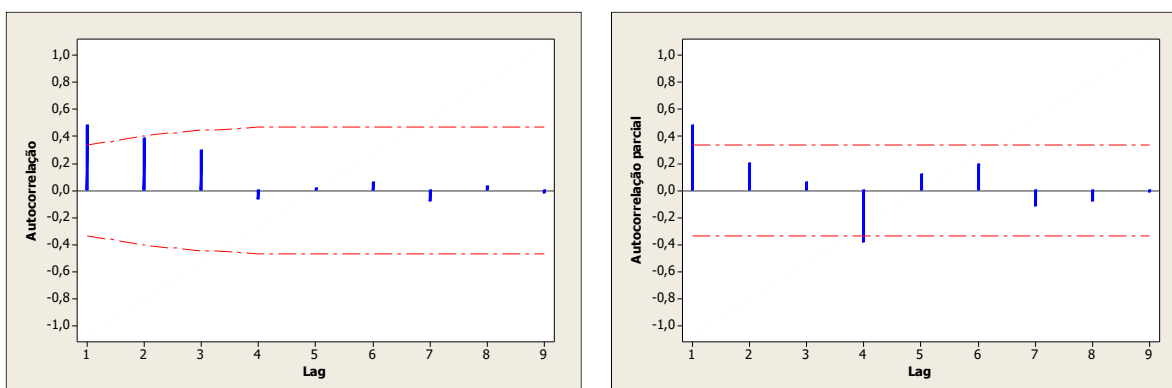
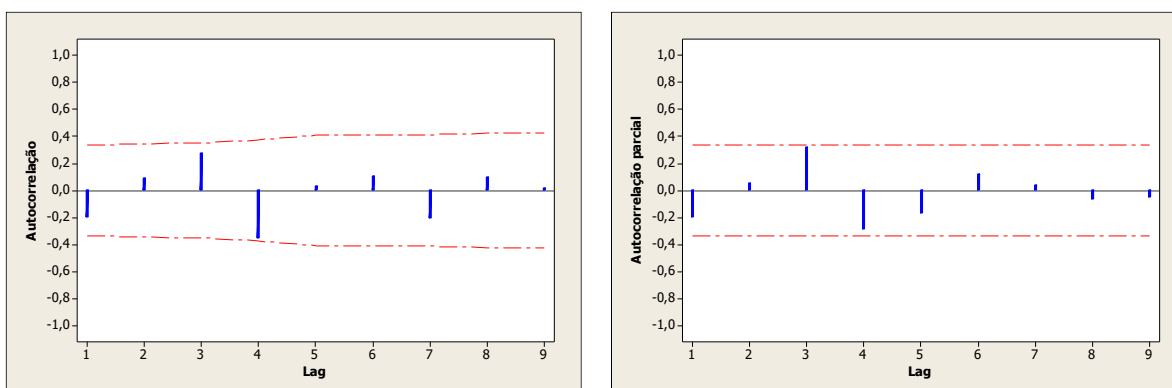


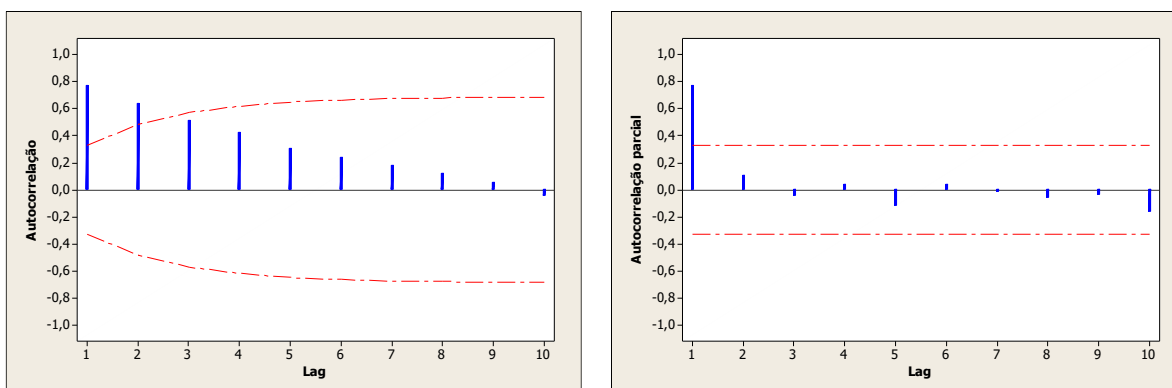
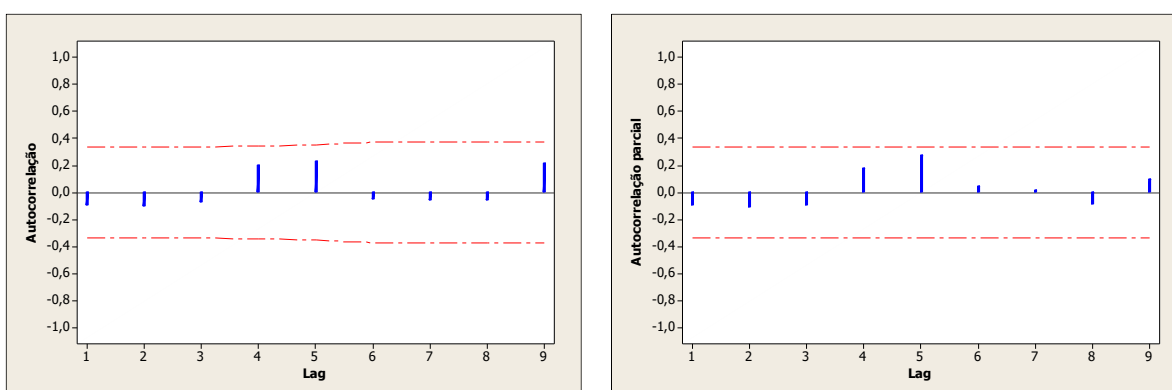
**Gráfico E158.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a convergência da Corda F



RS11B

**Gráfico E159.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11B**Gráfico E160.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS11B**Gráfico E161.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS11B**RI11P4 X RS11B**

**RI11P4****Gráfico E162.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RI11P4**Gráfico E163.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RI11P4**Gráfico E164.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RI11P4**RS11B**

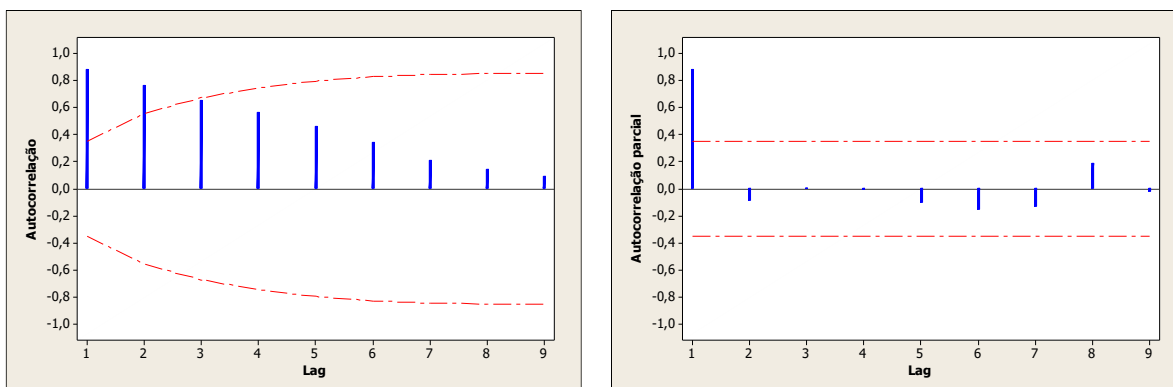
**Gráfico E165.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11B**Gráfico E166.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS11B

Túnel lateral 1 X Túnel lateral 2

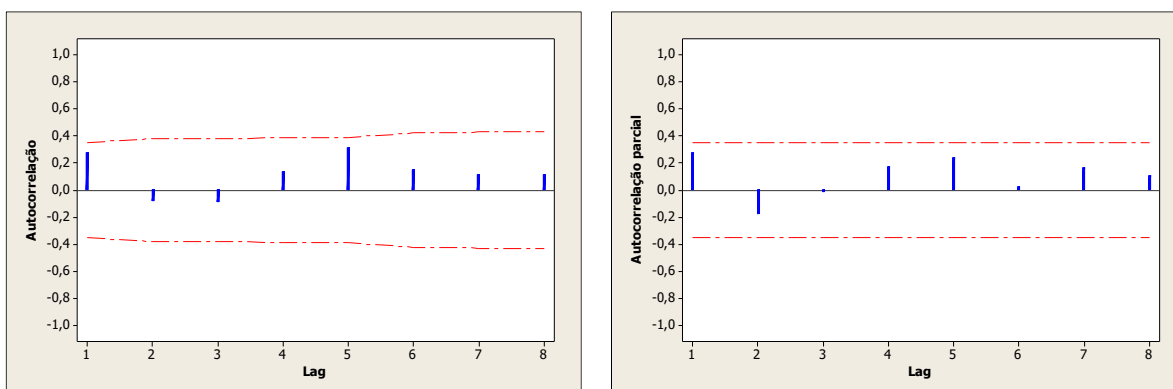
**RS11A-TL1 X INA11C-TL2**

**RS11A-TL1**

**Gráfico E167.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11A



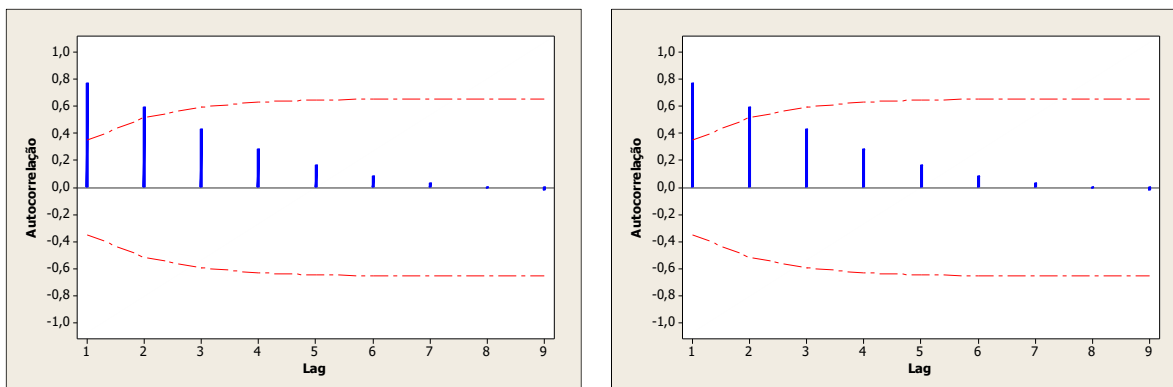
**Gráfico E168.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11A



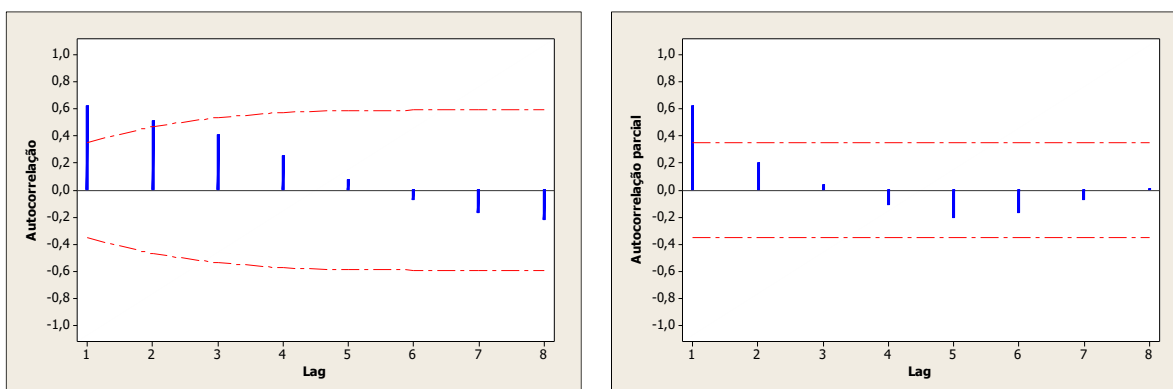
## INA11C-TL2

**Gráfico E169.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11C

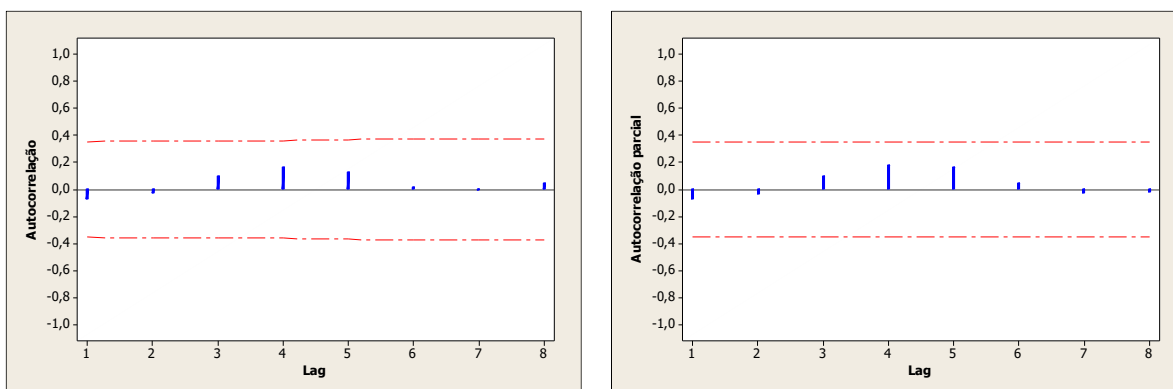




**Gráfico E170.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA11C



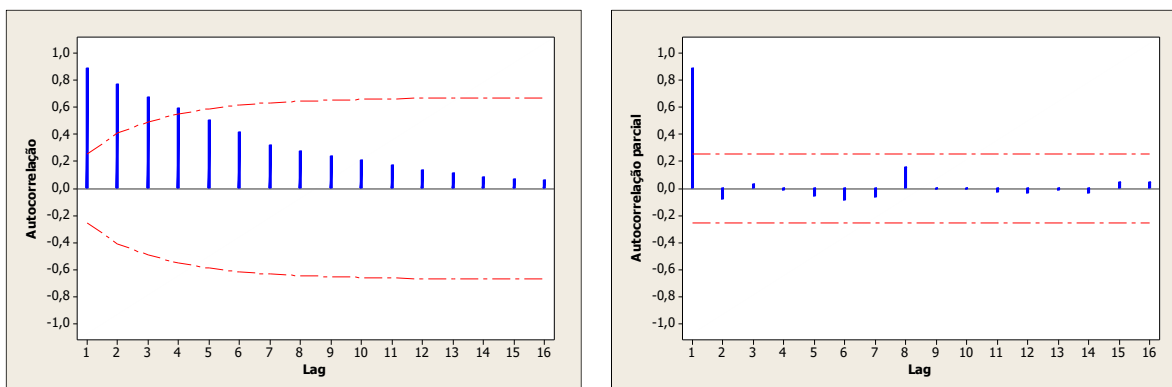
**Gráfico E171.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA11C



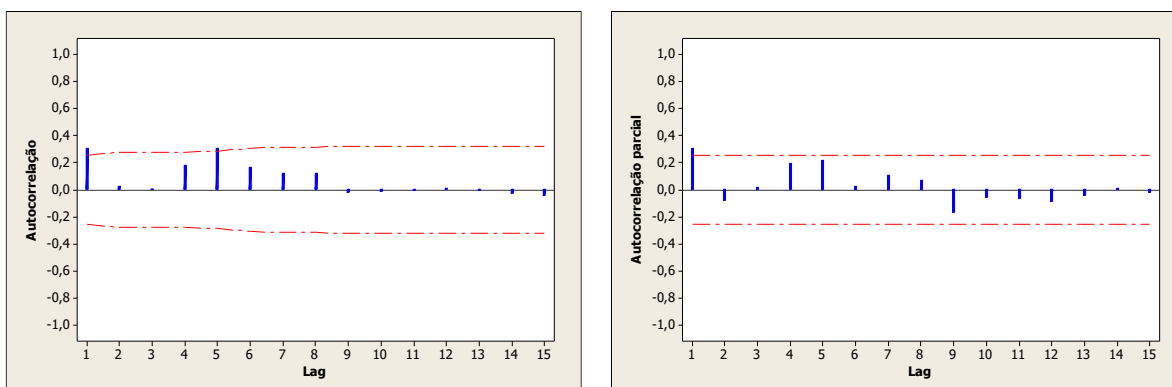
## RS11A-TL1 X RS11B-TL2

### RS11A-TL1

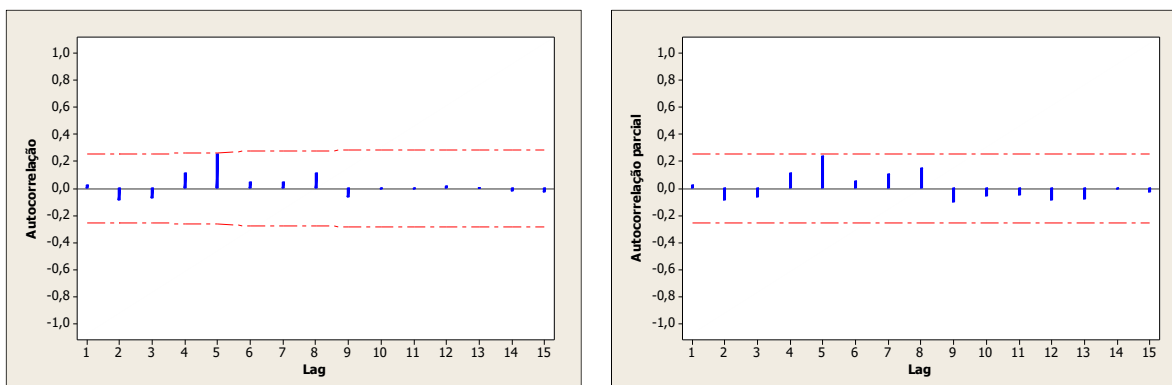
**Gráfico E172.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11A



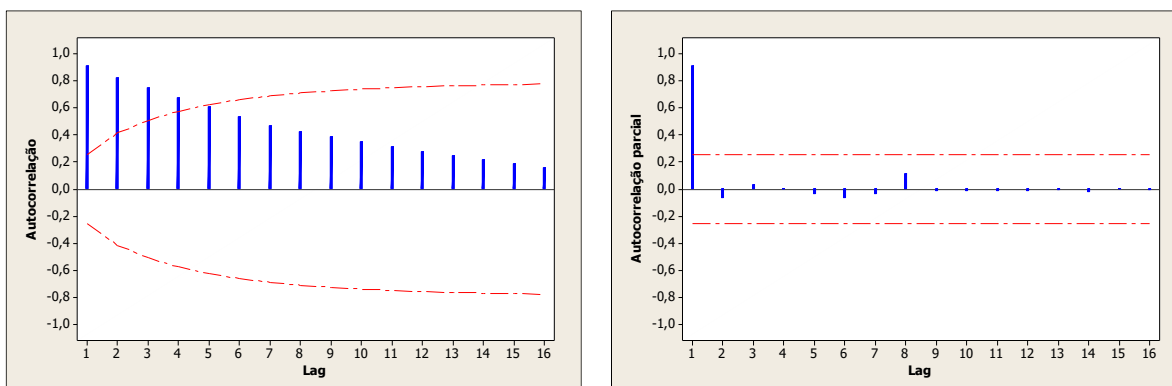
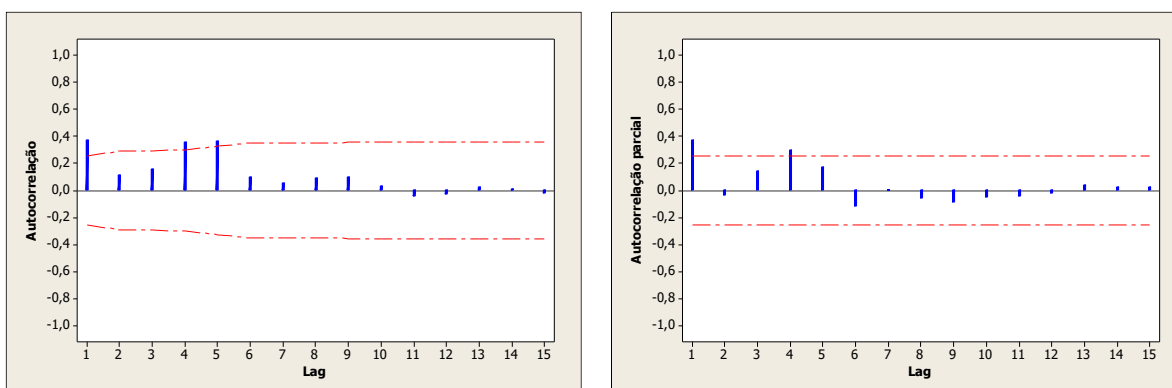
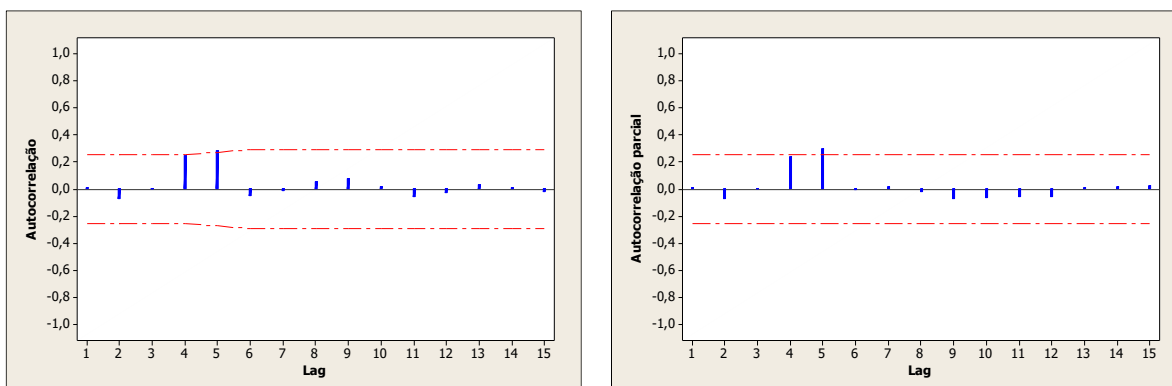
**Gráfico E173.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11A



**Gráfico E174.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS11A



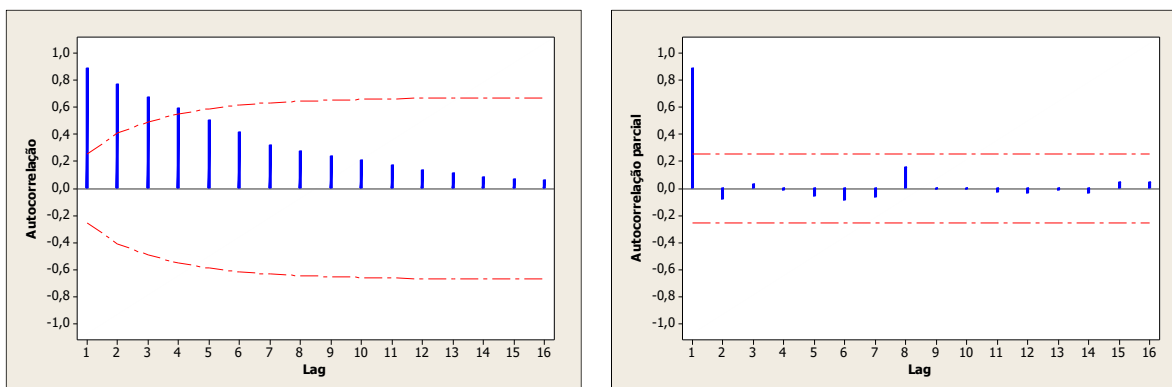
## RS11B-TL2

**Gráfico E175.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11B**Gráfico E176.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS11B**Gráfico E177.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS11B

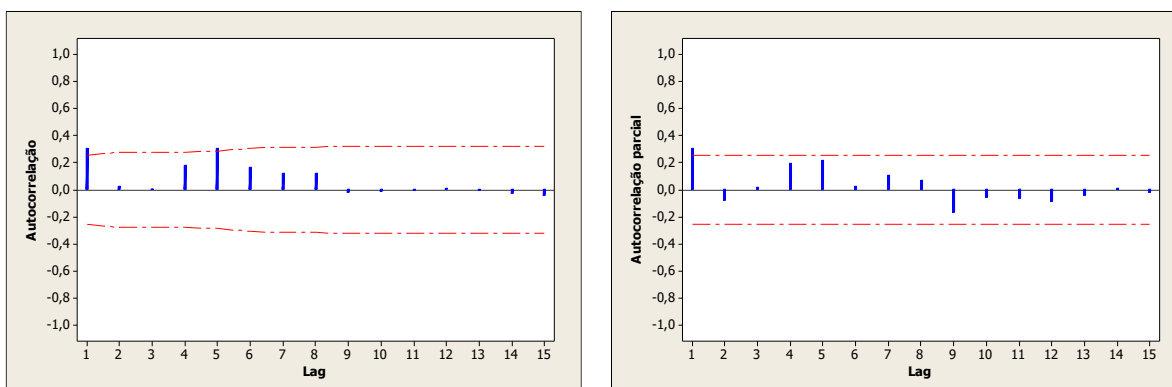
## RS11A-TL1 X PZN11B-TL2

### RS11A-TL1

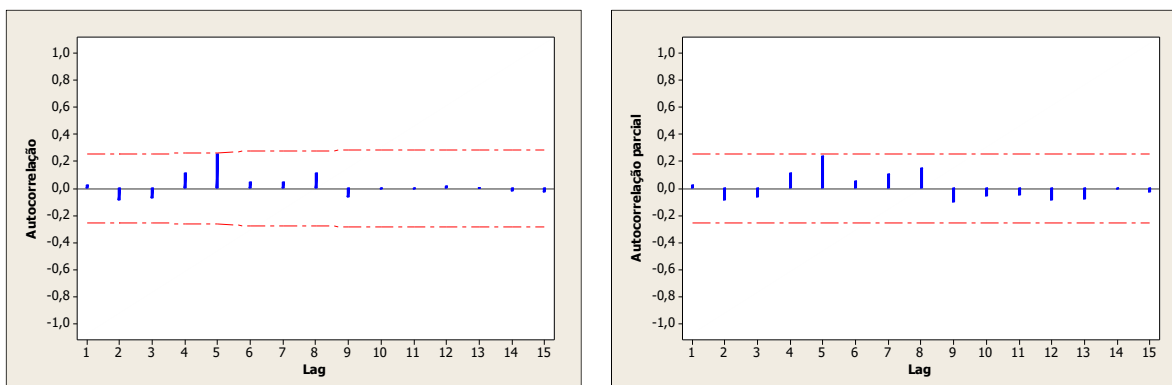
**Gráfico E178.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11A



**Gráfico E179.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11A

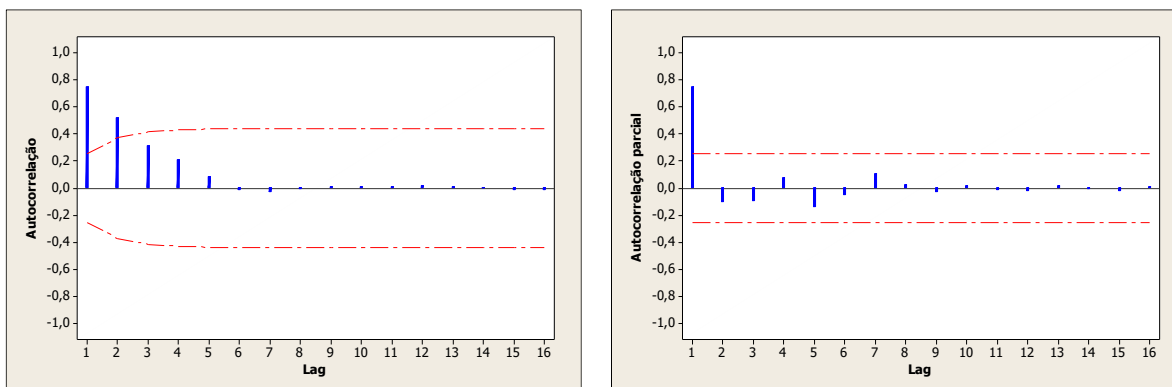


**Gráfico E180.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do RS11A

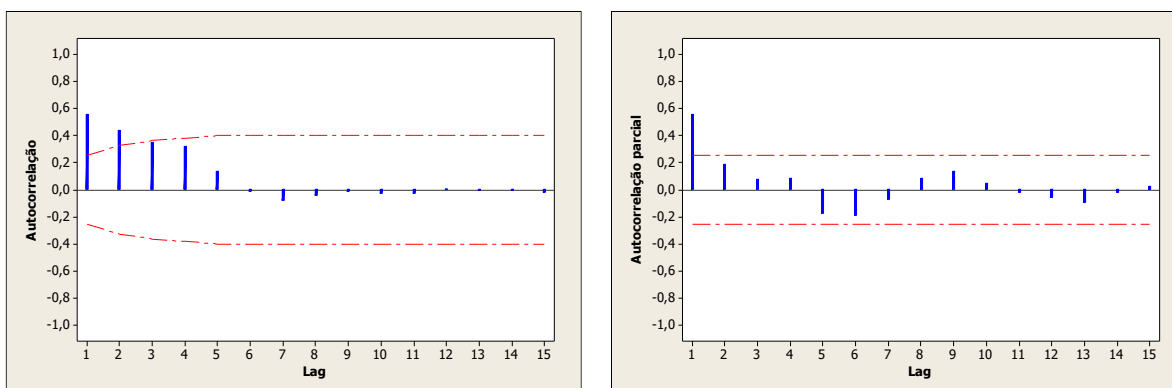


## PZN11B-TL2

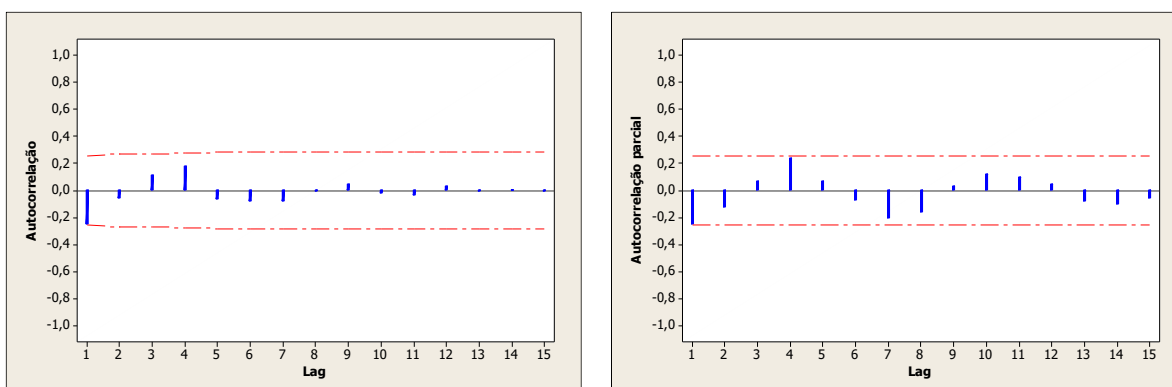
**Gráfico E181.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B



**Gráfico E182.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN11B



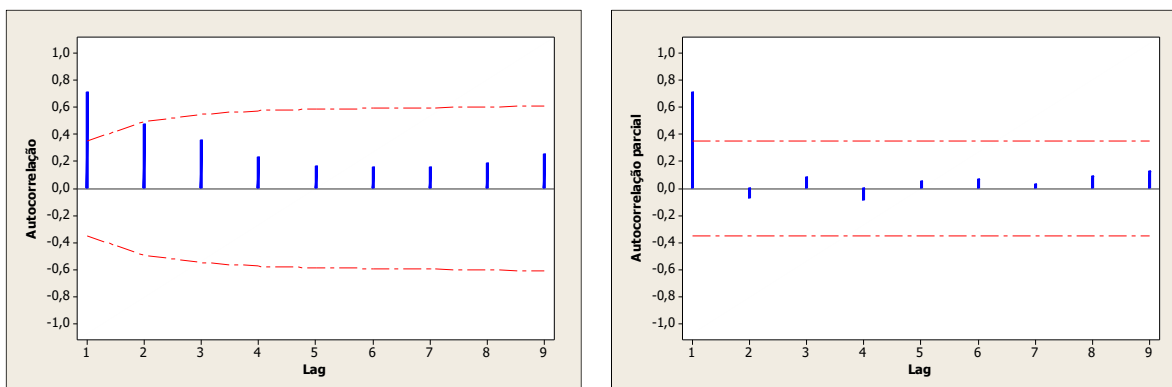
**Gráfico E183.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN11B



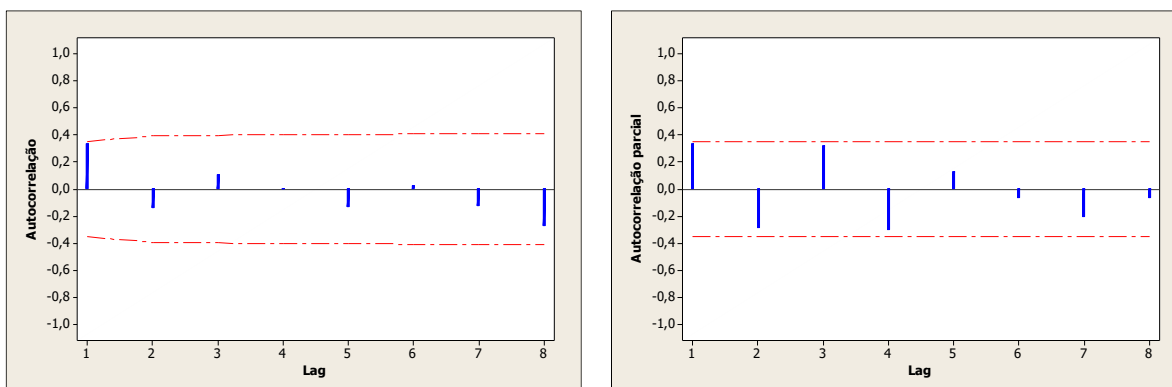
## INA11A-TL1 X RS11B-TL2

### INA11A-TL1

**Gráfico E184.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11A

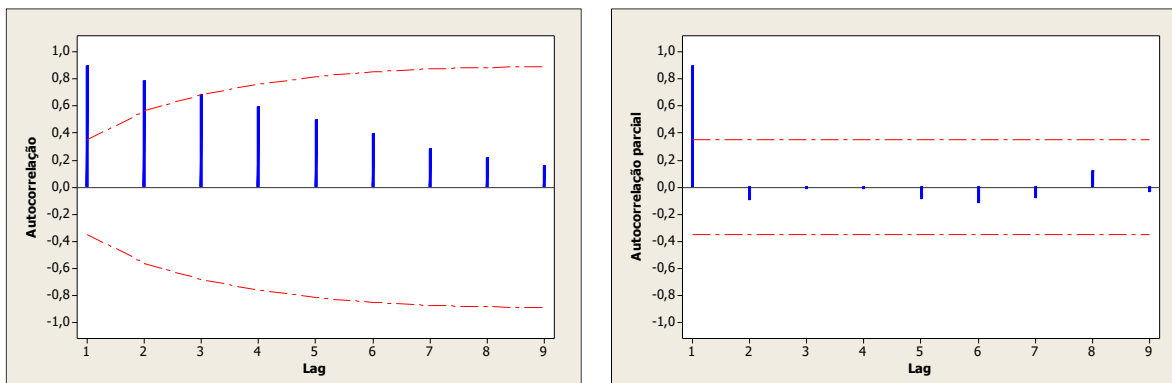


**Gráfico E185.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11A

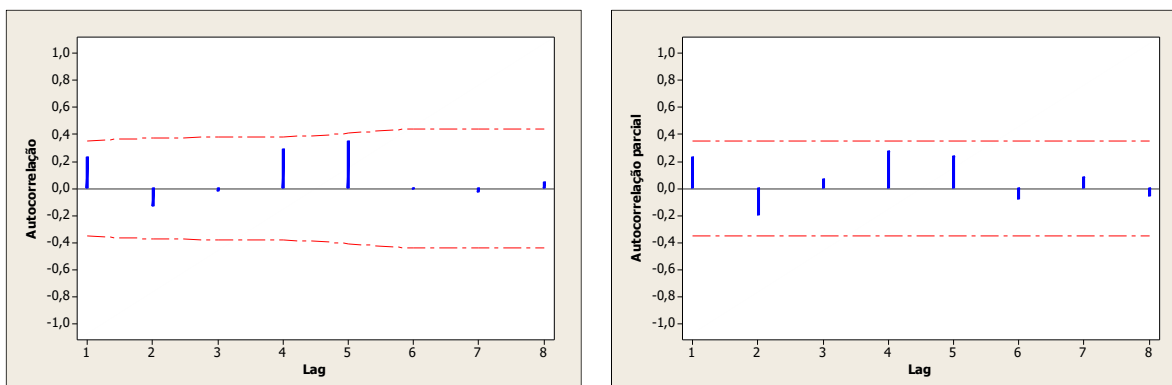


### RS11B-TL2

**Gráfico E186.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11B



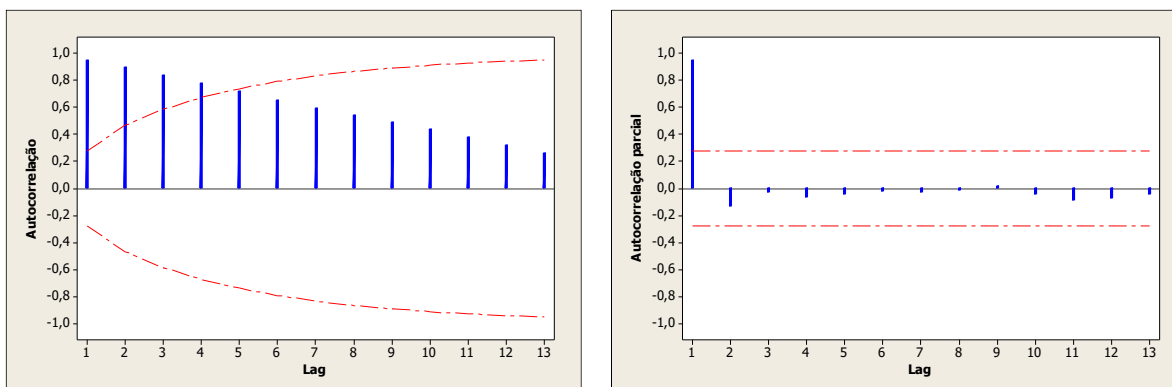
**Gráfico E187.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS11B



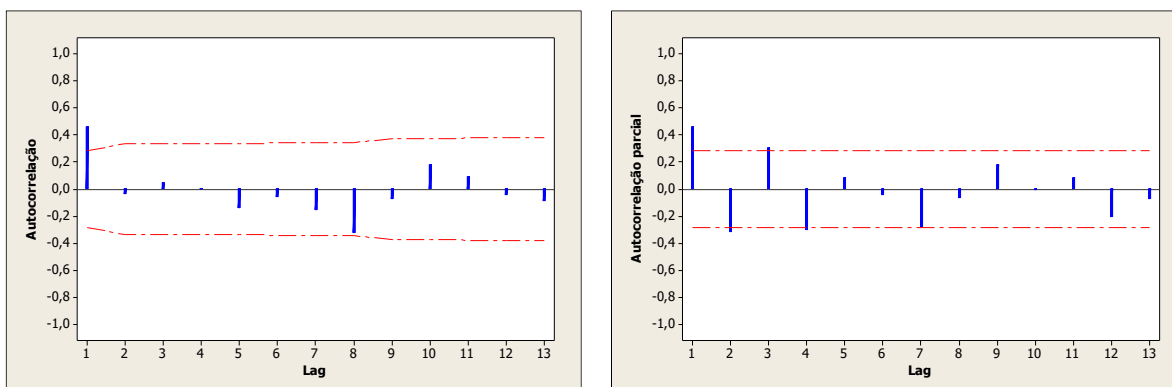
## INA11A-TL1 X INA11C-TL2

### INA11A-TL1

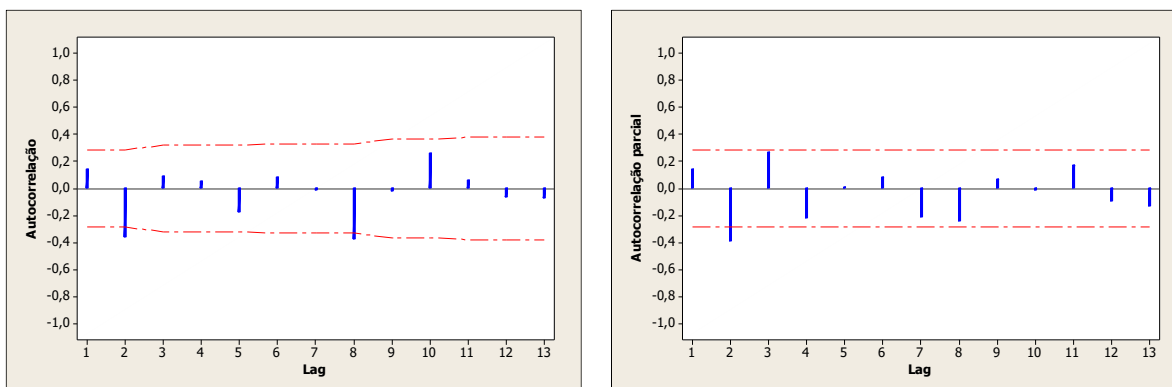
**Gráfico E188.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11A



**Gráfico E189.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11A



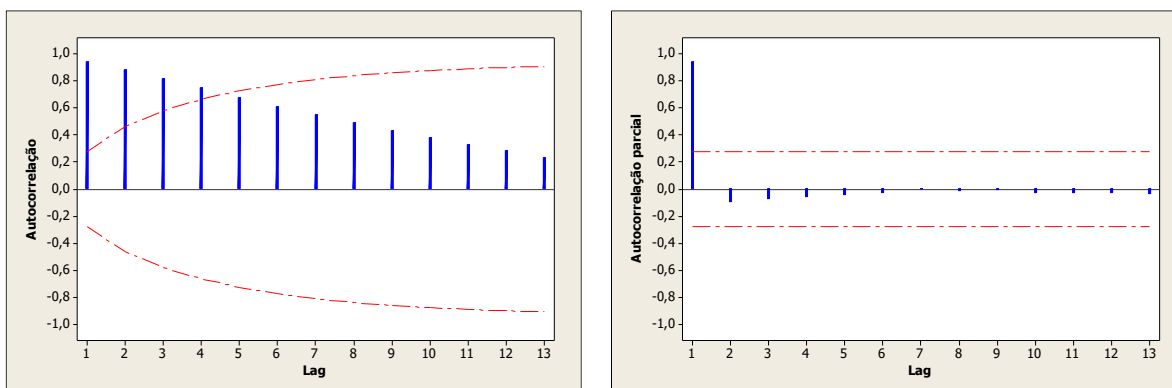
**Gráfico E190.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA11A



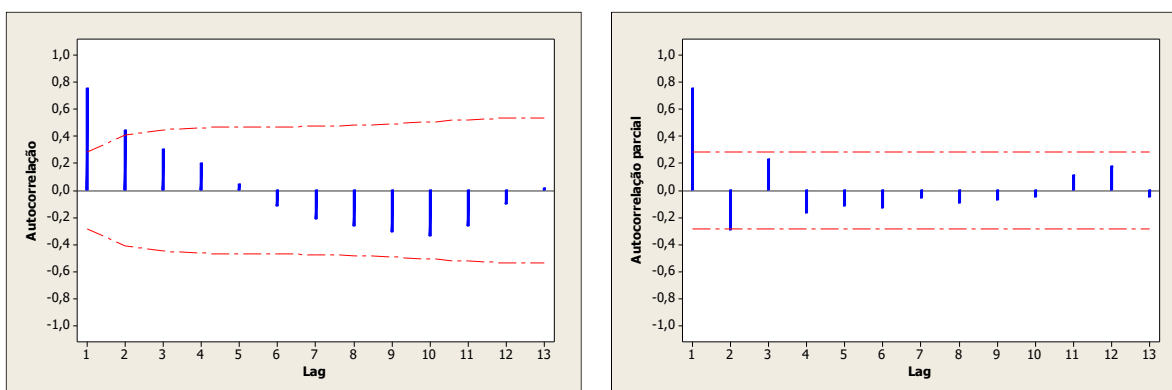
### INA11C-TL2



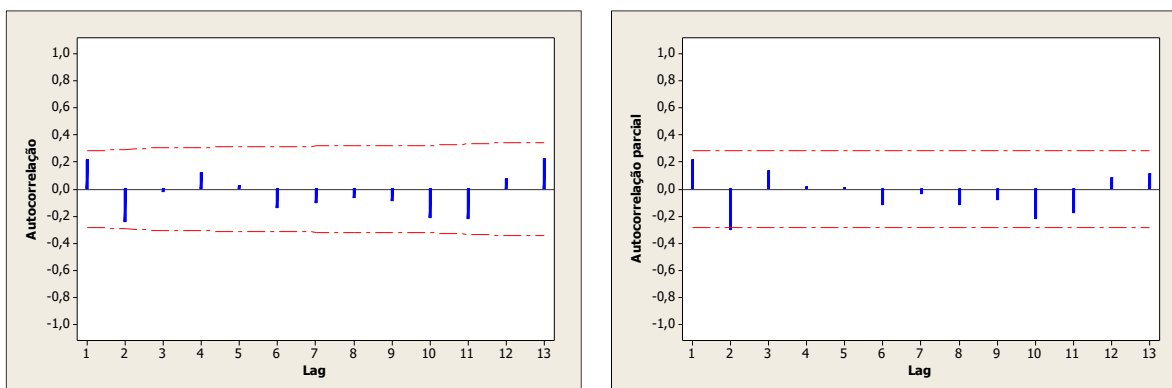
**Gráfico E191.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11C



**Gráfico E192.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA11C



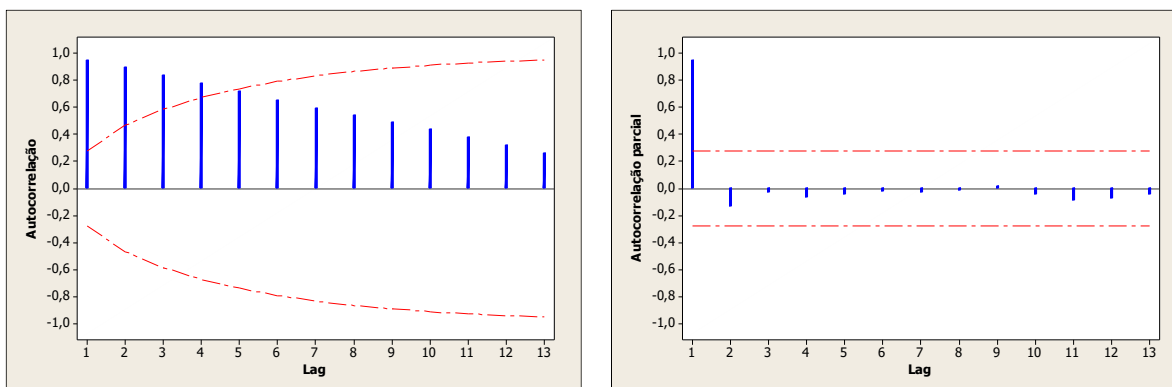
**Gráfico E193.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA11C



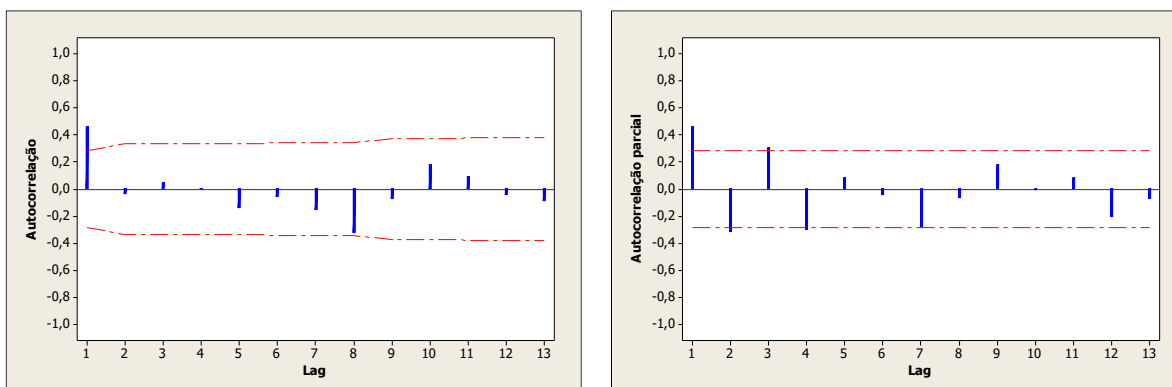
## INA11A-TL1 X PZN11B-TL2

### INA11A-TL1

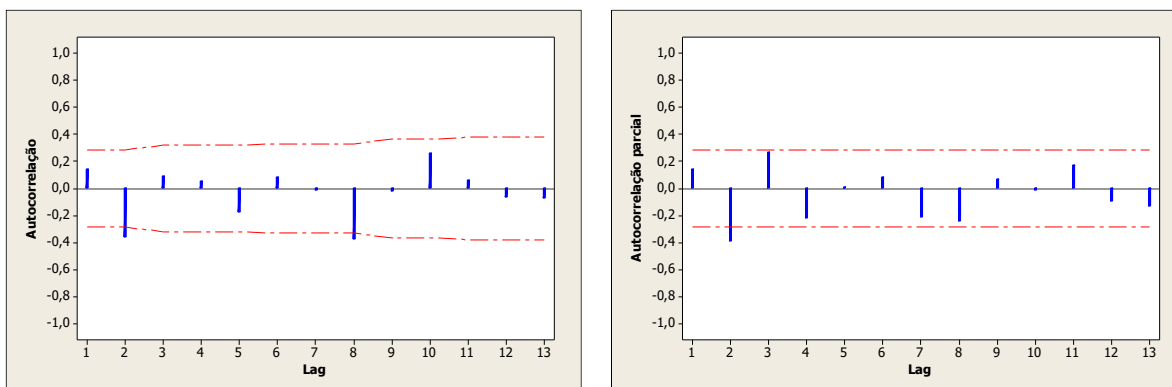
**Gráfico E194.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11A



**Gráfico E195.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11A

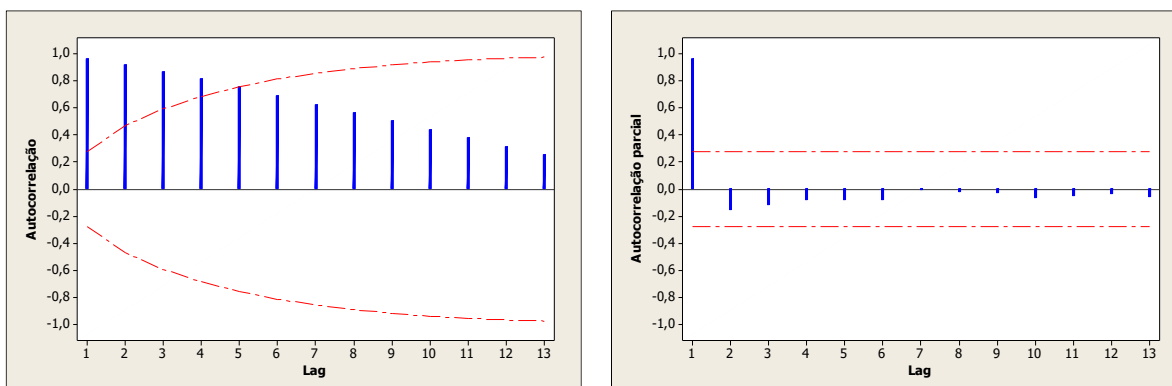


**Gráfico E196.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA11A

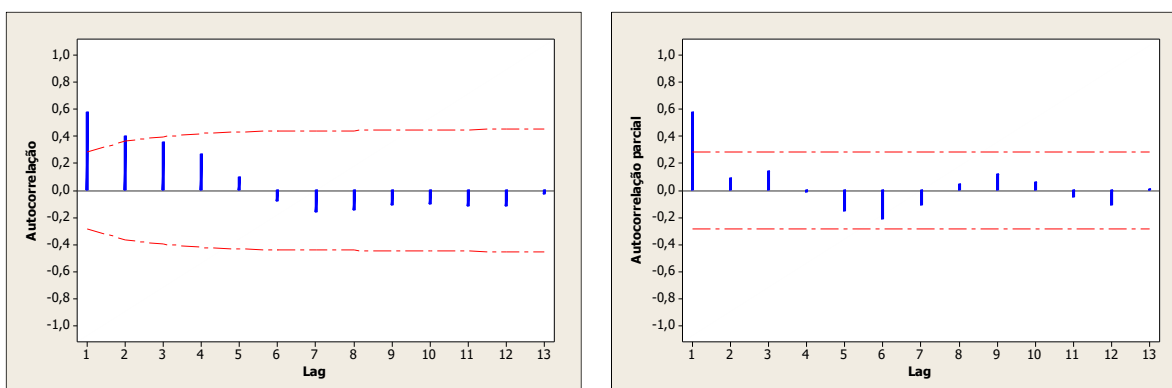


### PZN11B-TL2

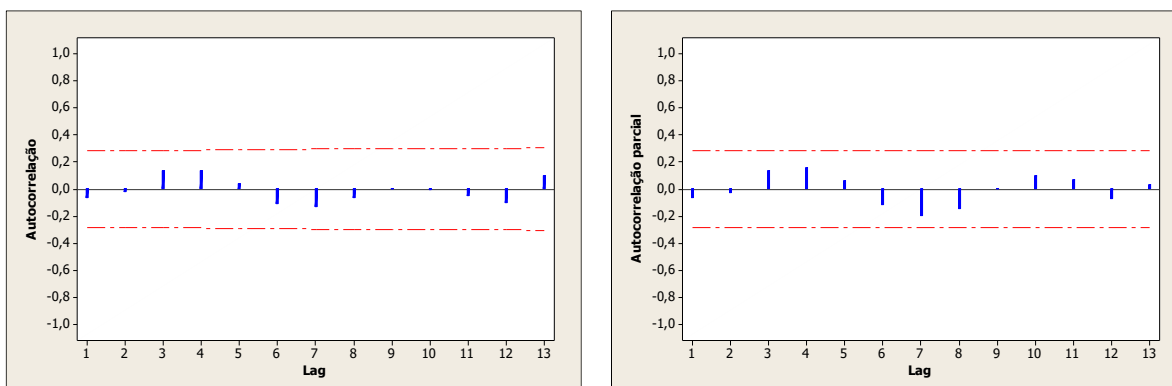
**Gráfico E197.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B



**Gráfico E198.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN11B



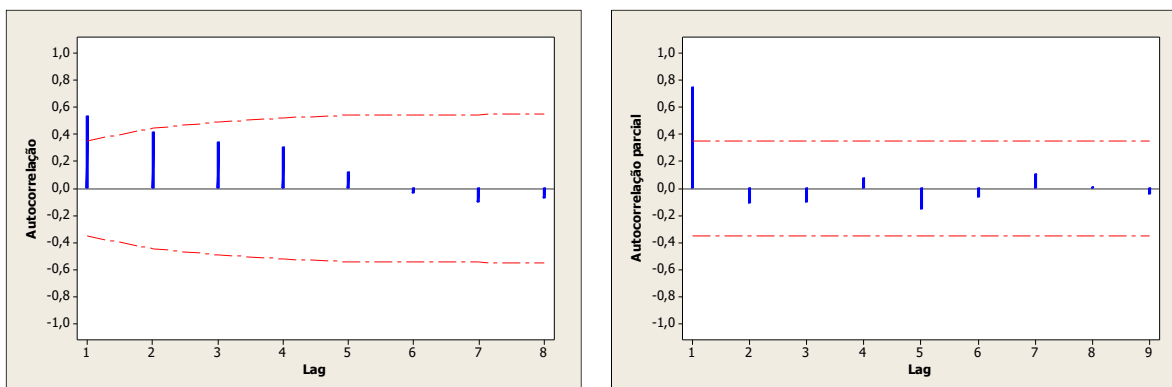
**Gráfico E199.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN11B



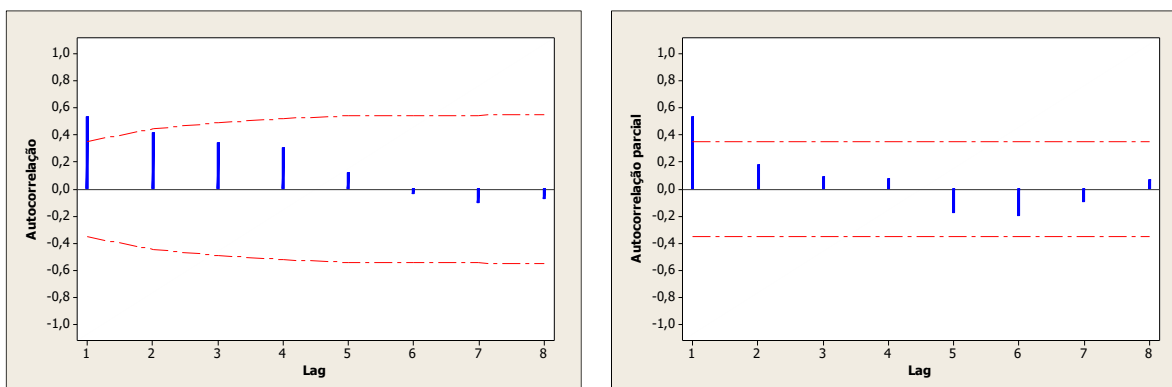
## PZN11B-TL1 X RS11B-TL2

### PZN11B-TL1

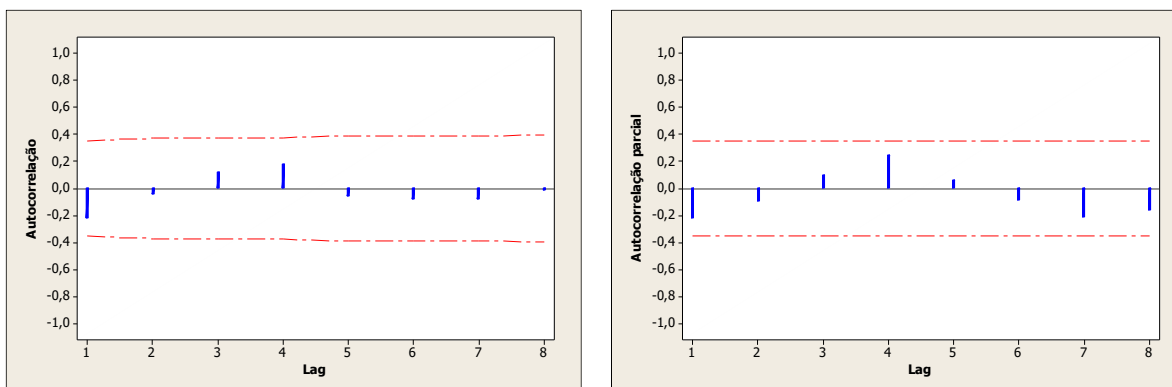
**Gráfico E200.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B



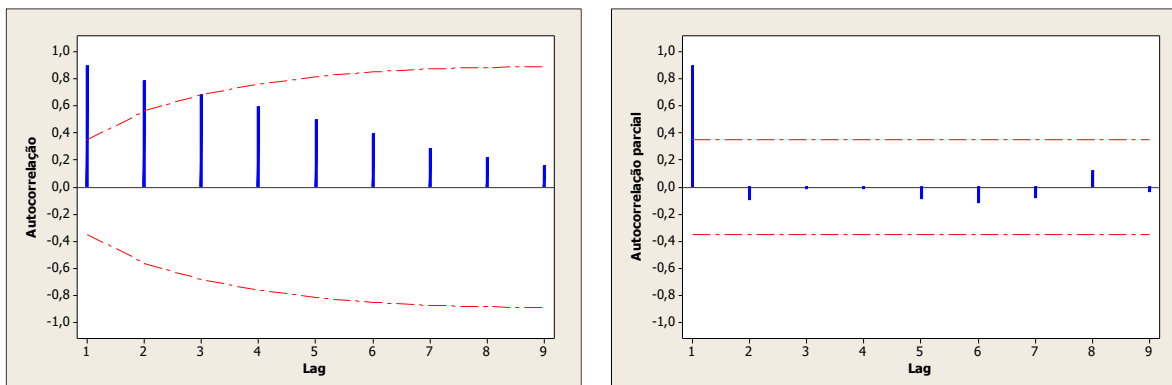
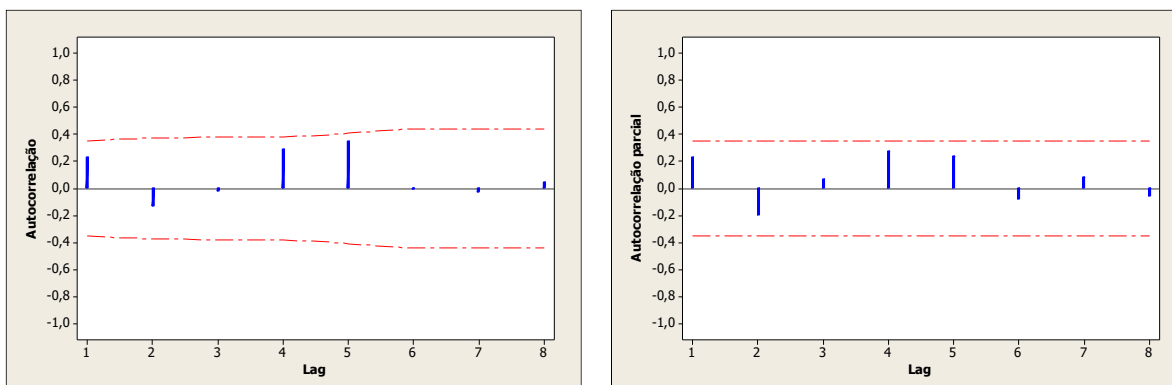
**Gráfico E201.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B



**Gráfico E202.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN11B



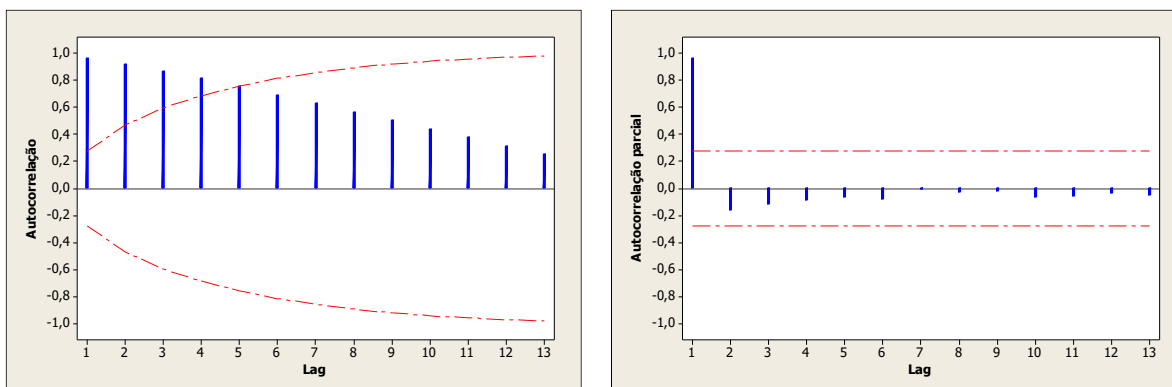
### RS11B-TL2

**Gráfico E203.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do RS11B**Gráfico E204.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do RS11B

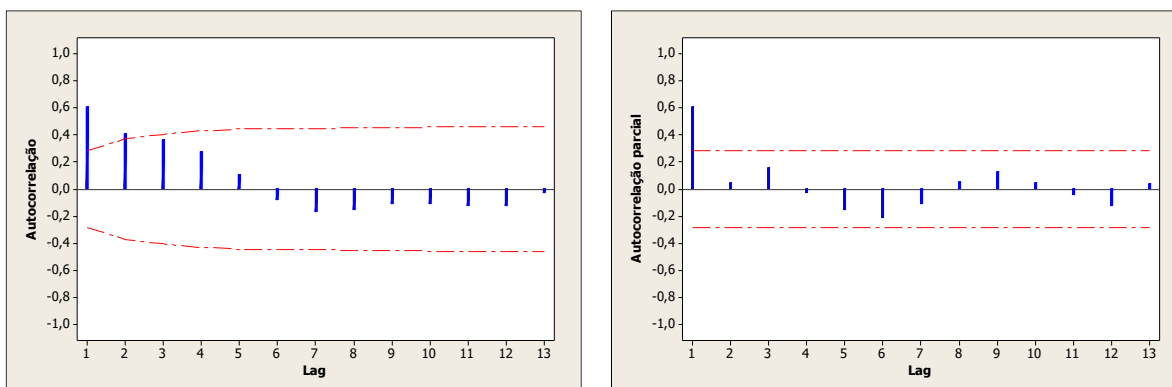
## PZN11B-TL1 X INA11C-TL2

### PZN11B-TL1

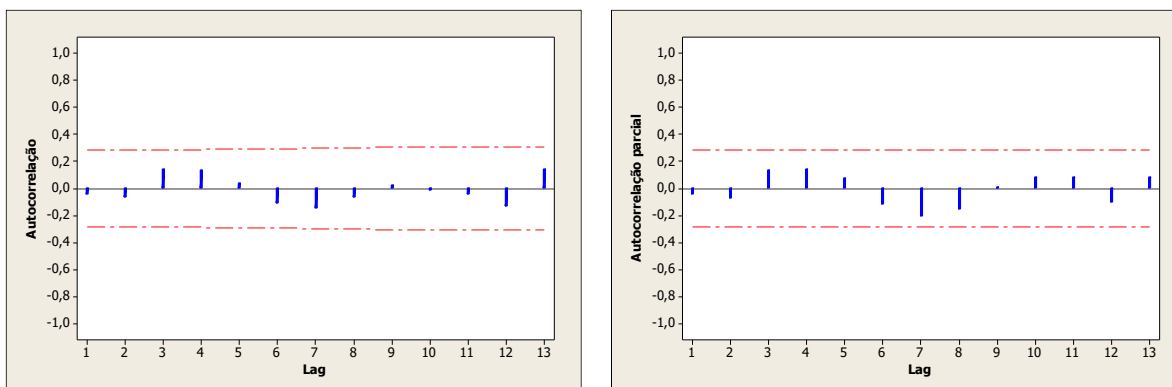
**Gráfico E205.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B



**Gráfico E206.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B

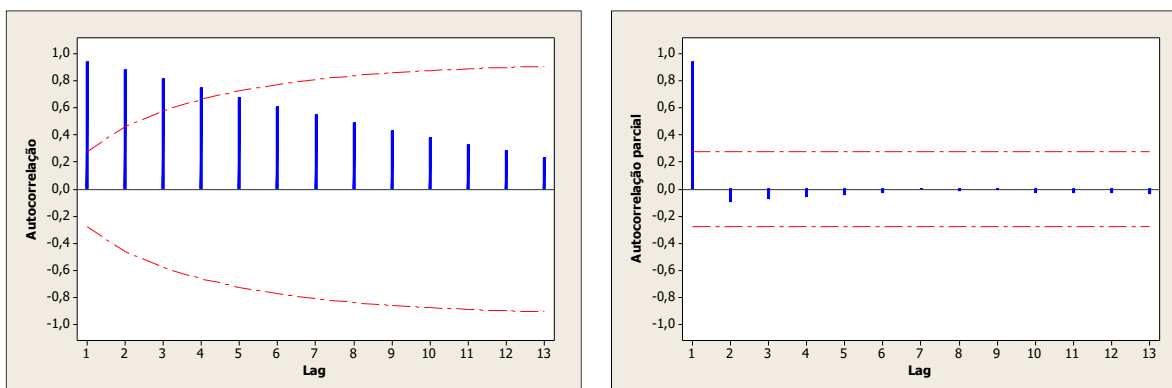


**Gráfico E207.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN11B

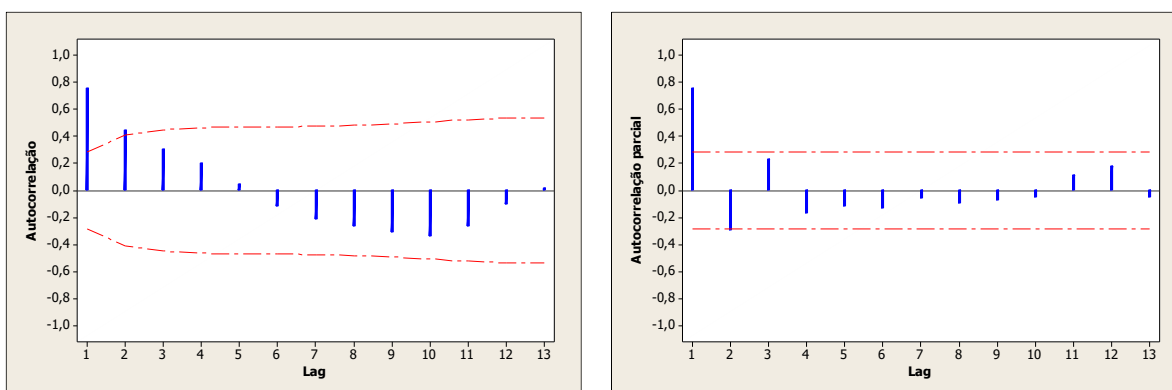


### INA11C-TL2

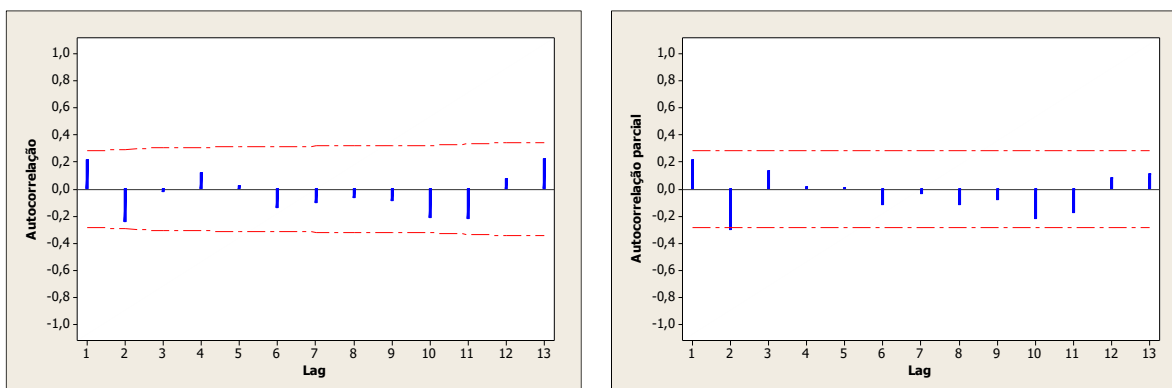
**Gráfico E208.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação INA11C



**Gráfico E209.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação INA11C



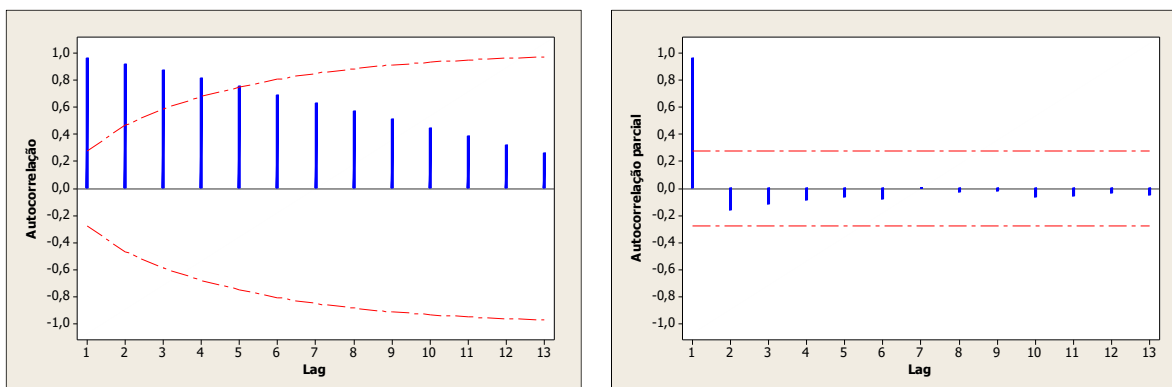
**Gráfico E210.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação INA11C



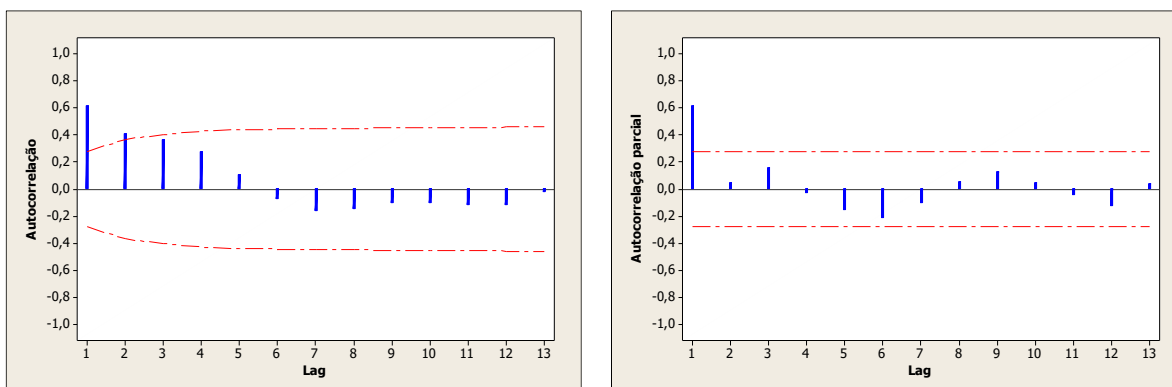
## PZN11B-TL1 X PZN11B-TL2

### PZN11B-TL1

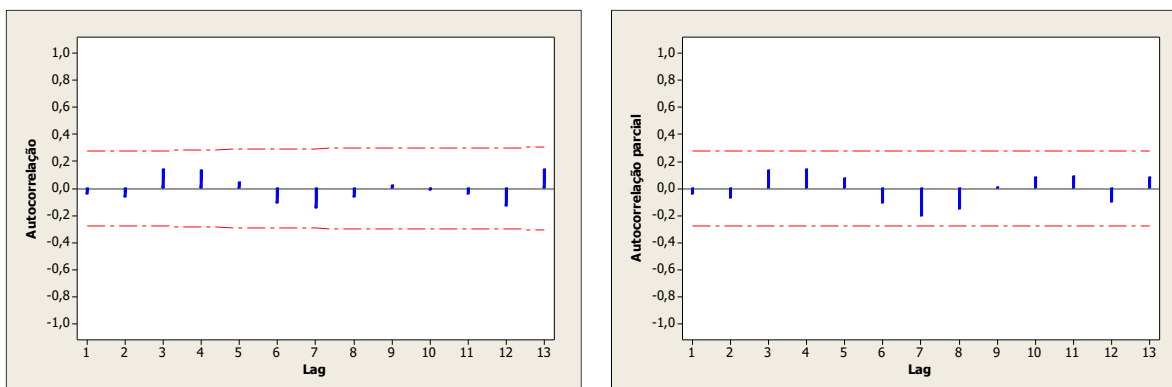
**Gráfico E211.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B



**Gráfico E212.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B



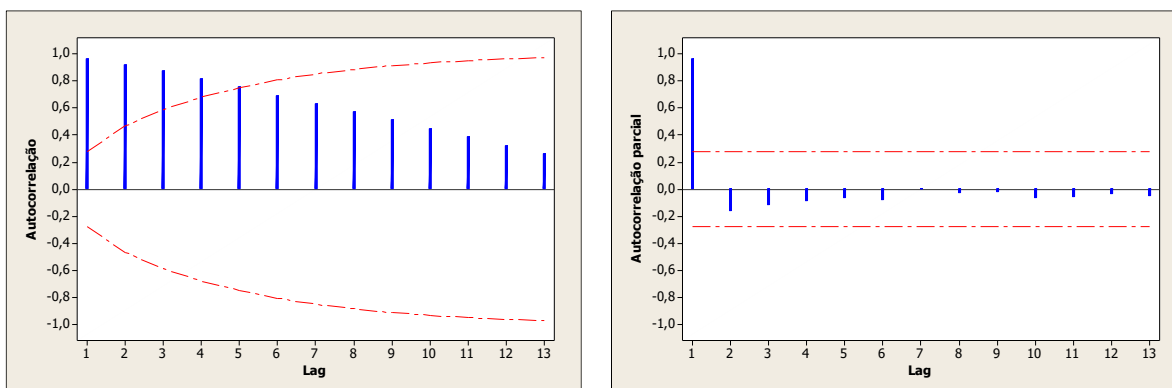
**Gráfico E213.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN11B



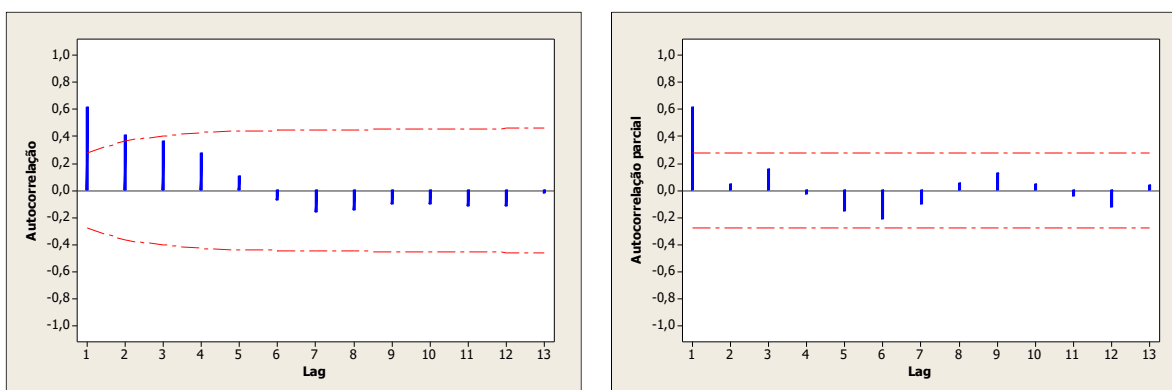
### PZN11B -TL2



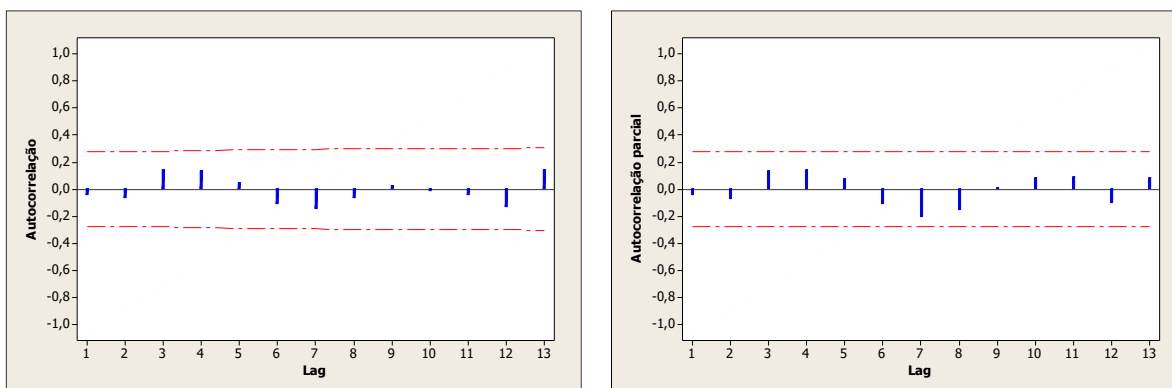
**Gráfico E214.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da leitura do nível de água na instalação PZN11B



**Gráfico E215.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da diferença da leitura do nível de água na instalação PZN11B



**Gráfico E216.** Autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos do ajuste do modelo ARIMA(1,1,0) para a leitura do nível de água na instalação PZN11B



## **Apêndice F**

### **Correlações cruzadas**

## **Secção 5**

### **Túnel lateral 1**

**Gráfico F1. Correlação cruzada das variáveis INA5A X PZN5B (n = 59)**

Cross Stand.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			□	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

**Gráfico F2. Correlação cruzada das variáveis RS5A X INA5A (n = 59)**

	Cross Stand.																															
Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1																					
			▣	↓	↓	↓	↓	⇄	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	▣
-7	,028	,139																														
-6	-,058	,137																														
-5	-,203	,136																														
-4	,235	,135																														
-3	,087	,134																														
-2	-,053	,132																														
-1	-,041	,131																														
0	,513	,130																														
1	,545	,131																														
2	-,035	,132																														
3	-,062	,134																														
4	,160	,135																														
5	,137	,136																														
6	-,053	,137																														
7	-,051	,139																														

**Gráfico F3. Correlação cruzada das variáveis RS5A X PZN5B (n = 60)**

---

Cross Stand.											
Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
-7	-,021	,137					.	*		.	
-6	-,174	,136					.	***↔		.	
-5	,437	,135					.	↔****.	****		
-4	-,004	,134					.	*		.	
-3	-,207	,132					.	****↔		.	
-2	,229	,131					.	↔*****			
-1	,405	,130					.	↔****.	***		
0	,202	,129					.	↔****.			
1	,221	,130					.	↔****.			
2	-,013	,131					.	*		.	
3	-,165	,132					.	***↔		.	
4	-,093	,134					.	**↔		.	
5	-,025	,135					.	*↔		.	
6	-,028	,136					.	*↔		.	
7	,057	,137					.	↔*		.	

---

## **Túnel lateral 2**







**Calota**







Túnel lateral 1 X Túnel lateral 2

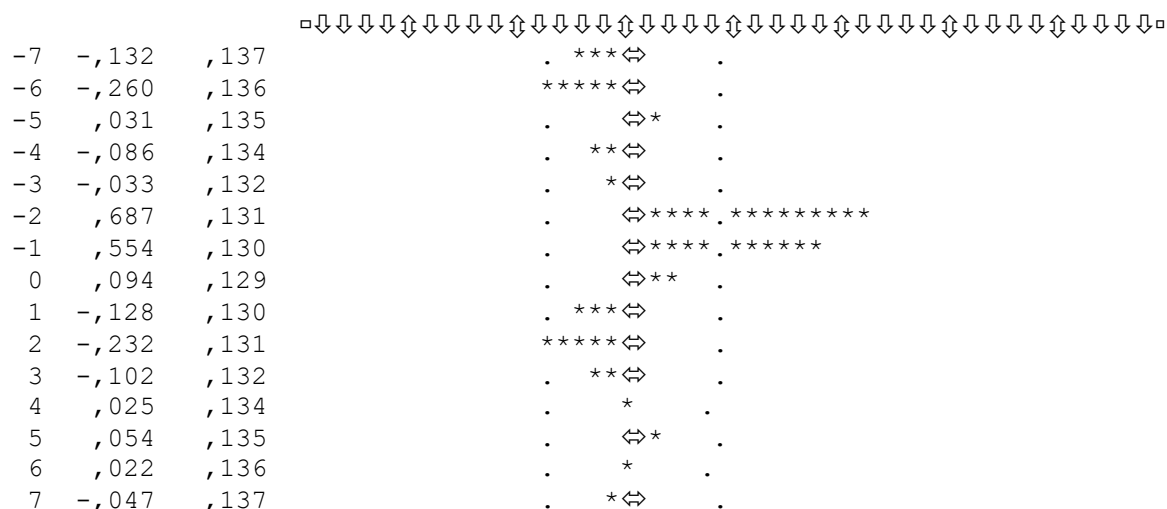
**Gráfico F13.** Correlação cruzada das variáveis **RS5A-TL1 X INA5C-TL2** (n = 60)

---

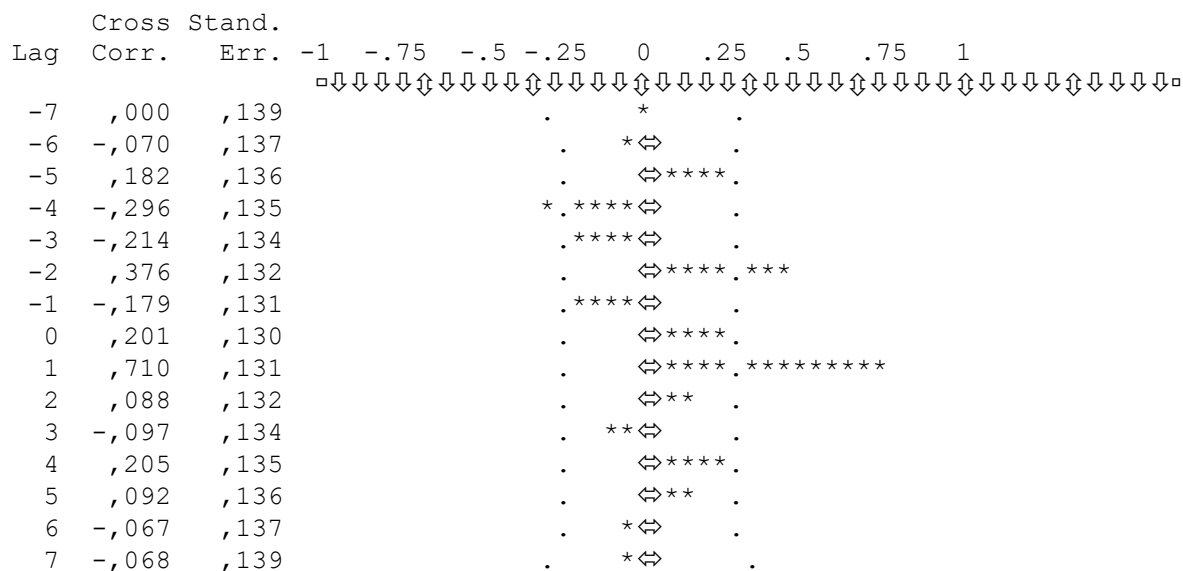




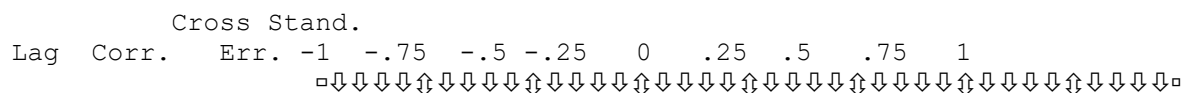




**Gráfico F18.** Correlação cruzada das variáveis **INA5A-TL1 X PZN5B-TL2** (n = 59)



**Gráfico F19.** Correlação cruzada das variáveis **PZN5B-TL1 X RS5B-TL2** (n = 59)





-6	-,014	,137	.	*	.
-5	-,085	,136	.	**↔	.
-4	,051	,135	.	↔*	.
-3	,281	,134	.	↔****	.*
-2	-,080	,132	.	**↔	.
-1	,124	,131	.	↔**	.
0	1,000	,130	.	↔****	*****
1	,124	,131	.	↔**	.
2	-,080	,132	.	**↔	.
3	,281	,134	.	↔****	.*
4	,051	,135	.	↔*	.
5	-,085	,136	.	**↔	.
6	-,014	,137	.	*	.
7	-,027	,139	.	*↔	.

---

## **Secção 11**

### **Túnel lateral 1**





## **Túnel lateral 2**







**Calota**





Túnel lateral 1 X Túnel lateral 2

**Gráfico F31.** Correlação cruzada das variáveis **RS11A-TL1 X INA11C-TL2** (n = 33)













## **Apêndice G**

### **Tabelas de correlações cruzadas**

**Tabela G1.** Correlações instantâneas das variáveis da Secção 5

	RS5A - TL1	INA5A - TL1	PZN5B - TL1	RS5B - TL2	INA5C - TL2	PZN5B - TL2	Corda F	RI5P4	RS5B - Cal	INA5A - Cal
RS5A - TL1	1,00									
INA5A - TL1	0,51	1,00								
PZN5B - TL1	0,20	0,22	1,00							
RS5B - TL2	0,75	0,39	0,64	1,00						
INA5C - TL2	0,10	0,09	-0,07	0,12	1,00					
PZN5B - TL2	0,47	0,22	1,00	0,64	-0,07	1,00				
Corda F	-	-	-	-	-	-	1,00			
RI5P4	-	-	-	-	-	-	-0,60	1,00		
RS5B - Cal	-	-	-	-	-	-	-0,27	0,40	1,00	
INA5A - Cal	-	-	-	-	-	-	0,03	-0,01	-0,02	1,00

**Tabela G2.** Correlações instantâneas das variáveis da Secção 11

	RS11A - TL1	INA11A - TL1	PZN11B - TL1	RS11B - TL2	INA11C - TL2	PZN11B - TL2	Corda F	RI11P4	RS11B - Cal
RS11A - TL1	1,00								
INA11A - TL1	0,15	1,00							
PZN11B - TL1	0,00	0,02	1,00						
RS11B - TL2	1,00	0,10	0,01	1,00					
INA11C - TL2	-0,24	0,09	0,23	-0,26	1,00				
PZN11B - TL2	0,05	0,02	1,00	0,11	0,26	1,00			
Corda F	-	-	-	-	-	-	1,00		
RI11P4	-	-	-	-	-	-	-0,93	1,00	
RS11B - Cal	-	-	-	-	-	-	-0,16	0,14	1,00

**Tabela G3.** Correlações não instantâneas das variáveis da Secção 5

	RS5A - TL1	INA5A - TL1	PZN5B - TL1	RS5B - TL2	INA5C - TL2	PZN5B - TL2	Corda F	RI5P4	RS5B - Cal	INA5A - Cal
<b>RS5A - TL1</b>										
<b>INA5A - TL1</b>	0,55 lag 1									
<b>PZN5B - TL1</b>	0,44 lag -5	0,71 lag 1								
<b>RS5B - TL2</b>	0,23 lag -4	0,45 lag 1	0,41 lag -1							
<b>INA5C - TL2</b>	0,40 lag -2	0,69 lag -2	-0,58 lag 1	0,51 lag -2						
<b>PZN5B - TL2</b>	0,48 lag 1	0,71 lag 1	0,28 lag 3	0,41 lag 1	-0,58 lag -1					
<b>Corda F</b>	- -	- -	- -	- -	- -	- -				
<b>RI5P4</b>	- -	- -	- -	- -	- -	- -	-0,23 lag -1			
<b>RS5B - Cal</b>	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0,25 lag -1			
<b>INA5A - Cal</b>	- -	- -	- -	- -	- -	- -	-0,26 lag -5	0,38 lag -5		

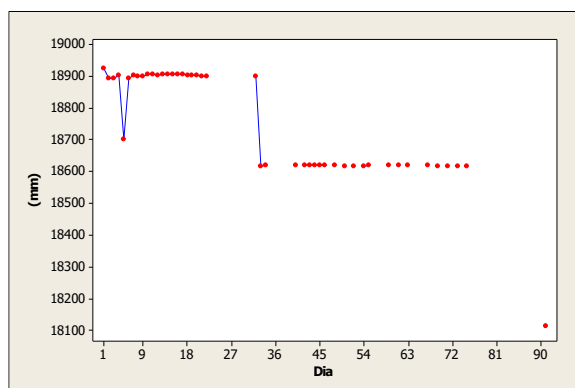
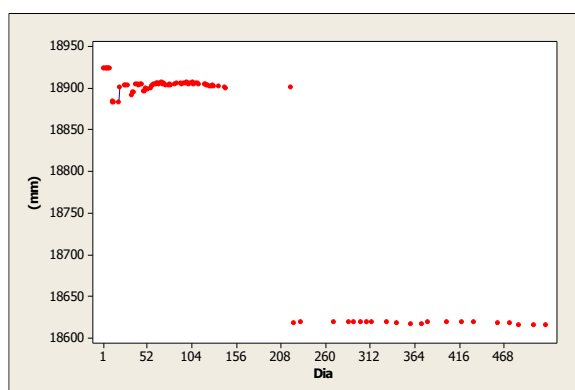
**Tabela G4.** Correlações não instantâneas das variáveis da Secção 11

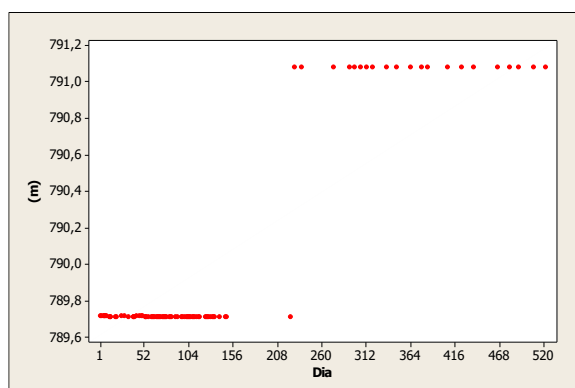
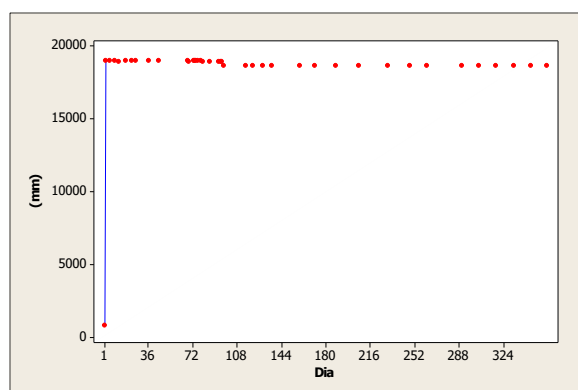
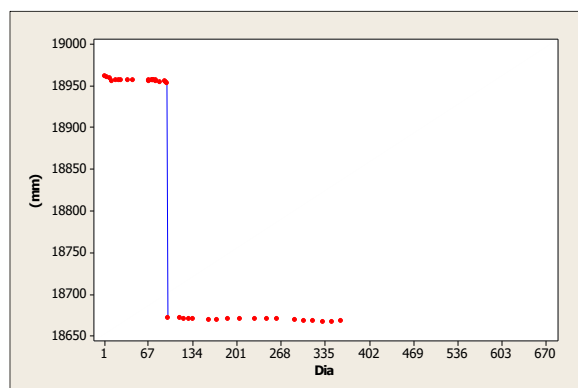
	RS11A - TL1	INA11A - TL1	PZN11B - TL1	RS11B - TL2	INA11C - TL2	PZN11B - TL2	Corda F	RI11P4	RS11B - Cal
RS11A - TL1									
INA11A - TL1	-0,48 lag 2								
PZN11B - TL1	-0,41 lag -3	0,58 lag -1							
RS11B - TL2		0,46 lag 4	0,46 lag -1						
INA11C - TL2	-0,64 lag 5	0,52 lag -1	0,53 lag -2	-0,69 lag -5					
PZN11B - TL2	-0,49 lag -3	-0,46 lag 7		0,50 lag -4	0,57 lag 2				
Corda F	-	-	-	-	-	-			
RI11P4	-	-	-	-	-	-	0,34 lag -2		
RS11B - Cal	-	-	-	-	-	-		-0,47 lag -1	

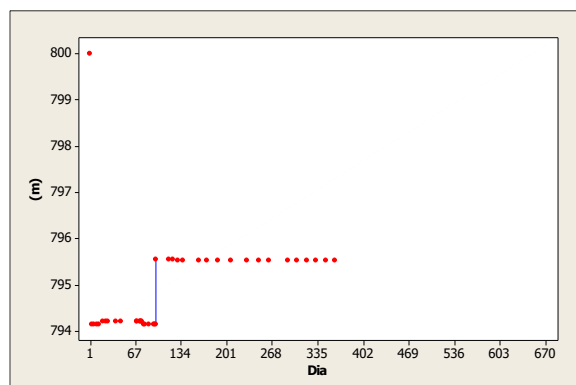
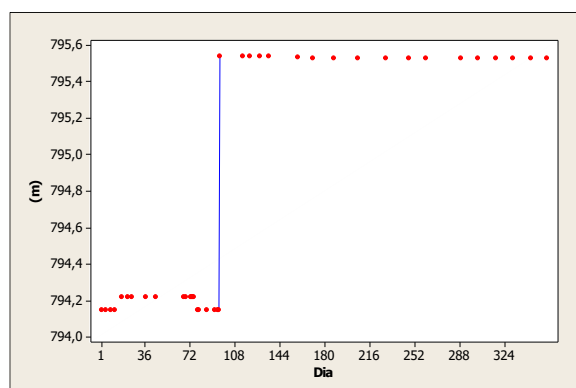
## **Apêndice H**

**Corda F\_ e RI\_P4**



**Gráfico H1. Convergência da Corda F5 original (n = 95)****Gráfico H2. Convergência da Corda F5 (n = 93)**

**Gráfico H4. Leitura do RI5P4 (n = 91)****Gráfico H5. Convergência da Corda F11 original (n = 40)****Gráfico H6. Convergência da Corda F11 (n = 39)**

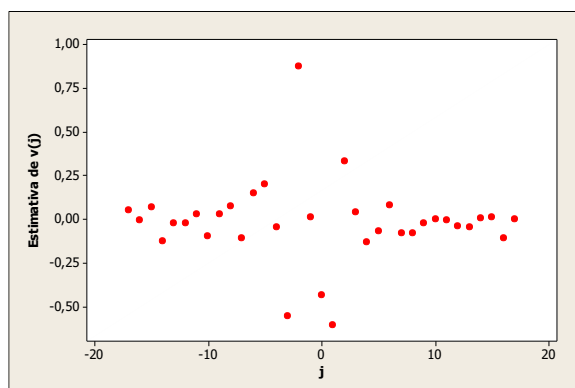
**Gráfico H7.** Leitura do RI11P4 original (n = 40)**Gráfico H8.** Leitura do RI11P4 (n = 39)

## **Apêndice I**

### **Procedimentos para modelar as relações entre as séries temporais**

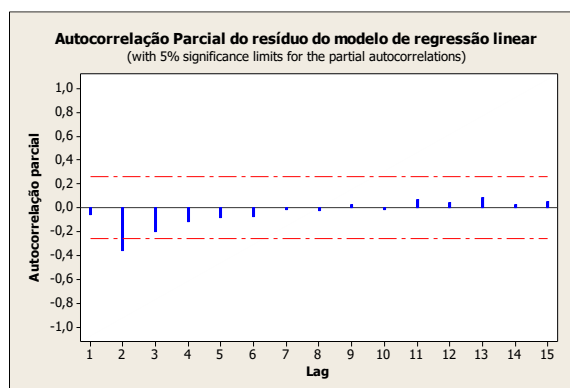
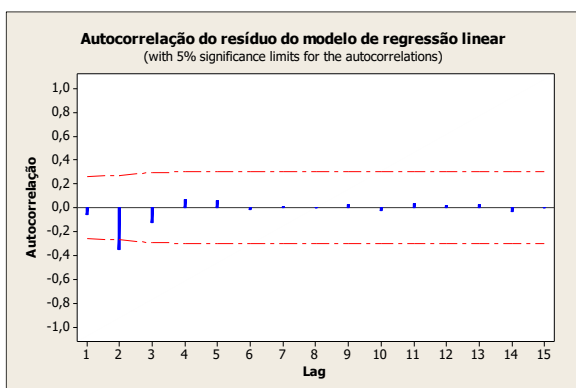


### I1.c Gráfico da função peso



### I1.d Modelo de Regressão Linear

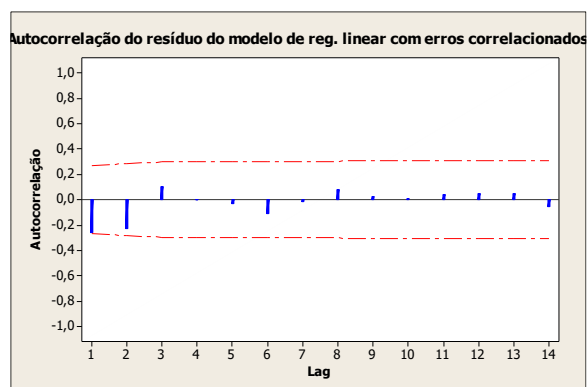
$$y_t = 0,2113 x_{t-1} + \hat{\varepsilon}_t, \quad \hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2), \quad \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2 = 0,0833$$



## I1.e Modelo de Regressão Linear com erros correlacionados

$$y_t = 0,1481 x_{t-1} + \hat{\eta}_t, \quad \hat{\eta}_t = -0,5054 \hat{\eta}_{t-2} + \hat{\theta}_t - 0,76754 \hat{\theta}_{t-2},$$

$$\hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_\theta^2), \quad \hat{\sigma}_\theta^2 \cong 0,00332$$

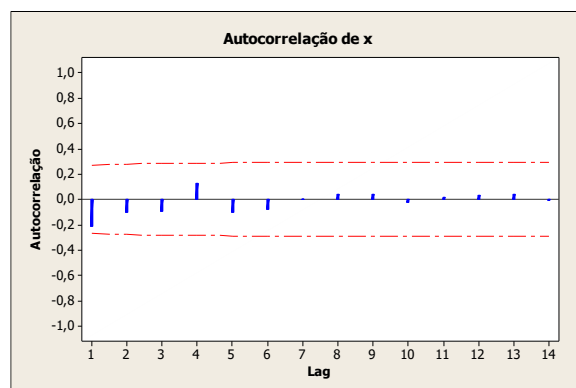


## I2.PZN5B-TL2 e RS5B-TL2

### I2.a Pré-branqueamento de $x_t$

$$x_t = \text{PZN5B-TL2}$$

$$x_t = 0,312628 x_{t-3} + \hat{a}_{x_t}, \quad \hat{a}_{x_t} \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2) \text{ independentes, } \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2 = 0,0857$$

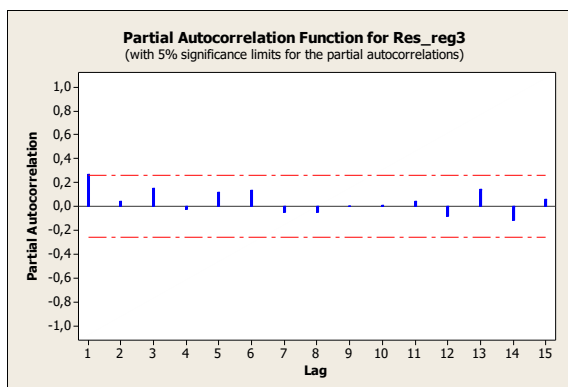
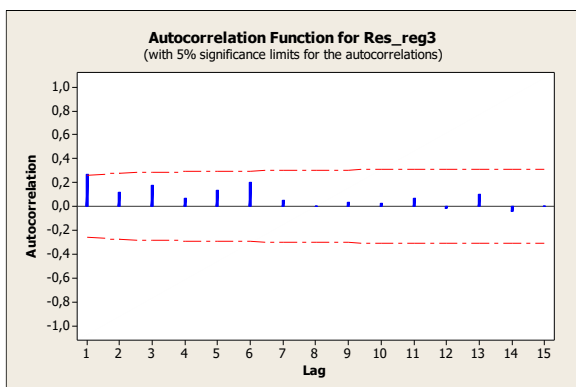






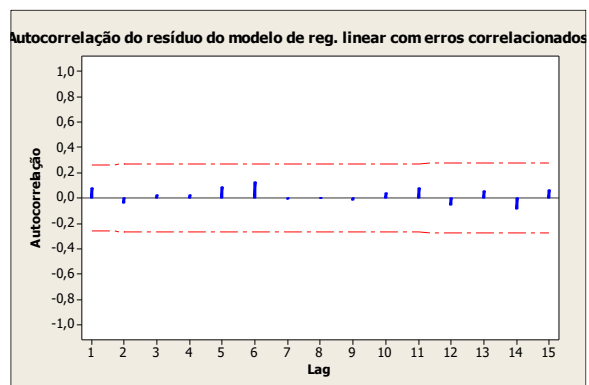
## I2.d Modelo de Regressão Linear

$$y_t = -0,0003 + 0,0024 x_t + \hat{\varepsilon}_t, \quad \hat{\varepsilon}_t \sim N(0, \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2), \quad \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 \cong 0,0000$$



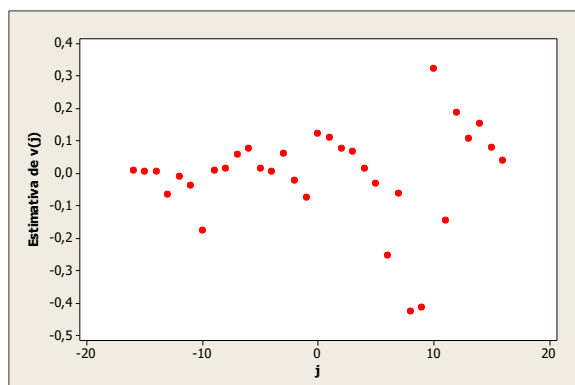
## I2.e Modelo de Regressão Linear com erros correlacionados

$$y_t = -0,0005 + 0,001707 x_t + \hat{\eta}_t, \quad \hat{\eta}_t = 0,5097 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \quad \hat{\theta}_t \sim RB(0, \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2), \quad \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2 \cong 0$$





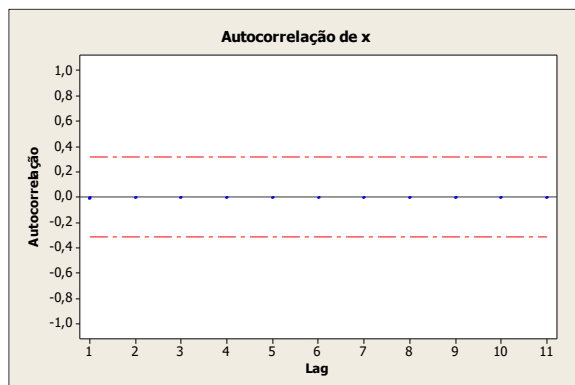
### I3.c Gráfico da função peso



## I4. RI5P4 e RS5B-cal

### I4.a Pré-branqueamento de $x_t$

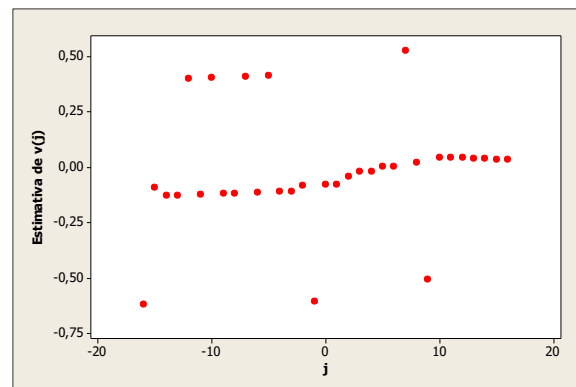
$x_t = \text{RI5P4}$



#### I4.b Correlação Cruzada de $\hat{a}_{x_t}$ X $\hat{a}_{y_t}$ (n=41)

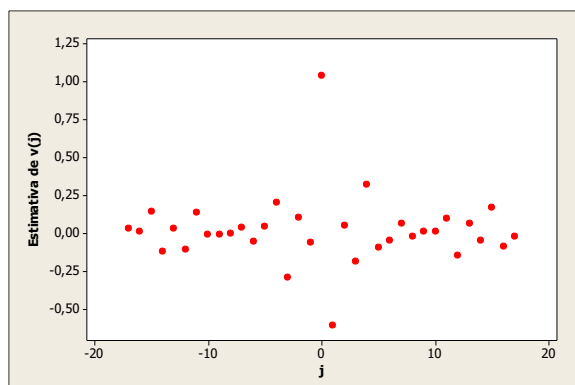
			Correl. Erro.																														
Lag	Cruz.	Padrão	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1																						
			◻⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓⇓◻																														
-7	,217	,171					.	⇔*****	.																								
-6	-,060	,169				.	.	*⇔	.																								
-5	,219	,167				.	.	⇔*****	.																								
-4	-,058	,164				.	.	*⇔	.																								
-3	-,057	,162				.	.	*⇔	.																								
-2	-,043	,160				.	.	*⇔	.																								
-1	-,320	,158				*****	⇔		.																								
0	-,041	,156				.	.	*⇔	.																								
1	-,042	,158				.	.	*⇔	.																								
2	-,022	,160				.	.	*	.																								
3	-,010	,162				.	.	*	.																								
4	-,011	,164				.	.	*	.																								
5	,002	,167				.	.	*	.																								
6	,001	,169				.	.	*	.																								
7	,278	,171				.	.	⇔*****	.																								

#### I4.c Gráfico da função peso



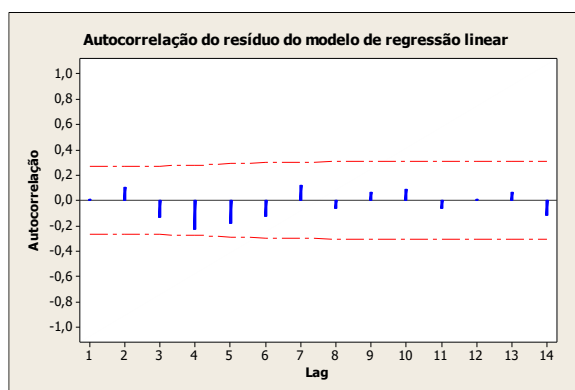


### I5.c Gráfico da função peso



### I5.d Modelo de Regressão Linear

$$y_t = 0,5564 x_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim \text{RB}(0, \sigma_\varepsilon^2), \quad \hat{\sigma}_\varepsilon^2 = 0,001243$$

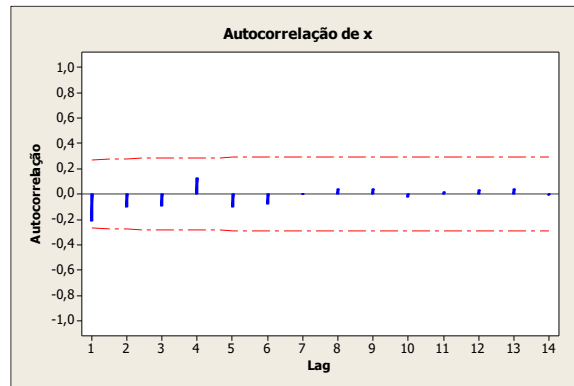


## 6. PZN5B-TL1 e RS5B-TL2

### I6.a Pré-branqueamento de $x_t$

$x_t = \text{PZN5B-TL1}$

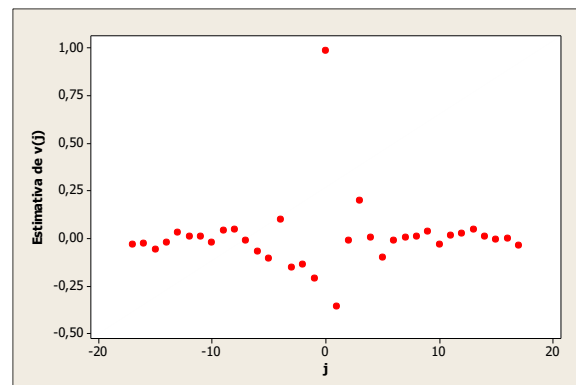
$x_t = 0,3126 x_{t-3} + \hat{a}_{x_t}$ ,  $\hat{a}_{x_t} \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2)$  independentes,  $\hat{\sigma}_{\hat{a}}^2 \cong 0$



### I6.b Correlação Cruzada de $\hat{a}_{x_t}$ X $\hat{a}_{y_t}$ (n=56)

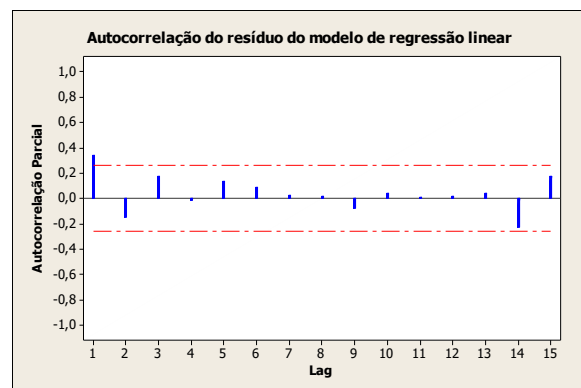
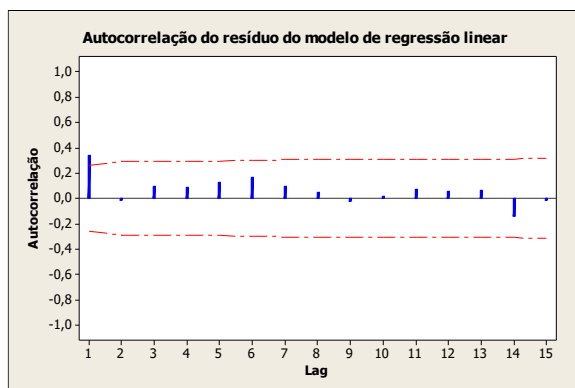
Correl. Erro.												
Lag	Cruz.	Padrão	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	
			◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻
-7	-,010	,143					*					
-6	-,065	,141					*↔					
-5	-,101	,140					**↔					
-4	,091	,139					↔**					
-3	-,144	,137					***↔					
-2	-,130	,136					***↔					
-1	-,196	,135					****↔					
0	,921	,134					↔*****	*****				
1	-,334	,135	**	*****↔								
2	-,010	,136		*								
3	,184	,137		↔*****								
4	,006	,139		*								
5	-,094	,140		**↔								
6	-,011	,141		*								
7	,002	,143		*								

### I6.c Gráfico da função peso



### I6.d Modelo de Regressão Linear

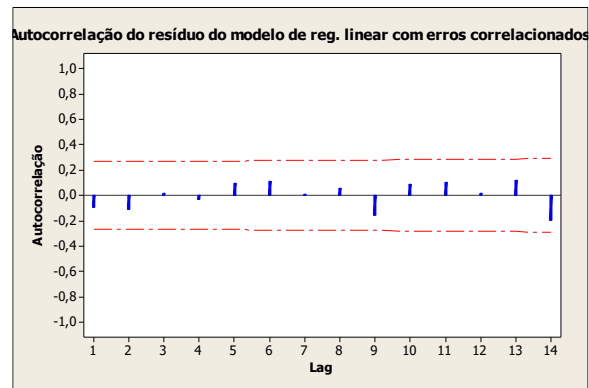
$$y_t = -0,0002 + 0,0024 x_t + 0,0009 x_{t-1} + \hat{\varepsilon}_t, \quad \hat{\varepsilon}_t \sim N(0, \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2), \quad \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 \cong 0$$





## I6.e Modelo de Regressão Linear com erros correlacionados

$$y_t = 0,002 x_t + 0,0005 x_{t-1} + \hat{\eta}_t, \quad \hat{\eta}_t = 0,5330 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \quad \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2), \quad \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2 \cong 0$$

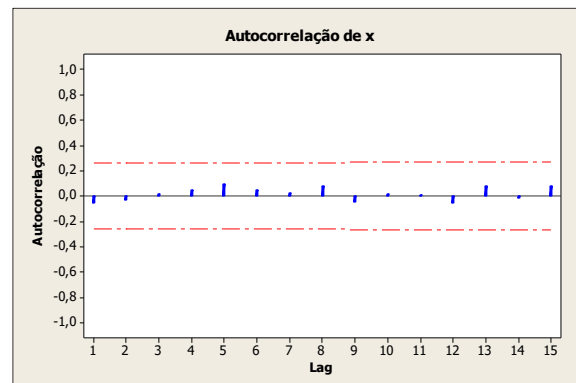


## 7. INA5A-TL1 e INA5C-TL2

### I7.a Pré-branqueamento de $x_t$

$$x_t = \text{INA5C-TL2}$$

$$x_t = 1,5352 x_{t-1} - 0,9381 x_{t-2} + \hat{a}_{x_t}, \quad \hat{a}_{x_t} \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2) \text{ independentes, } \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2 = 0,1680$$



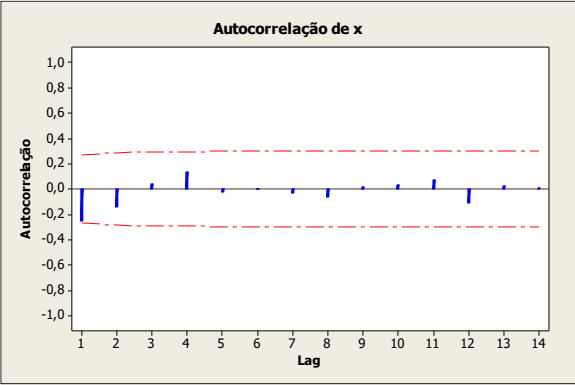


8. INA5A-TL1 e PZN5B-TL2

I8.a Pré-branqueamento de  $x_t$

$x_t$  = INA5A-TL1

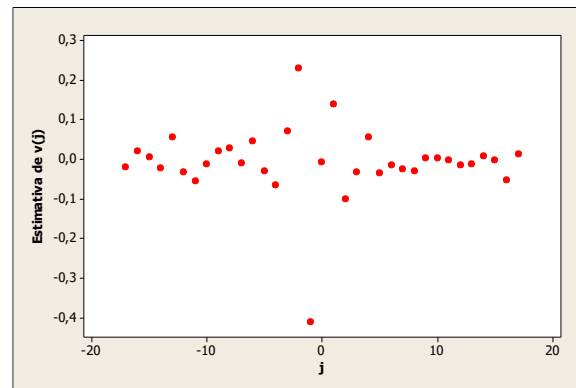
$x_t = 0,233113 x_{t-1} - 0,151234 x_{t-4} + \hat{a}_{x_t}$ ,  $\hat{a}_{x_t} \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2)$  independentes,  $\hat{\sigma}_{\hat{a}}^2=0,2024$



I8.b Correlação Cruzada de  $\hat{a}_{x_t}$  X  $\hat{a}_{y_t}$  (n=55)

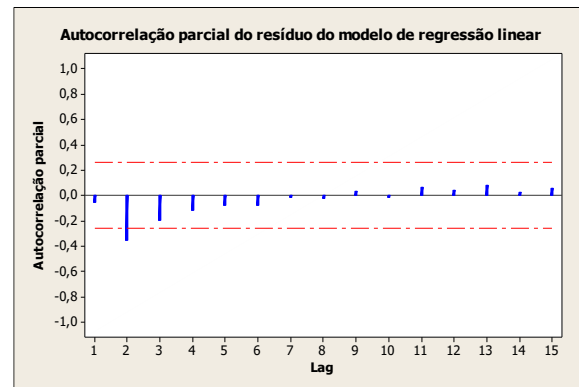
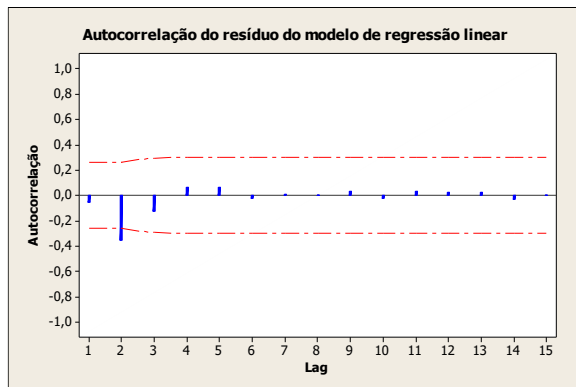
Correl. Erro.													
Lag	Cruz.	Padrão	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1		
			◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻
-7	-,017	,144					*						
-6	,075	,143					↔*						
-5	-,050	,141					*↔						
-4	-,109	,140					**↔						
-3	,119	,139					↔**						
-2	,387	,137					↔*****						
-1	-,691	,136	*****				↔						
0	-,014	,135					*						
1	,233	,136					↔*****						
2	-,170	,137					***↔						
3	-,055	,139					*↔						
4	,095	,140					↔**						
5	-,058	,141					*↔						
6	-,026	,143					*↔						
7	-,041	,144					*↔						

### I8.c Gráfico da função peso



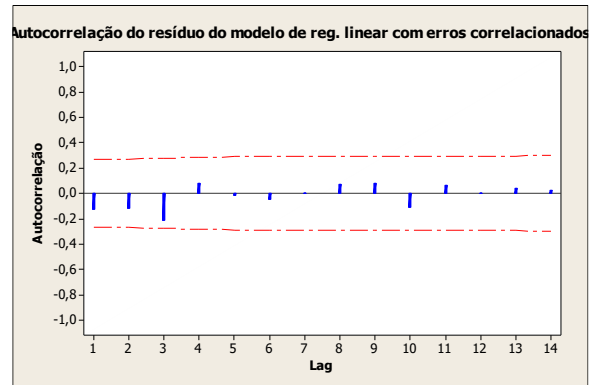
### I8.d Modelo de Regressão Linear

$$y_t = 0,2130 x_{t-1} + \hat{\varepsilon}_t, \quad \hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2), \quad \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2 = 0,0084$$



### I8.e Modelo de Regressão Linear com erros correlacionados

$$y_t = 0,1481 x_{t-1} + \hat{\eta}_t, \hat{\eta}_t = -0,5054 \hat{\eta}_{t-2} + \hat{\theta}_t - 0,7678 \hat{\theta}_{t-2}, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2), \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2 = 0,0332$$

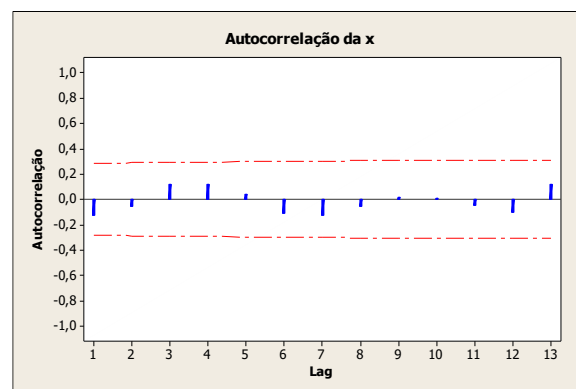


### I9. INA11A-TL1 e PZN11B-TL1

#### I9.a Pré-branqueamento de $x_t$

$$x_t = \text{PZN11B-TL1}$$

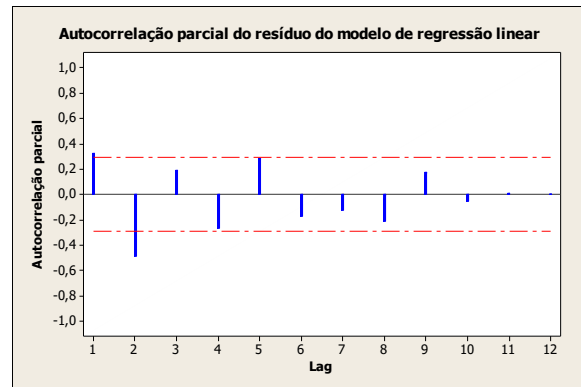
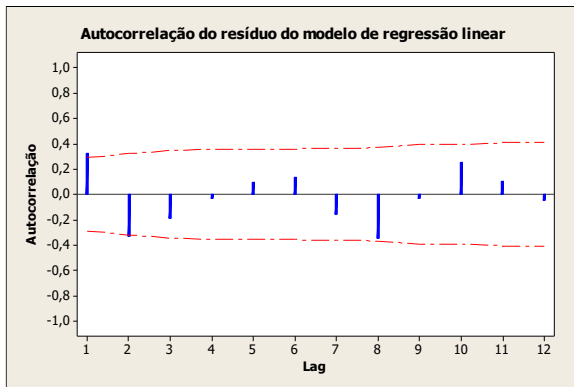
$$x_t = 0,6467 x_{t-1} + \hat{a}_{x_t}, \hat{a}_{x_t} \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2) \text{ independentes, } \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2 = 0,8652$$





### I9.d Modelo de Regressão Linear

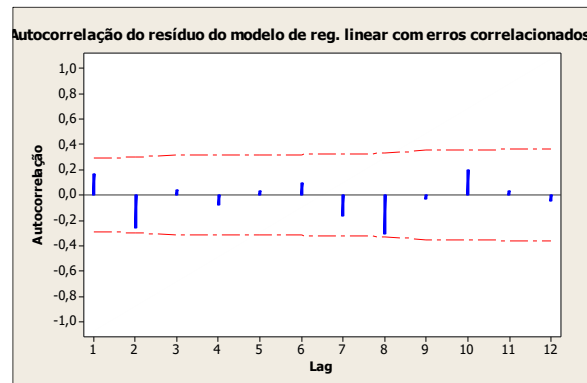
$$y_t = 0,6166 x_{t-1} - 0,4037 x_{t-3} - 0,3682 + \hat{\varepsilon}_t, \quad \hat{\varepsilon}_t \sim N(0, \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2), \quad \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2 = 0,7784$$



### I9.e Modelo de Regressão Linear com erros correlacionados

$$y_t = -0,2985 + 0,7445 x_{t-1} - 0,3472 x_{t-3} + \hat{\eta}_t,$$

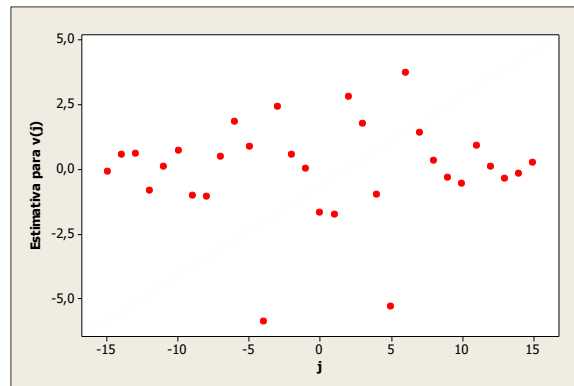
$$\hat{\eta}_t = 0,5699 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t + 0,9797 \hat{\theta}_{t-2}, \quad \theta_t \sim RB(0, \sigma_{\hat{\theta}}^2), \quad \sigma_{\hat{\theta}}^2 = 0,3309$$





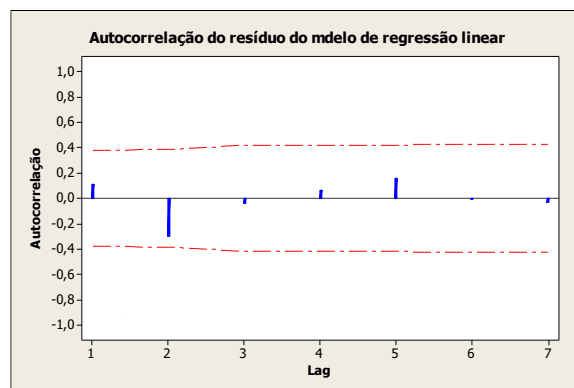


### I10.c Gráfico da função peso



### I10.d Modelo de Regressão Linear

$$y_t = -0,000189 + 0,00009 x_{t-4} + \hat{\varepsilon}_t, \quad \hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2), \quad \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 \cong 0$$

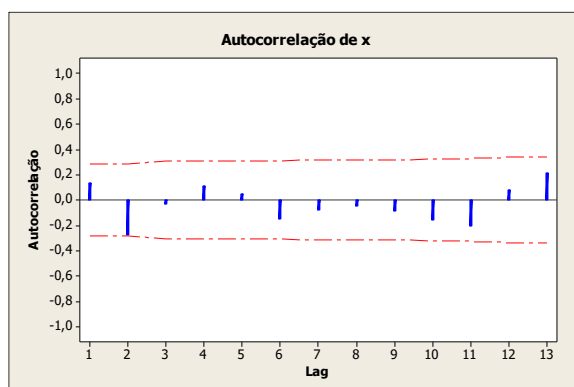


## I11. INA11C-TL2 e PZN11B-TL2

### I11a. Pré-branqueamento de $x_t$

$x_t = \text{INA11C-TL2}$

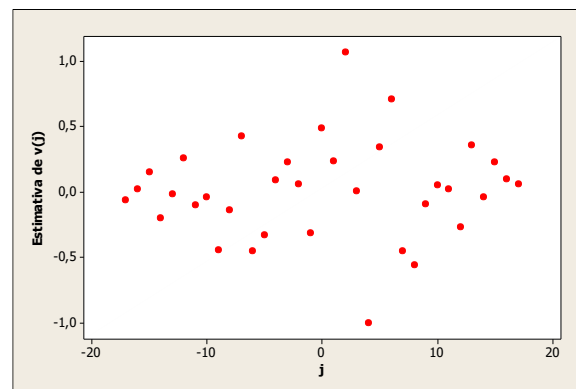
$x_t = 0,8390 x_{t-1} + \hat{a}_{x_t}$ ,  $\hat{a}_{x_t} \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2)$  independentes,  $\hat{\sigma}_{\hat{a}}^2 = 0,1962$



### I11.b Correlação Cruzada de $\hat{a}_{x_t}$ e $\hat{a}_{y_t}$ (n=51)

Lag	Corr. Cruz.	Erro Padrão	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
			□	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	□
-7	,205	,151					↔*****				
-6	-,220	,149					****↔				
-5	-,160	,147					***↔				
-4	,041	,146					↔*				
-3	,110	,144					↔**				
-2	,029	,143					↔*				
-1	-,153	,141					***↔				
0	,237	,140					↔*****				
1	,113	,141					↔**				
2	,516	,143					↔*****	*****			
3	,003	,144					*				
4	-,486	,146	****	*****	↔						
5	,164	,147					↔***				
6	,344	,149					↔*****	*			
7	-,219	,151					****↔				

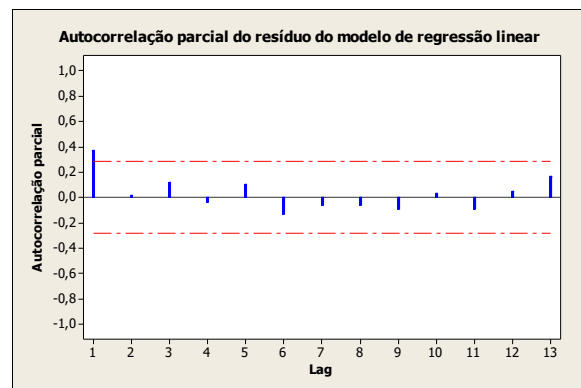
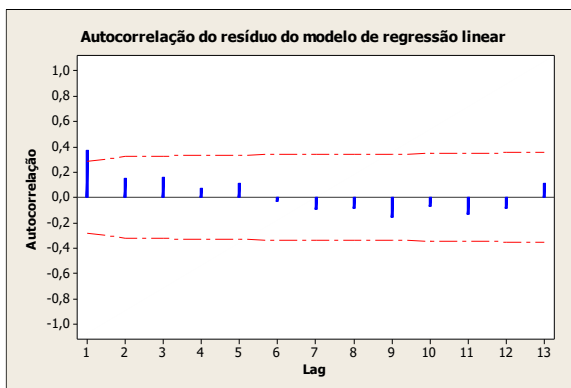
### I11.c Gráfico da função peso



### I11.d Modelo de Regressão Linear

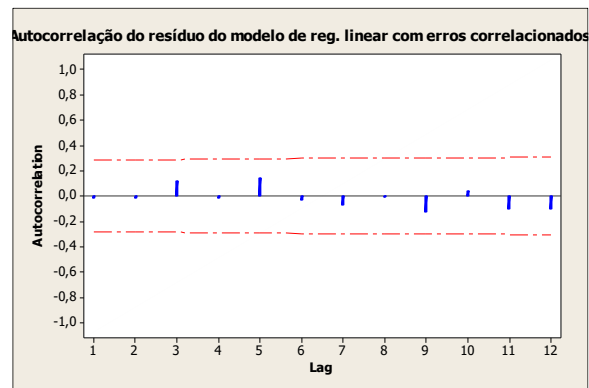
$$y_t = 0,1110 + 1,4021 x_{t-2} - 0,4216 x_{t-4} + 0,2250 x_{t-6} + \hat{\varepsilon}_t,$$

$$\hat{\varepsilon}_t \sim N(0, \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2), \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2 = 0,5780$$



### I11.e Modelo de Regressão Linear com erros correlacionados

$$y_t = 1,1266 x_{t-2} + \hat{\eta}_t, \hat{\eta}_t = 0,3801 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2), \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2 = 0,5142$$

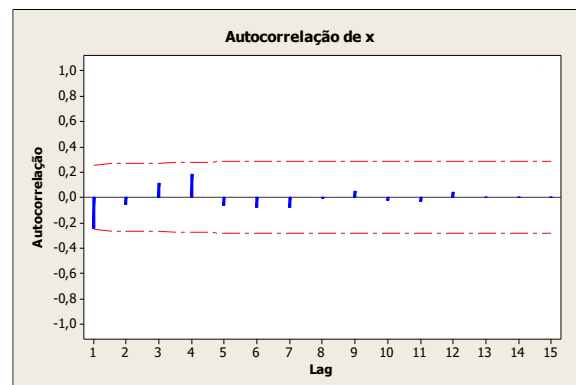


## I12. RS11B-TL2 e PZN11B-TL2

### I12.a Pré-branqueamento de $x_t$

$x_t = \text{PZN11B-TL2}$

$$x_t = 0,1372 + 0,6392 x_{t-1} + \hat{a}_{x_t}, \hat{a}_{x_t} \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2) \text{ independentes, } \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2 = 0,6832$$



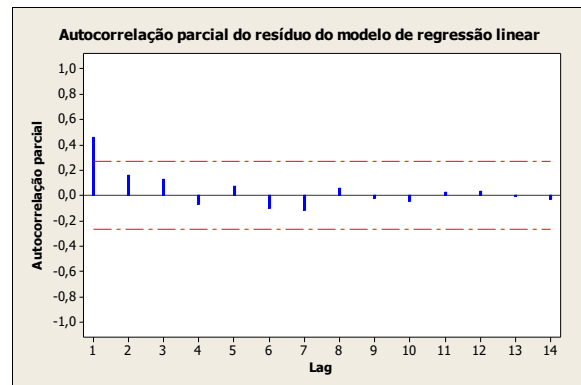
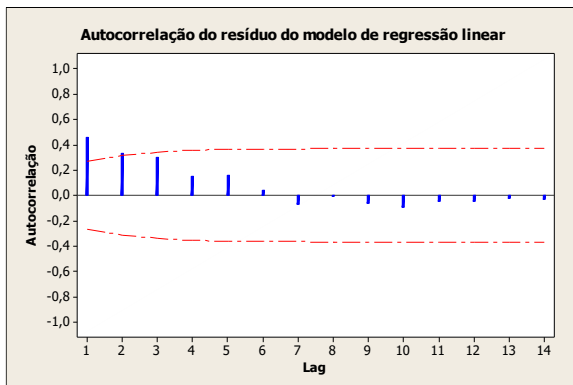
### I12.b Correlação Cruzada de $\hat{a}_{x_t}$ e $\hat{a}_{y_t}$ (n=60)



### I12.d Modelo de Regressão Linear

$$y_t = -0,000125 + 0,000268 x_{t-1} - 0,0000981 x_{t-3} + 0,0000986 x_{t-4} + \hat{\varepsilon}_t,$$

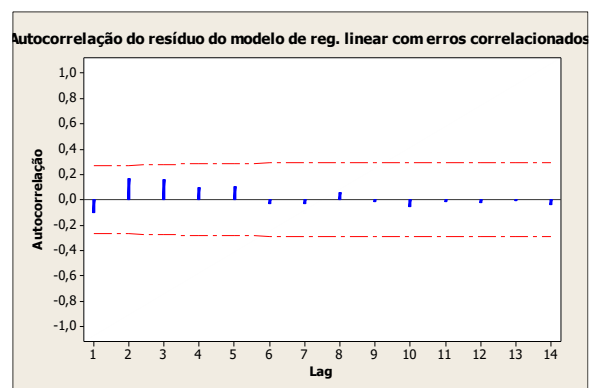
$$\hat{\varepsilon}_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2), \hat{\sigma}_\varepsilon^2 = 0,0000$$



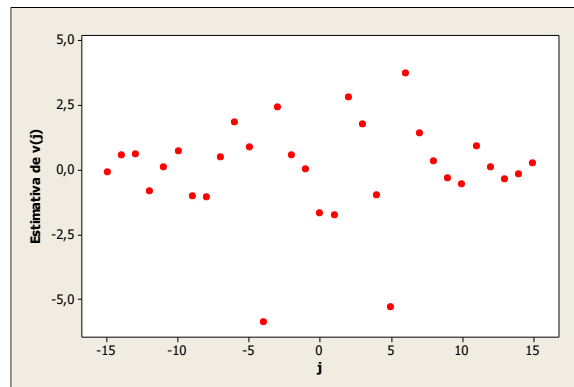
### I12.e Modelo de Regressão com erros correlacionados

$$y_t = -0,000132 + 0,00026 x_{t-1} - 0,000085 x_{t-3} + 0,000111 x_{t-4} + \eta_t, \quad \eta_t = 0,459475 \eta_{t-1} +$$

$$\theta_t, \theta_t \sim RB(0, \sigma_\theta^2), \hat{\sigma}_\theta^2 \cong 0,0000$$

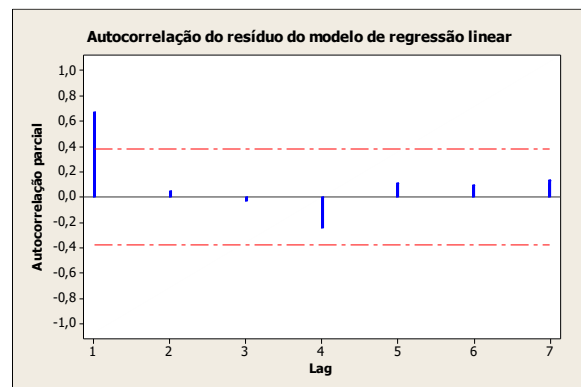
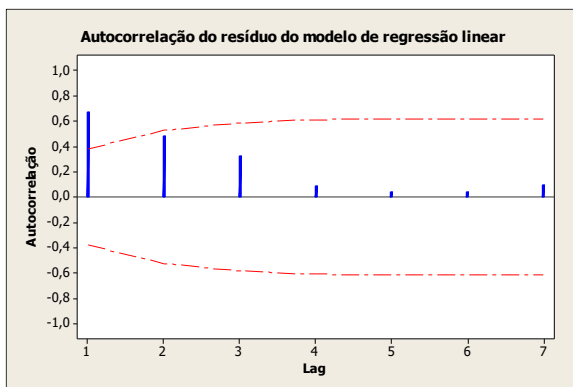






### I13.d Modelo de Regressão Linear

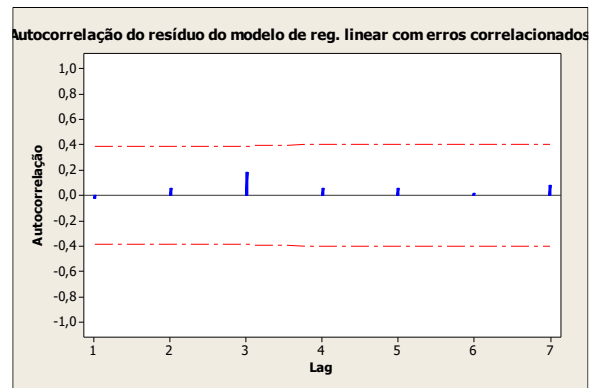
$$y_t = 0,3401 x_{t-4} + \hat{\varepsilon}_t, \hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2), \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2 = 0,0071$$





### I13.e Modelo de Regressão com erros correlacionados

$$y_t = 0,0582 x_{t-4} + \hat{\eta}_t, \quad \hat{\eta}_t = 0,6906 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \quad \hat{\theta}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2), \quad \hat{\sigma}_{\hat{\theta}}^2 = 0,0324$$

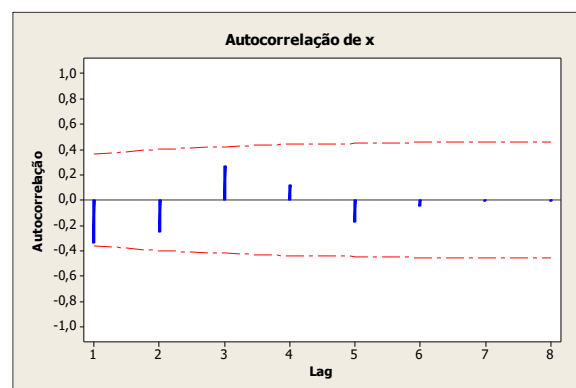


### I14. PZN11B-TL1 e RS11B-TL2

#### I14.a Pré-branqueamento de $x_t$

$x_t = \text{PZN11B-TL1}$

$$x_t = 0,6769 x_{t-1} + \hat{a}_{x_t}, \quad \hat{a}_{x_t} \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2) \text{ independentes, } \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2 = 1,2757$$

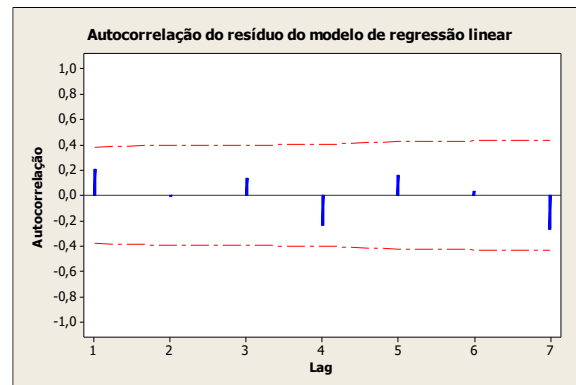




### I14.d Modelo de Regressão Linear

$$y_t = -0,0002 + 0,0003 x_{t-1} - 0,0001 x_{t-3} + 0,00008 x_{t-4} + \hat{\varepsilon}_t,$$

$$\hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2), \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 \cong 0$$

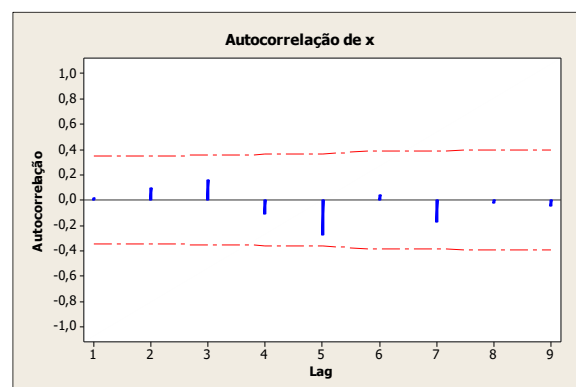


### I15. CordaF e RI11P4

#### I15.a Pré-branqueamento de $x_t$

$$x_t = \text{RI11P4}$$

$$x_t = 0,3837 x_{t-1} + 0,3356 x_{t-3} \hat{a}_{x_t}, \hat{a}_{x_t} \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2) \text{ independentes, } \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2 \cong 0$$

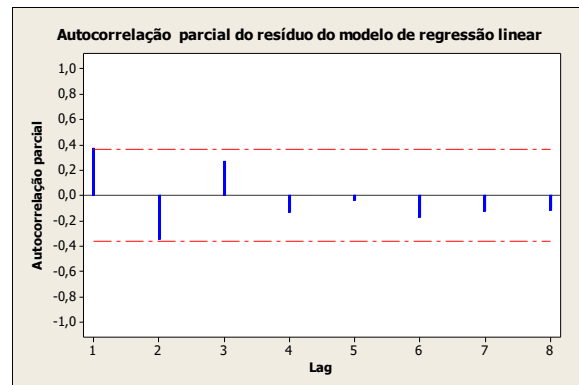
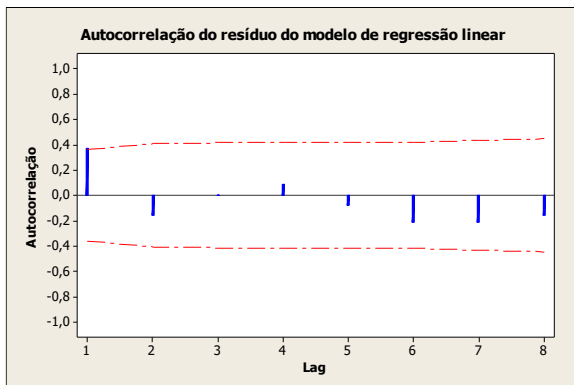




### I15.d Modelo de Regressão Linear

$$y_t = -0,1816 - 200,8882 x_{t-4} - 269,5652 x_{t-5} + 221,2857 x + \hat{\varepsilon}_t,$$

$$\hat{\varepsilon}_t \sim N(0, \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2), \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 = 0,0548$$



### I15e. Modelo de Regressão Linear com erros correlacionados

$$y_t = 253,4604 x + \hat{\eta}_{t-1}, \quad \hat{\eta}_t = 0,7302 \hat{\eta}_{t-1} + \hat{\theta}_t, \quad \hat{\theta}_t \sim RB(0, \hat{\sigma}_{\theta}^2), \quad \hat{\sigma}_{\theta}^2 = 0,0477$$

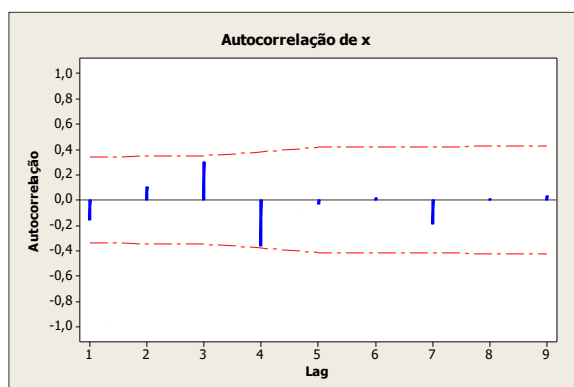


## I16. RS11B-cal e RI11P4

### I16.a Pré branqueamento de $x_t$

$$x_t = \text{RI11P4}$$

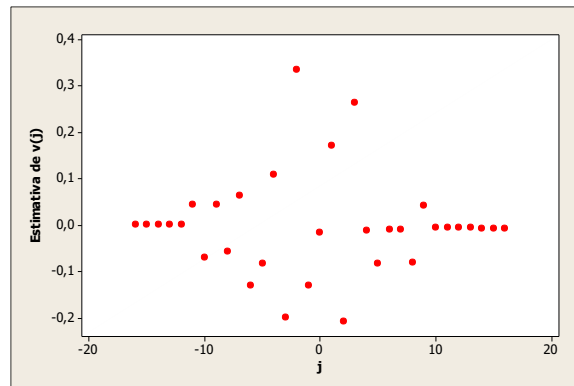
$$x_t = 0,5846 x_{t-1} + \hat{a}_{x_t}, \hat{a}_{x_t} \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2) \text{ independentes, } \hat{\sigma}_{\hat{a}}^2 \cong 0$$



### I16.b Correlação Cruz. de $\hat{a}_{x_t}$ e $\hat{a}_{y_t}$ (n=36)

Lag	Corr. Cruz.	Erro Padrão	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
			◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻
-7	,086	,186					↔**				
-6	-,179	,183					****↔				
-5	-,113	,180					**↔				
-4	,149	,177					↔***				
-3	-,272	,174					*****↔				
-2	,459	,171					↔*****	**			
-1	-,179	,169					****↔				
0	-,021	,167					*				
1	,235	,169					↔*****				
2	-,284	,171					*****↔				
3	,362	,174					↔*****				
4	-,017	,177					*				
5	-,113	,180					**↔				
6	-,013	,183					*				
7	-,013	,186					*				

### I16.c Gráfico da função peso



### I16.d Modelo de Regressão Linear

$$y_t = 0,2143 x_{t-3} + \hat{\varepsilon}_t, \quad \hat{\varepsilon}_t \sim \text{RB}(0, \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2), \quad \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^2 \cong 0$$

