

# MODELO DE PREVISÃO PARA O FLUXO DE DESEMBARQUE DE PASSAGEIROS NO TERMINAL RODOVIÁRIO DE BELÉM

Edson Marcos Leal Soares Ramos<sup>(\*)</sup>

Silvia dos Santos de Almeida<sup>(\*\*)</sup>

Dennison Célio de Oliveira Carvalho<sup>(\*\*\*)</sup>

## RESUMO

Apresenta um modelo de previsão para o *Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém*, para tanto se utilizou a técnica estatística de *Análise de Séries Temporais*. Três tipos de modelos são mostrados: de decomposição aditivo; de alisamento exponencial sazonal de *Holt-Winters* aditivo e multiplicativo, por terem apresentado os menores erros de previsão, dentre os diversos testados. O modelo de decomposição aditivo, mostrou um erro percentual médio de previsão de cerca de 16%, considera-se este erro muito alto. O modelo exponencial de *Holt Winters* aditivo, obteve um erro menor (1,27%). Porém, o modelo que apresentou o menor erro percentual médio de previsão, foi o exponencial de *Holt-Winters* multiplicativo, com um erro de previsão de 0,12%.

**Palavras-chave:** Fluxo de passageiros. Método Exponencial de Winter. Método de decomposição.

## A MODEL OF PREDICTION FOR THE FLOW OF LANDING PASSENGERS AT BELÉM'S BUS STATION

### ABSTRACT

The objective of this work is to present a forecasting model for *Flow Landing of Passengers in the Road Terminal of Belém*, for this a it was used the statistics technique of *Analise of Secular Series*. Three types of models are shown: the additive model of decomposition, additive and multiplicative of *Holt-Winters* seasonal exponential smoothing model, which must have presented the smallest forecast errors, amongst the diverse tested models. The additive decomposition model, presented an forecasating mean percentage error of 16%, considers this very high error. The additive *Holt-Winters* exponential model, got a smaller error (1,27%). However the model that presented the smallest forecasting mean percentage error, was multiplicative *Holt-Winters* Exponential, with an error of 0,12% forecasting.

**Keywords:** Flow of Passengers. Exponential Winter Model. Method of Decomposition.

(\*) Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: edson@ufpa.br

(\*\*) Doutora em Engenharia de Produção pela UFSC, Professora Adjunto da UFPA. E-mail: salmeida@ufpa.br

(\*\*\*) Mestrando em Matemática Aplicada e Estatística pela UFPA, concentração-estatística. E-mail: dennison.carvalho@gmail.com



## 1 INTRODUÇÃO

Em 1924, foi criada a União Internacional de Organizações Oficiais para a Propaganda Turística, cujo primeiro Congresso realizou-se na cidade de Haya, em 1925. Cinquenta anos mais tarde, ela deu origem a Organização Mundial de Turismo (OMT).

No Brasil, o marco inicial da atividade turística, nos moldes do século presente, aconteceu em 1922 motivado pelas festas do Centenário da Independência. Surgiram, assim, os primeiros hotéis no Rio de Janeiro e a criação da Sociedade Brasileira de Turismo, posteriormente chamada de *Touring Club do Brasil*. Pouco tempo depois, o desenvolvimento do turismo foi ampliado para o Estado de São Paulo pelos atrativos dos centros terminais e para o Rio Grande do Sul pela proximidade da fronteira com o Uruguai.

Hoje, as viagens turísticas ocupam lugar de destaque nas relações econômicas, sociais e políticas das sociedades. Podem manifestar-se de forma distinta quanto às motivações, aos meios de transportes, aos períodos de duração, aos meios de hospedagem, aos tamanhos dos grupos, as categorias da viagem etc. O turismo, sendo caracterizado por um tipo de serviço à disposição dos homens da sociedade industrial moderna, passou a integrar a vida de todas as nações e a contribuir de maneira significativa em todos os setores, tornando-se imprescindível para as atividades econômicas do século XX (LAGE; MILONE, 1996).

Para muitos especialistas, turismo são viagens para regiões que distam mais de 50 milhas dos locais de residência. Outros, ao conceituar turismo, exigem que os viajantes permaneçam mais de 24 horas nos locais visitados (REJOWSKI, 2000).

Algumas definições, mais tradicionais, incluem somente viagens de férias e de outras motivações como, por exemplo: estudos, eventos, esportes, saúde, religião, compras, visitas de amigos e parentes etc. Algumas incluem, outras não, as viagens de negócios como turismo. Mas, qualquer que seja o motivo da viagem, sob os aspectos econômicos, é importante ressaltar que o indivíduo ao viajar, para um país ou região não venha exercer, nessa localidade, uma ocupação renumerada.

O turismo pode ser considerado, de forma ampla, como:

- ✓ movimento temporário de pessoas para locais de destinos externos aos seus lugares de trabalho e moradia;
- ✓ atividades exercidas durante a permanência desses viajantes nos locais de destino.

As viagens turísticas são de suma importância para o desenvolvimento da economia de qualquer Estado. A instituição de transporte do Estado do Pará que apresenta o maior fluxo de passageiros é o terminal rodoviário. O conjunto de dados, objeto de estudo neste trabalho, é denominado de *Fluxo de Passageiros* o qual mostra de modo simplificado, o movimento de desembarque de passageiros no terminal rodoviário de Belém, no período de janeiro de 1999 a dezembro de 2003. Neste contexto, o objetivo é testar um modelo de previsão de séries temporais que melhor se ajuste aos dados da série em estudo e, principalmente, que apresente os menores Erros Percentuais Médios de Previsão (EPM).

## 2 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE SÉRIES TEMPORAIS

Uma *série temporal* é um conjunto de informações feitas seqüencialmente ao longo do tempo. A característica mais importante, deste tipo de dados, é que as observações vizinhas são dependentes e fica-se interessado em analisar e modelar esta dependência. Enquanto em modelos de regressão, por exemplo, a ordem das observações é irrelevante para a análise de séries temporais a ordem dos dados é crucial. Referindo-se ao parâmetro  $t$  como sendo o tempo, a série  $Z(t)$  poderá ser função de algum outro parâmetro físico, como espaço ou volume. Morettin e Tolo (2004) afirmam que, uma série temporal, pode

ser um vetor  $Z(t)$ , de ordem  $r \times 1$  onde, por sua vez,  $t$  é um vetor  $p \times 1$ . Por exemplo:

$$Z(t) = Z_1(t), Z_2(t), Z_3(t) \quad (2.1)$$

Onde três componentes denotam, respectivamente, a altura, a temperatura e a pressão de um ponto do oceano e  $t = (\text{tempo}, \text{latitude}, \text{longitude})$ . Diz-se que a série é multivariada ( $r = 3$ ) e multidimensional ( $p = 3$ ). De um modo geral, pode-se considerar que uma série temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo.

### 2.1 OBJETIVOS DA ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS

Segundo Morettin e Tolo (2004), obtida uma série temporal  $Z(t_1), \dots, Z(t_n)$ , observada nos instantes  $t_1, \dots, t_n$ , podemos estar interessados em:

- ✓ Investigar o mecanismo gerador da série temporal;
- ✓ Fazer previsões de valores futuros da série; estas podem ser a curto prazo, como por exemplo, para séries de vendas, produção ou estoque, ou a longo prazo, como por exemplo, para séries populacionais, de produtividade etc;

- ✓ Descrever apenas o comportamento da série; neste caso, a construção do gráfico, a verificação da existência de tendências, ciclos e variações sazonais, a construção de histogramas e diagramas de dispersão etc. podem ser ferramentas úteis;
- ✓ Procurar periodicidades relevantes nos dados; neste caso, a análise espectral mencionada anteriormente, pode ser de grande utilidade.

Neste trabalho, o maior objetivo é testar um modelo de Séries Temporais para fazer previsões a curto prazo.

### 2.2 ALGUNS MODELOS PARA SÉRIES TEMPORAIS

Morettin e Tolo (2004) afirmam que os modelos utilizados para descrever séries temporais são processos estocásticos, isto é, processos cuja evolução no tempo é gerada e controlada por leis probabilísticas. Todas as

fórmulas que serão mostradas a partir daqui, foram retiradas do trabalho desses autores.

Seja  $T$  um conjunto arbitrário. Um processo estocástico é uma família  $Z = \{X(t), t \in T\}$ , tal que, para cada  $t \in T$ ;  $Z(t)$  é uma variável aleatória.

Sendo uma possibilidade de escrever uma série temporal observada na forma

$$Z_t = f(t) + a_t, \quad t = 1, \dots, N, \quad (2.2)$$

### 2.2.1 Método da Decomposição

Para Morettin e Tolo (2004), dada uma série temporal  $Z_t$ ,  $t = 1, \dots, N$ , um modelo de decomposição consiste em escrever  $Z_t$  como uma soma de três componentes não-observáveis,

$$Z_t = T_t + S_t + a_t, \quad (2.3)$$

Onde  $S_t$  corresponde á componente sazonal para o período  $t$ ;  $T_t$  é a componente de tendência no período  $t$ ;  $a_t$  é a componente aleatória, de média zero e variância constante  $\sigma_a^2$ .

Sendo que:

$$T_t = \sum_{j=0}^m \beta_j t^j, \quad (2.4)$$

Onde  $j$  é o grau do polinômio e

$$S_t = \sum_{j=0}^{12} \alpha_j D_{jt}, \quad (2.5)$$

Onde  $f(t)$  é chamado sinal e  $a_t$  o ruído (MORETTIN; TOLOI, 2004).

Sendo que  $\alpha_j$  são as constantes sazonais (médias mensais) e  $D_{jt}$  são variáveis periódicas, neste caso dados por:

$$D_{jt} = \begin{cases} 1, & \text{se o período } t \text{ corresponde ao mês } j, \quad j = 1, \dots, 12; \\ -1, & \text{se o período } t \text{ corresponde ao mês } 12; \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (2.6)$$

Assim, o modelo de decomposição aditivo pode ser escrito da seguinte forma:

$$Z_t = \sum_{j=0}^m \beta_j t^j + \sum_{j=1}^{12} \alpha_j D_{jt} + a_t. \quad (2.7)$$

O objetivo desses procedimentos de decomposição da série, consiste em remover cada uma das componentes, permitindo que o comportamento da série temporal seja melhor compreendido e, conseqüentemente, prognosticar valores futuros mais apropriados (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGTH, 1985).

### 2.2.2 Alisamento Exponencial Sazonal de Holt-Winters (HW)

Para Morettin e Tolo (2004) existem dois tipos de procedimentos cuja utilização depende das características da série considerada e são baseados

em três equações com constantes de suavização diferentes, associadas a cada uma das componentes do padrão da série: nível, tendência e sazonalidade.

#### 2.2.2.1 Série Sazonal Multiplicativa

Dada uma série temporal qualquer com período  $s$ , o método de HW considera o fator sazonal como sendo multiplicativo e as outras componentes do modelo permanecem aditiva, isto é,

$$Z_t = \mu_t F_t + T_t + a_t, \quad t = 1, \dots, N. \quad (2.8)$$

As três equações de suavização são dadas por:

$$\hat{F}_t = D \left( \frac{Z_t}{\hat{Z}_t} \right) + (1 - D) \hat{F}_{t-s}, \quad 0 < D < 1, \quad t = s + 1, \dots, N, \quad (2.9)$$

$$\bar{Z}_t = A \left( \frac{Z_t}{\hat{F}_{t-s}} \right) + (1-A)(\hat{Z}_{t-1} + \hat{T}_{t-1}), 0 < A < 1, t = s+1, \dots, N, \quad (2.10)$$

$$\hat{T}_t = C(\bar{Z}_t - \bar{Z}_{t-1}) + (1-C)\hat{T}_{t-1}, 0 < C < 1, t = s+1, \dots, N. \quad (2.11)$$

Estas equações representam estimativas do fator sazonal, do nível e da tendência,

### 2.2.2.2 Série Sazonal Aditiva

O procedimento anterior pode ser modificado para tratar com situações onde o fator sazonal é aditivo:

$$Z_t = \mu_t + T_t + F_t + a_t, \quad (2.12)$$

As estimativas do fator sazonal, nível e tendência da série aditiva (2.12) são dadas por:

respectivamente;  $A, C$  e  $D$  são as constantes de suavização. Segundo Morettin e Toloi (2004), a determinação destas constantes é realizada de modo a tornar mínima a soma dos quadrados dos erros de ajustamento. Neste trabalho, estas constantes deverão ser escolhidas de modo a minimizar os Erros Percentuais Médios de previsão (EPM).

$$\hat{F}_t = D(Z_t - \bar{Z}_t) + (1-D)\hat{F}_{t-s}, 0 < D < 1, \quad (2.13)$$

$$\bar{Z}_t = A(Z_t - \hat{F}_{t-s}) + (1-A)(\bar{Z}_{t-1} + \hat{T}_{t-1}), 0 < A < 1, \quad (2.14)$$

$$\hat{T}_t = C(\bar{Z}_t - \bar{Z}_{t-1}) + (1-C)\hat{T}_{t-1}, 0 < C < 1. \quad (2.15)$$

Onde  $A, C$  e  $D$  são as constantes de suavização, respectivamente.

## 2.2.3 Previsões do Modelo de Holt-Winters (HW)

### 2.2.3.1 Modelo Multiplicativo

$$\hat{Z}_t(h) = (\bar{Z}_t + h\hat{T}_t)\hat{F}_{t+h-s}, h = 1, 2, \dots, s, \quad (2.16)$$

$$\hat{Z}_t(h) = (\bar{Z}_t + h\hat{T}_t)\hat{F}_{t+h-2s}, h = s+1, \dots, 2s. \quad (2.17)$$

Para fazer novas previsões quando se tem uma nova observação  $Z_{t+1}$ , utilizam-se as seguintes equações:

$$\hat{F}_{t+1} = D \left( \frac{Z_{t+1}}{\bar{Z}_{t+1}} \right) + (1-D)\hat{F}_{t+1-s}, \quad (2.18)$$

$$\bar{Z}_{t+1} = A \left( \frac{Z_{t+1}}{\hat{F}_{t+1-s}} \right) + (1-A)(\hat{Z}_t + \hat{T}_t), \quad (2.19)$$

$$\hat{T}_{t+1} = C(\bar{Z}_{t+1} - \bar{Z}_t) + (1-C)\hat{T}_t. \quad (2.20)$$

E a nova previsão para a observação  $Z_{t+h}$  será:

$$\hat{Z}_{t+1}(h-1) = (\bar{Z}_{t+1} + (h-1)\hat{T}_{t+1})\hat{F}_{t+1+h-s}, h = 1, 2, \dots, s+1, \quad (2.21)$$

$$\hat{Z}_{t+1}(h-1) = (\bar{Z}_{t+1} + (h-1)\hat{T}_{t+1})\hat{F}_{t+1+h-2s}, h = s+2, \dots, 2s+1, \quad (2.22)$$

Os valores iniciais das equações de recorrência são calculados por meio das seguintes fórmulas:

$$\hat{F}_j = \frac{Z_j}{\left( \frac{1}{s} \right) \sum_{k=1}^s Z_k}, j = 1, 2, \dots, s, \quad (2.23)$$

$$\bar{Z}_s = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s Z_k; \hat{T}_s = 0. \quad (2.24)$$

### 2.2.3.2 Modelo Aditivo

$$\hat{Z}_t(h) = \bar{Z}_t + h\hat{T}_t + \hat{F}_{t+h-s}, h = 1, 2, \dots, s, \quad (2.25)$$

$$\hat{Z}_t(h) = \bar{Z}_t + h\hat{T}_t + \hat{F}_{t+h-2s}, h = s + 1, \dots, 2s. \quad (2.26)$$

Para fazer novas previsões quando se tem uma nova observação  $Z_{t+1}$ , utilizam-se as seguintes equações:

$$\hat{F}_{t+1} = D(Z_{t+1} - \bar{Z}_{t-1}) + (1 - D)\hat{F}_{t+1-s}, \quad (2.27)$$

$$\bar{Z}_{t+1} = A(Z_{t+1} - \hat{F}_{t+1-s}) + (1 - A)(\bar{Z}_t + \hat{T}_t), \quad (2.28)$$

$$\hat{T}_{t+1} = C(\bar{Z}_{t+1} - \bar{Z}_t) + (1 - C)\hat{T}_t. \quad (2.29)$$

E a nova previsão para a observação  $Z_{t+h}$  será:

$$\hat{Z}_{t+1}(h-1) = (\bar{Z}_{t+1} + (h-1)\hat{T}_{t+1})\hat{F}_{t+1+h-s}, h = 1, 2, \dots, s+1, \quad (2.30)$$

$$\hat{Z}_{t+1}(h-1) = (\bar{Z}_{t+1} + (h-1)\hat{T}_{t+1})\hat{F}_{t+1+h-2s}, h = s+2, \dots, 2s+1, \quad (2.31)$$

## 3 APLICAÇÃO

As informações a respeito da série temporal estudada neste trabalho foram obtidas diretamente na Companhia Paraense de Turismo (PARATUR). Os dados contidos nesta série dizem respeito ao número de passageiros que desembarcaram no Terminal Rodoviário de Belém, no período de janeiro de 1999 a dezembro de

2003. O gráfico 1 mostra o comportamento da série Fluxo de Passageiros, no período de janeiro de 1999 a dezembro de 2003, onde se observa uma periodicidade de 12 meses. Pode-se verificar, ainda, que a série tem uma breve tendência negativa e sazonalidade. Os dados estão distribuídos em milhares de pessoas, mensalmente.

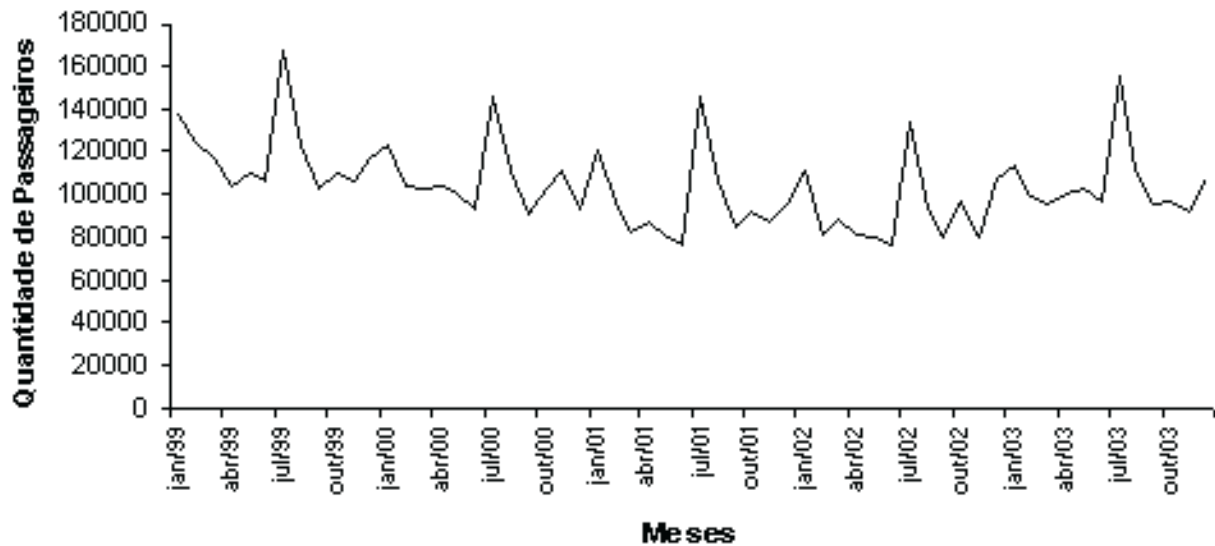


Gráfico 1 - Fluxo de desembarque de passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).  
Fonte: PARATUR, 2005.

### 3.1 ANÁLISE DESCRITIVA

A Tabela 1 mostra as estatísticas dos dados permitindo, assim, uma visão geral do comportamento descritivo da série em estudo. No período estudado, pode-se observar que a média

de desembarque de passageiros no Terminal Rodoviário de Belém é de aproximadamente 103.063. O maior fluxo de passageiros registrado foi de 167.263 e o menor 75.950 passageiros.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas da Série Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).

Estatísticas	Valores
Média	103.062,981
Mínimo	75.950
Máximo	167.263

Fonte: elaborada a partir dos dados da PARATUR.

A Tabela 2 mostra o fluxo médio anual de passageiros no Terminal Rodoviário de Belém, no período de janeiro de 1999 a junho de 2003, onde

o maior fluxo foi no ano de 1999, com 118.453 passageiros em média.

Tabela 2 - Fluxo médio anual da Série Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).

Ano	Média
1999	118.453,08
2000	106.769,83
2001	96.002,17
2002	91.979,33
2003	105.466,92

Fonte: elaborada a partir de dados da PARATUR.

O Gráfico 2 mostra o fluxo médio de desembarque de passageiros no Terminal Rodoviário de Belém, no período 1999 a 2003.

Observa-se que nos anos de 2000, 2001 e 2002, houve uma queda no fluxo e somente no ano de 2003 é que voltou a aumentar.



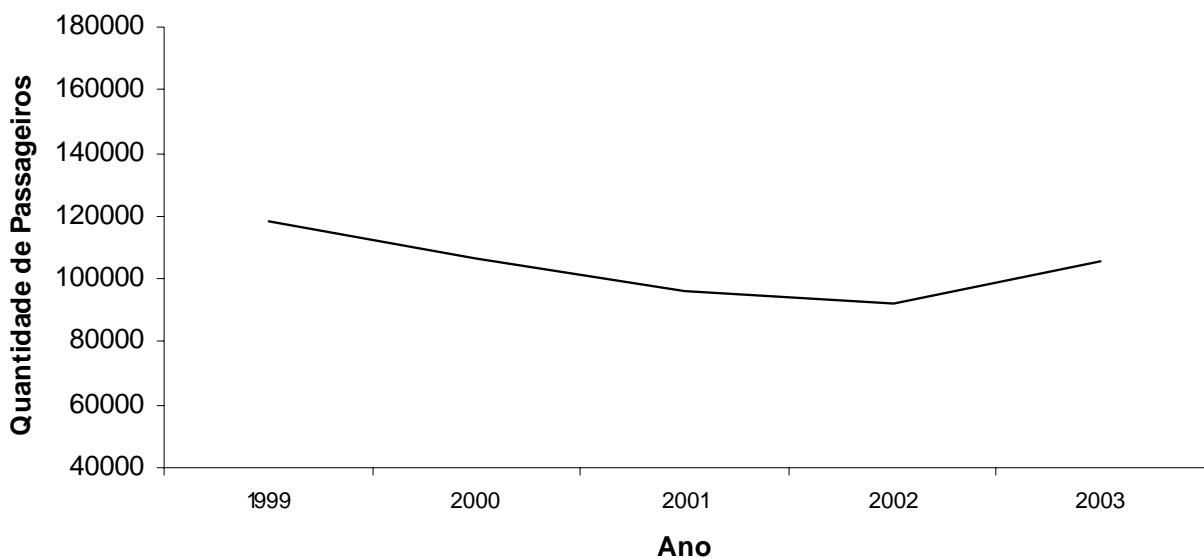


Gráfico 2 - Fluxo médio anual da série fluxo de desembarque de passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).

Fonte: elaborada a partir de dados da PARATUR.

## 3.2 MODELOS E PREVISÃO

Nesta seção será apresentada a modelagem da série fluxo de passageiros no Terminal Rodoviário de Belém. Existem vários tipos de modelos de previsão de séries temporais, tais como: modelos de suavização exponencial, de decomposição, auto-regressivos e de médias móveis (ARMA), auto-regressivos integrados de médias móveis (ARIMA) dentre outros. Neste trabalho serão apresentados, apenas, os modelos de decomposição e de *Holt-*

*Winters*. Com o modelo de decomposição poder-se-á verificar o comportamento da série sem suas componentes, já os modelos de HW, serão utilizados com o objetivo de fazer previsões, pois estes são adequados para séries que apresentam características como tendência e sazonalidade. Além da facilidade no entendimento, aplicação e, principalmente, por apresentarem boas previsões veja Morettin e Tolo (2004).

### 3.2.1 Modelo de Decomposição

O objetivo principal de decompor a série é observar o comportamento sem as componentes tendência e sazonalidade. Como foi visto, anteriormente, a série em estudo apresenta sazonalidade e uma breve tendência. Na decomposição, a série será modelada sem estas componentes, com o intuito de se observar o comportamento da mesma sem estes fatores.

O Gráfico 3 apresenta o comportamento da série após a aplicação do método de decomposição. No primeiro gráfico à esquerda, mostram-se os dados originais da série. No segundo (dados sem tendência), pode-se observar que a série passou a ser estacionária sem a componente tendência. No terceiro gráfico (dados sazonais ajustados), a série apresenta um

comportamento bem diferente dos dados originais, com a tendência bem mais aparente. No último gráfico, observa-se que a série

apresenta um comportamento bastante irregular sem a componente tendência e com a sazonalidade ajustada.

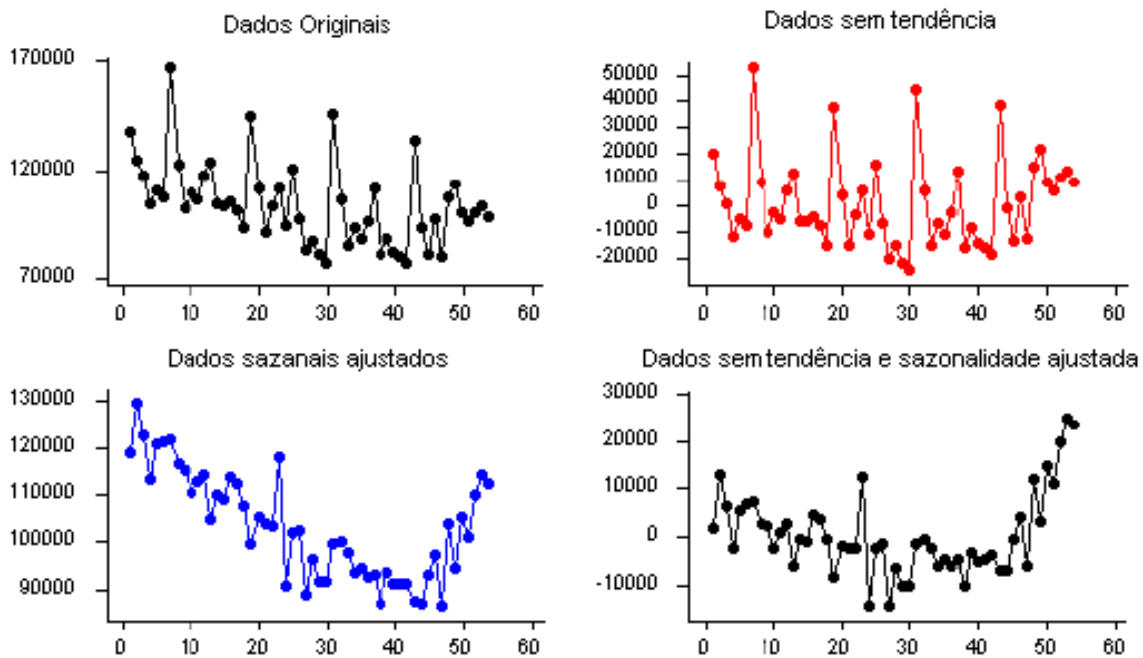


Gráfico 3 - Gráficos da Decomposição da Série Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).

O Gráfico 4 apresenta o comportamento da série com base no modelo estimado de decomposição (com uma variação em torno da linha de tendência da série) e dos valores de

tendência da série, onde se verifica que os dados do modelo de decomposição não ficaram bem ajustados à série original.

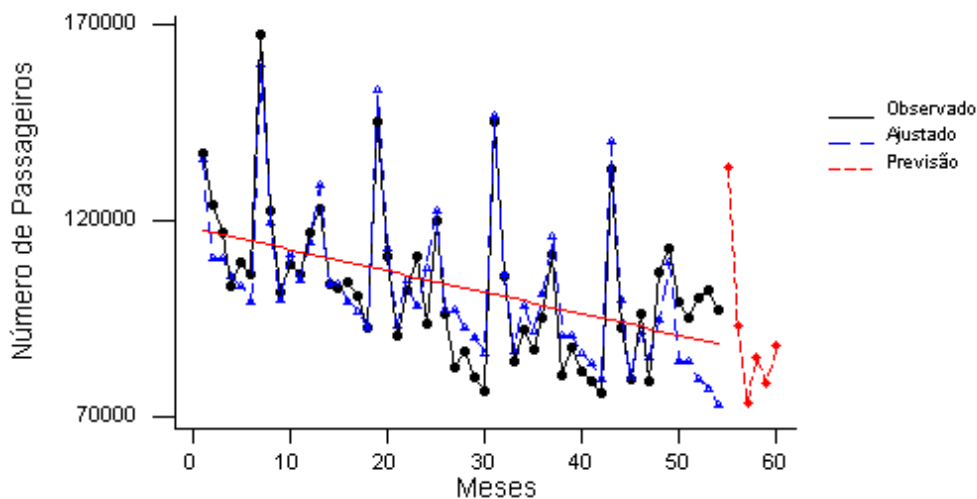


Gráfico 4 - Gráfico da Série Ajustada por Decomposição e a Linha de Tendência (Modelo Aditivo) da Série Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).

A Tabela 3 mostra os valores de previsão da série Fluxo de Passageiros, a partir do modelo de decomposição aditivo para seis meses. Observa-se que o erro da previsão (*EPM*) é grande (16,33%), conseqüentemente, este modelo não será usado.

A partir da Equação 2.3 encontra-se:

$$Z_t = 118076 - 545,919t + \sum_{j=1}^{12} \alpha_j + D_{jt} + erro, \quad (3.1)$$

sendo que  $\alpha_j$  são as constantes sazonais (médias mensais), conforme a Tabela 4 e  $D_{jt}$  são variáveis periódicas, dados pela Equação 2.6 de onde encontram-se os valores de previsão para os meses de julho de 2003 a dezembro de 2003 conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Valores observados e esperados do Modelo de Decomposição da Série Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).

Período (t)	Mês/2003	Observados	Previsão	Diferença %
55	jul.	155885	133431	14,4
56	ago.	111812	93147	16,69
57	set.	95413	73525	22,94
58	out.	96758	85037	12,11
59	nov.	91596	78753	14,02
60	dez.	107191	88080	17,83
EPM	-	-	-	16,33

Fonte: dados da pesquisa.

A Tabela 4 apresenta os valores dos índices de sazonalidade da série Fluxo de Passageiros, onde se pode observar que o maior índice

encontra-se no 7º período, ou seja, no mês de julho, existe um aumento no fluxo de passageiros do Terminal Rodoviário de Belém.

Tabela 4 - Modelo de Decomposição - Índices de Sazonalidade.

Período/mês	Índices ( $\alpha_j$ )
1 - jan.	17.997,1
2 - fev.	-6.412,2
3 - mar.	-6.217,6
4 - abr.	-9.972,7
5 - maio	-11.865,3
6 - jun.	-15.389,7
7 - jul.	45.380,8
8 - ago.	56.42,8
9 - set.	-13.433,2
10 - out.	-13.75,9
11 - nov.	-7.113,1
12 - dez.	2.758,9

Fonte: dados da pesquisa.

### 3.2.2 Alisamento Exponencial de Holt-Winters (Modelo Aditivo)

Como o método de alisamento exponencial é considerado um procedimento automático de previsão, não se faz necessária a aplicação de nenhuma estratégia de modelagem, a menos que se deseje verificar a existência de tendências ou sazonalidades. Sendo característica do modelo, a grande dificuldade em se determinar os valores apropriados das constantes de alisamento.

No modelo aditivo, considera-se o fator sazonal aditivo, onde: alfa, gama e delta são as constantes de alisamento. O Gráfico 5 mostra a modelagem da série Fluxo de Passageiros a partir

da suavização exponencial sazonal de *Holt-Winters* (HW). Antes do modelo do gráfico 5, foram testados outros modelos exponenciais sazonais, como o alisamento simples e duplo. Além dos modelos "HW" com diferentes constantes de alisamento. Mostram-se aqui, somente os modelos que apresentaram os melhores resultados.

Observa-se, a partir do Gráfico 5, que o método de HW ajustou-se bem aos dados da série em estudo. Antes do modelo de HW aditivo, foram testados os alisamentos simples e duplo, porém os erros das estimativas apresentaram-se altos.

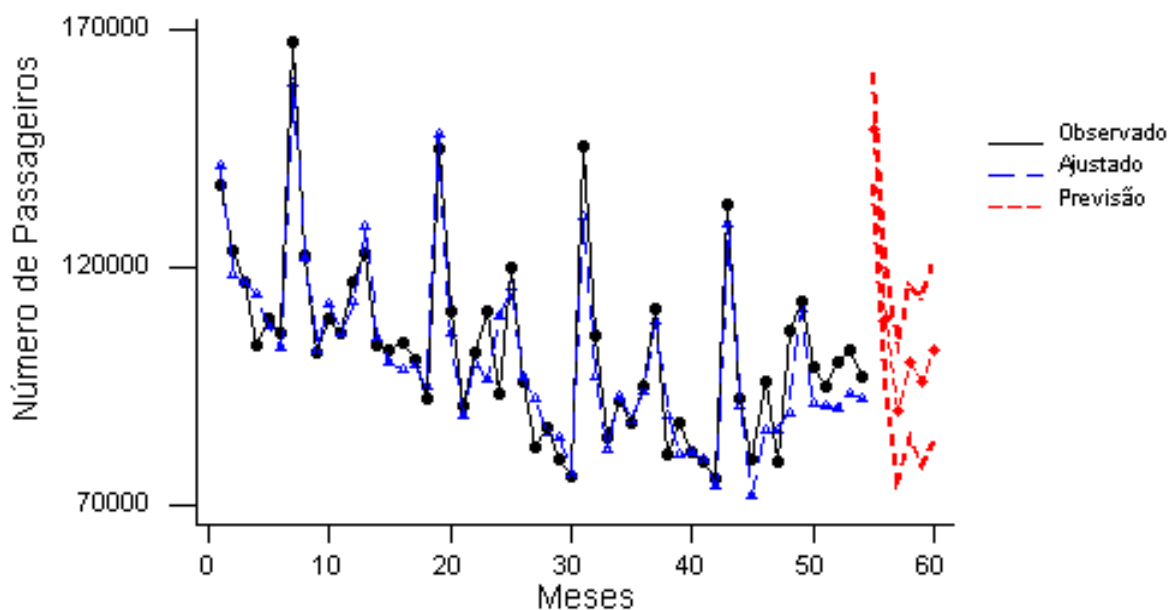


Gráfico 5 - Modelo Exponencial de Winter Aditivo da Série Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se na Tabela 5, os valores das constantes de alisamento do modelo de *HW* aditivo. Foram testadas várias constantes até

chegar a estes valores que se apresentaram com os menores Erros Percentuais Médios de Previsão (EPM).

Tabela 5 - Constantes de Alisamento do Modelo de Winters Aditivo da Série Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).

A (nível):	0,46265
C (tendência):	0,00735
D (sazonal):	0,002

Fonte: dados da pesquisa.

O modelo de Holt Winters Aditivo é dado pela Equação 2.12. Sendo que as estimativas destes fatores são dadas por:

$$\hat{F}_t = 0,002 \left( \frac{Z_t}{Z_t} \right) + (0,998) \hat{F}_{t-s}, t = s + 1, \dots, N; \quad (3.2)$$

$$Z_t = 0,46265 \left( \frac{Z_t}{\hat{F}_{t-s}} \right) + (0,53735) (\hat{Z}_{t-1} + \hat{T}_{t-1}), t = s + 1, \dots, N; \quad (3.3)$$

$$\hat{T}_t = 0,00735 (\bar{Z}_t - \bar{Z}_{t-1}) + (0,99265) \hat{T}_{t-1}, t = s + 1, \dots, N; \quad (3.4)$$

Verificam-se por meio da Tabela 6 os valores das previsões obtidos a partir da Equação 2.12 para a série Fluxo de Passageiros. Observe que, este modelo apresenta melhores previsões que aquelas obtidas pela Equação 2.3. O erro percentual médio das previsões (EPM) foi (1,27 %), ou seja, menor que o do modelo 2.3. Isto implica que, utilizando-se o valor máximo da série (167.263) e tirando este percentual (1,27 %), tem-se um erro de 2.124 pessoas para mais ou para menos. Considerando que este erro, ainda, seja muito grande, mostra-se a seguir o mesmo método de "HW", porém, para o modelo multiplicativo.

Tabela 6 - Previsão da Série Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003) a partir do Modelo de Holt-Winters Aditivo.

Período (t)	Mês/2003	Observados	Previsão	L.Inferior	L.Superior	Diferença
55	jul.	155885	149185	137559	160811	4,298
56	ago.	111812	109173	96216	122129	2,3602
57	set.	95413	90058	75630	104485	5,6124
58	out.	96758	100380	84380	116381	-3,7434
59	nov.	91596	96097	78449	113744	-4,914
60	dez.	107191	102888	83538	122238	4,0143
EPM	-	-	-	-	-	1,27 %

Fonte: dados da pesquisa.

### 3.2.3 Alisamento Exponencial de Holt-Winters (Modelo Multiplicativo)

O modelo multiplicativo de "HW" considera o fator sazonal como sendo multiplicativo, enquanto que a tendência permanece aditiva. O Gráfico 6 apresenta o comportamento da série em função do modelo exponencial de "HW"

multiplicativo, com os valores observados, ajustados e estimados. As constantes de alisamento utilizadas neste modelo são as mesmas do modelo aditivo, sendo que, os erros percentuais médios das previsões foram bem menores.

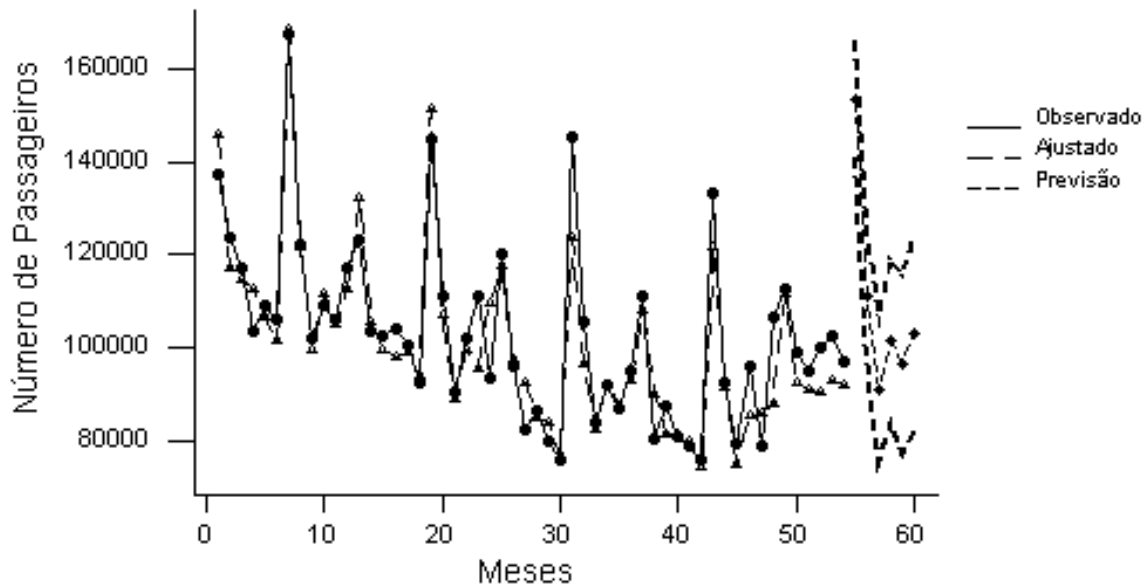


Gráfico 6 - Modelo Exponencial de *Holt-Winter* Multiplicativo da Série Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).

Fonte: dados da pesquisa.

O modelo de Holt-Winters Multiplicativo é apresentado pela Equação 2.8. Sendo que as estimativas destes fatores são dadas por:

$$\hat{F}_t = 0,002 \left( \frac{Z_t}{Z_t} \right) + (0,998) \hat{F}_{t-s}, t = s + 1, \dots, N; \quad (3.5)$$

$$Z_t = 0,46265 \left( \frac{Z_t}{\hat{F}_{t-s}} \right) + (0,53735) (\hat{Z}_{t-1} + \hat{T}_{t-1}), t = s + 1, \dots, N; \quad (3.6)$$

$$\hat{T}_t = 0,00735 (\bar{Z}_t - \bar{Z}_{t-1}) + (0,99265) \hat{T}_{t-1}, t = s + 1, \dots, N; \quad (3.7)$$

A Tabela 7 mostra os mesmos valores das constantes de alisamento do modelo de HW aditivo. Sendo que no modelo multiplicativo, estas constantes forneceram melhores resultados de previsão para a série.

Tabela 7 - Constantes de Alisamento do Modelo de Winters Multiplicativo.

A (nível):	0,46265
C (tendência):	0,00735
D (sazonal):	0,002

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se na Tabela 8, os valores previstos a partir da Equação 2.8 da série Fluxo de Passageiros, obtidos a partir do método de alisamento exponencial de HW multiplicativo. Utilizando-se as mesmas constantes de alisamento do modelo aditivo de HW obtêm-se melhores previsões para a série estudada e com um erro

percentual médio das previsões (0,12 %) menor que dos modelos anteriores. Isto é, 0,12 % de 167.263, que é o valor máximo da série, aproximadamente 200, ou seja, um erro de previsão de  $\pm 200$  passageiros desembarcados no Terminal Rodoviário de Belém. Este foi o menor erro de previsão de todos os modelos testados neste trabalho.

Tabela 8 - Previsão da Série Fluxo de Passageiros a partir do Modelo de Holt-Winters Multiplicativo.

Período (t)	Mês/2003	Observados	Previsão	L.Inferior	L.Superior	Diferença
55	jul.	155.885	153.354	140.725	165.982	1,6236
56	ago.	111.812	111.336	97.262	125.410	0,4257
57	set.	95.413	91.346	75.674	107.018	4,2625
58	out.	96.758	101.586	84.206	118.966	-4,9898
59	nov.	91.596	96.775	77.606	115.944	-5,6542
60	dez.	107.191	103.351	82.333	124.370	3,5824
EPM	-	-	-	-	-	0,12 %

Fonte: dados da pesquisa.

#### 4 COMPARAÇÃO E ESCOLHA DO MÉTODO DE PREVISÃO

A comparação e escolha do melhor método de previsão, discutidos nesta seção, são feitas a partir das medidas de acurácia, denominadas de erro percentual absoluto médio (MAPE), desvio padrão médio (MSD), desvio absoluto médio (MAD) e, também, a partir do erro percentual médio de previsão (EPM).

Pode-se observar na Tabela 9 os valores das medidas de acurácia dos modelos. Baseando-se no MAPE, pode-se perceber um "empate" entre os modelos de HW aditivo e HW multiplicativo, com um MAPE de 5%. Por este motivo, optou-se pela escolha do melhor modelo a partir dos valores do Erro Percentual Médio de Previsão.

Tabela 9 - Medidas de Acurácia dos Modelos.

Medidas	Decomposição Aditivo	Winter Aditivo	Winter Multiplicativo
MAPE	6	5	5
MAD	6393	4745	5154
MSD	73213371	40913213	49610707

Fonte: dados da pesquisa.

Tem-se na Tabela 10, os valores das previsões dos modelos desenvolvidos neste trabalho. Observa-se que o modelo de alisamento

exponencial sazonal de *Holt-Winters* multiplicativo, que apresentou um EPM de 0,12%, o menor erro encontrado dentre todos os modelos testados.

Tabela 10 - Valores das Previsões dos Modelos de Decomposição Aditivo, *Holt-Winters* Aditivo e Multiplicativo, Ajustados para a Série Fluxo de Desembarque de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém (1999-2003).

Mês / 2003	Observados	Decomp.Ad.	Erro %	HW Adit.	Erro %	HW Mult.	Erro %
Jul.	155885	133431	14,4	149185	4,3	153354	1,62
Ago.	111812	93147	16,69	109173	2,36	111336	0,43
Set.	95413	73525	22,94	90058	5,61	91346	4,26
Out.	96758	85037	12,11	100380	-3,74	101586	-4,99
Nov.	91596	78753	14,02	96097	-4,91	96775	-5,65
Dez.	107191	88080	17,83	102888	4,01	103351	3,58
EPM	-	-	16,33	-	1,27	-	0,12

Fonte: dados da pesquisa.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi testar um modelo de previsão para a série Fluxo de Passageiros no Terminal Rodoviário de Belém, utilizando-se da técnica denominada de análise de séries temporais. Existem vários modelos de previsão para séries temporais, os modelos aqui testados, são indicados para séries que apresentam tendência e sazonalidade.

Com as previsões, obtidas a partir dos modelos testados, espera-se que as instituições turísticas do Estado do Pará possam ter uma noção de como será o comportamento do fluxo de passageiros no Terminal Rodoviário de Belém. Já que este, entre o aeroporto e o porto, é o que apresenta maior movimento. Tendo em mãos um

modelo de previsão para o fluxo do desembarque de passageiros, estas instituições poderão investir no turismo com certa segurança, sabendo-se qual a previsão para o movimento do desembarque de passageiros nos meses de maior interesse. Neste trabalho, mostrou-se as etapas para se chegar a um modelo que melhor se ajustasse aos dados em estudo, através da análise das medidas de acurácia e, principalmente, dos erros percentuais médios (EPM) das previsões para os seis meses seguintes. A partir do EPM, verificou-se que o melhor modelo para fazer as previsões é o modelo de alisamento exponencial sazonal, método de *Holt-Winters* multiplicativo, com um EPM de 0,12 % para mais ou para menos.



## REFERÊNCIAS

LAGE, Beatriz Helena G.; MILONE, Paulo César. **Economia do turismo**. 2 ed. São Paulo: Papires, 1996.

MAKRIDAKIS, Spyros; WHEELWRIGHT, Steven C. **Forecasting methods for management**. 4. ed. New York: John Wiley; Sons Inc, 1985.

MORETTIN, Pedro A.; TOLOI, Clélia M. **Séries temporais**. 2 ed. São Paulo: Atual, 2004.

REJOWSKI, Mirian. **Turismo e pesquisa científica**: pensamento internacional x situação brasileira. 4. ed. Campinas: Papyrus, 2000. 167 p.

