

## **Ponderação exponencial e decomposição em séries temporais aplicadas à previsão do volume de movimentação de carga no Aeroporto Internacional de São Paulo**

Tiago José Menezes Gonçalves <tiagojmg@ita.br>  
Raquel Milina de Moraes Bezerra <rm.bezerra@geciv.uenf.br>  
Armando Gonçalves Madeira Junior <madeira@ita.br>  
Célio Caruso Gomes <celio.caruso@pernambucanas.com.br>  
Mischel Carmen Neyra Belderrain <carmen@ita.br>

*Resumo: A realização de previsões acuradas é de fundamental importância para o desenvolvimento de estratégias, para a alocação de recursos e para determinar prioridades em uma organização. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo realizar uma previsão sobre o volume de movimentação de cargas no Terminal de Carga Aérea do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos para o segundo semestre de 2010 e para o ano de 2011. Para atingir este objetivo, foi investigada a utilização dos métodos de decomposição em séries temporais e de ponderação exponencial. Depois de calculadas as previsões com os métodos individualmente, os resultados de ambos os métodos foram agregados para a obtenção de uma previsão final e os resultados foram discutidos.*

*Palavras-chave: Previsão da demanda; Terminal de carga; Aeroportos.*

## **Exponential weighting and decomposition times series applied to forecast the volume of cargo handling at International Airport of Sao Paulo**

*Abstract: The achievement of accurate forecasts is of fundamental importance for the development of strategies, to resource allocation and to determine priorities in an organization. In this context, this work aims to make a prediction about the volume of cargo at Air Cargo Terminal of the International Airport of São Paulo/Guarulhos in the second half of 2010 and the year 2011. To achieve this goal, it was investigated the use of decomposition methods in time series and exponential weighting. After the predictions calculated with the methods individually, the results of both methods were aggregated to obtain a final prediction and the results were discussed.*

*Keywords: Demand forecasting; Cargo terminal; Airports.*

### **1. Introdução**

O transporte aéreo de carga representa um importante propulsor do desenvolvimento industrial, provendo a intermodalidade e impulsionando o mercado interno e externo de um país (LIMA; BELDERRAIN, 2008).

Como serviço intermediário usado na produção, o setor aéreo fornece serviços principalmente para os processos de produção dos setores industrial e de serviços

(TOKASAGO *et al.*, 2009). O transporte aéreo possui vocação natural para a movimentação de bens de maior valor agregado, movimentando anualmente um quantitativo de carga correspondente em valor a cerca de metade de toda a movimentação mundial de bens e mercadorias (SNEA, 2008).

Representando o maior complexo aeroportuário do Brasil, o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (AISP/GRU) foi concebido originalmente para atender a voos domésticos na área da grande São Paulo, que se utilizavam do Aeroporto de Congonhas (com exceção da Ponte Aérea Rio – São Paulo), assim como voos internacionais para países integrantes do Cone Sul (países localizados no sul da América do Sul), representando uma alternativa ao Aeroporto de Campinas.

O AISP/GRU é o aeroporto responsável pela movimentação do maior volume de carga aérea no Brasil no ano de 2009 e início de 2010. De acordo com dados da Infraero (INFRAERO, 2010), em 2009 foi movimentada no Brasil uma quantidade de carga aérea correspondente a 1.114.754 toneladas, sendo que somente no primeiro bimestre de 2010 foram movimentadas 581.385 toneladas. Deste total, o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos movimentou 351.787 toneladas em 2009 e 174.664 toneladas somente no primeiro semestre de 2010, o que corresponde respectivamente a 31,6% e 30,0% de toda a carga aérea brasileira movimentada nesse período.

Um dos grandes desafios enfrentados por grande parte dos aeroportos brasileiros consiste em manter a produtividade dos recursos aeroportuários através da análise das diferenças entre a capacidade disponível para a movimentação de cargas e o volume de movimentação demandado. Se por um lado a operação de um volume de cargas excessivo acarreta ineficiências técnicas, por outro a movimentação de um volume abaixo do nível ótimo gera capacidade ociosa e conseqüente desperdício de recursos.

Adaptar a capacidade a demanda sempre representou um problema presente em praticamente todo sistema de produção, sendo que para sua resolução torna-se necessária a realização de previsões acuradas sobre o volume da demanda. Neste sentido, este trabalho realiza uma previsão sobre o volume de movimentação de cargas no Terminal de Carga Aérea (TECA) do AISP/GRU para o segundo semestre de 2010 e para 2011, utilizando-se para isto a agregação dos métodos de ponderação exponencial e de decomposição em séries temporais.

De maneira breve, este artigo está estruturado na seguinte forma: a seção 2 trata da fundamentação teórica relacionada ao transporte de carga aérea e a modelos de previsão de demanda; a seção 3 apresenta o estudo de caso, com a descrição dos dados analisados, os resultados da previsão do volume de movimentação de carga com a utilização de ponderação exponencial, com a decomposição em séries temporais e com a combinação de ambos os métodos; por fim, a seção 4 apresenta as considerações finais deste trabalho.

## **2. Fundamentação teórica**

### **2.1 Transporte de carga aérea**

O termo carga aérea pode ser definido como o conjunto de bens transportados por via aérea que geram receita e que não sejam passageiros ou bagagens (MAGALHÃES, 1998). De acordo com Brown (1968), no conceito de carga aérea estão inseridos os seguintes itens: encomendas courier, malas postais e a carga propriamente dita.

Embora diversos autores considerem pouco importantes as atividades de movimentação e armazenagem de cargas, concentrando seus estudos nas operações com passageiros (DAC, 2005), essas atividades têm sido a maior fonte geradora de receitas da

Infraero (INFRAERO, 2006).

A vantagem mais significativa no transporte aéreo é alta rapidez no transporte de cargas, permitindo benefícios logísticos como a redução ou eliminação de armazéns operacionais ou inventários (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006). Além disso, o avião é o único meio de transporte que permite interligar de ponta-a-ponta um país de dimensão continental como o Brasil em um único dia (VASCONCELOS, 2007).

De acordo com Figueiredo e Pizzolato (2006), o transporte de carga aérea apresenta como característica a grande eficiência no transporte de mercadorias de alto valor agregado e com baixo peso e volume, prazo de entrega rígido e prioridade de urgência (produtos perecíveis, documentos, *etc.*).

Devido à grande heterogeneidade da carga aérea e consequente diversidade dos procedimentos referentes a seu manuseio, diferentes padronizações são criadas pelas empresas aéreas para facilitar a padronização das rotinas utilizadas no manuseio de cargas (ASHFORD, 1992). Magalhães (1998) classifica as cargas aéreas em sete categorias:

- **Carga normal ou comum:** são cargas que não exigem cuidados especiais ou procedimentos diferenciados para manuseio e armazenagem. Podem ser armazenadas em porta-paletes ou *racks* com prateleiras.
- **Carga perecível:** são cargas sujeitas à deterioração ou que se tornam inúteis caso haja atraso na entrega e, portanto, possuem valor comercial limitado pelo tempo.
- **Carga de grande urgência:** são cargas normalmente destinadas à manutenção ou salvamento de vidas humanas, como sores e vacinas.
- **Carga de alto valor:** são cargas com alto valor comercial, como ouro, prata e pedras preciosas. Podem requerer armazenamento em cofres.
- **Cargas vivas:** são cargas constituídas por animais vivos. Requerem instalações e procedimentos específicos.
- **Cargas restritas:** são cargas cujas importações ou exportações são regulamentadas por entidades governamentais.
- **Cargas perigosas:** são compostas por materiais capazes de colocar em risco a segurança, a saúde ou a propriedade quando transportadas pelo modal aéreo.

Um dos principais elementos inseridos no complexo de carga aérea é o Terminal de Carga Aérea (TECA). De acordo com Azevedo e Uryu (2005) o TECA representa a instalação responsável pelo preparo da carga para o transporte aéreo ou para o recebimento pelo seu consignatário.

De acordo com Meneses (2001), a carga aérea movimenta-se seguindo fluxos de importação (que acessam o terminal por via aérea e saem por via terrestre), de exportação (que acessam o terminal por via terrestre e saem por via aérea) e em trânsito (onde a carga acessa e sai do terminal pela mesma via).

Segundo o mesmo autor, o terminal de cargas consiste em um sistema dinâmico de processamento, devendo ser planejado de modo a atender os fluxos de importação, de exportação e em trânsito. Para tanto, torna-se necessária à realização da quantificação do volume de fluxo a ser atendido, o que pode ser realizado através de técnicas de previsão da demanda, conforme abordado na próxima seção.

## **2.2 Previsão da demanda**

A identificação e previsão correta das mudanças do ambiente são fatores chave para a obtenção de sucesso no planejamento e direcionamento estratégico de uma empresa, o que

torna a previsão da demanda em um elemento fundamental para a tomada de decisão empresarial (MONTGOMERY; JOHNSON; GARDINER, 1990).

A obtenção de resultados consistentes no processo de previsão da demanda está condicionada a utilização de métodos formais (ELIKAI, F.; HALL; ELIKAI, P., 1999), os quais segundo Kurrle (2004) se dividem em métodos qualitativos e quantitativos.

Os métodos qualitativos de previsão (também denominados de métodos subjetivos ou intuitivos) fazem uso da experiência acumulada por um especialista ou grupo de indivíduos para prever o resultado de um evento, muitas vezes com o auxílio de tipo de análise formal (ARMSTRONG, 1983). Esses métodos são mais adequados aos casos onde os dados são insuficientes para realizar uma análise quantitativa (ARCHER, 1980). Embora sejam muito utilizadas, as abordagens qualitativas contém desvantagens em relação às quantitativas, pois seus resultados muitas vezes são tendenciosos devido à incorporação de opiniões de especialistas (SPENDDING; CHAN, 2000).

Em relação aos métodos quantitativos, estes englobam abordagens como a decomposição em séries temporais e a ponderação exponencial (MAKRIDAKIS; WHELLWRIGHT; HYNDMAN, 1997). Esses métodos constituem abordagens ideais quando existem dados com padrões simples, suaves e repetitivos (GILLILAND; PRINCE, 2001). Além disso, quando replicados por diferentes especialistas as previsões obtidas são semelhantes (ARMSTRONG, 1983).

De acordo com Bowerman e O'Connell (1987) o método de decomposição em séries temporais consiste em dividir uma série de tempo em componentes sazonais, de tendência, de variação cíclica e de variação residual, representando uma excelente ferramenta de previsão para períodos temporais de médio prazo, ou seja, de três a doze meses. Esta análise combina as variações da demanda segundo a Equação 1:

$$F = T \times S \times C \times R \quad (1)$$

onde F : demanda prevista;  
T: nível de tendência;  
S: índice sazonal;  
C: índice cíclico;  
R: índice residual.

Devido às dificuldades encontradas para decompor variações cíclicas de variações aleatórias e ao fato de que o índice residual (R) encontrado em modelos bem especificados é igual a 1,0 (não afetando a previsão), na prática este modelo é reduzido, na maioria das vezes, a componentes de tendência e sazonalidade (Ballou, 2006).

Segundo Chatfield (2000), o valor do componente de tendência pode ser determinado pela equação  $T = \alpha + \beta t$ , onde  $\alpha$  e  $\beta$  podem ser calculados conforme as Equações 2 e 3:

$$\beta = \frac{\sum D_i(t) - N(\bar{D})(\bar{t})}{\sum t^2 - N\bar{t}^2} \quad (2)$$

$$\alpha = \bar{D} - \beta \bar{t} \quad (3)$$

onde N : número de observações utilizadas na linha de tendência;  
 $D_i$  : demanda no período  $t$ ;  
 $\bar{D}$  : demanda média em  $N$  períodos de tempo;

$\bar{t}$  : média de  $t$  durante  $N$  períodos de tempo.

Já em relação ao componente de sazonalidade, Ballou (2006) indica a utilização da Equação 4.

$$S_t = \frac{D_t}{T_t} \quad (4)$$

onde  $T_t$  = valor da tendência;

$S_t$  = índice sazonal no período de tempo  $t$ .

Por fim, a previsão da demanda com a decomposição em séries de tempo é concluída com o cálculo da demanda prevista através da fórmula  $F_t = (T_t)(S_{t-L})$ .

Em relação à ponderação exponencial, esta consiste em um tipo de média móvel onde os dados mais recentes recebem maior peso no cálculo para as previsões (BROWN, 1963). De acordo com Ballou (2006), a ponderação exponencial pode ser realizada através das Equações 5, 6, 7 e 8, conforme abaixo.

$$S_{t+1} = \alpha(A_t / I_{t-L}) + (1 - \alpha)(S_t + T_t) \quad (5)$$

$$T_{t+1} = \beta(S_{t+1} - S_t) + (1 - \beta)T_t \quad (6)$$

$$I_t = \gamma(A_t / S_t) + (1 - \gamma)I_{t-L} \quad (7)$$

$$F_{t+1} = (S_{t+1} + T_{t+1})I_{t-L+1} \quad (8)$$

onde  $t$  : período de tempo atual;

$\alpha$  : constante de ponderação exponencial;

$A_t$  : demanda no período  $t$ ;

$S_t$  : previsão inicial para o período  $t$ ;

$T_t$  : tendência para o período  $t$ ;

$\beta$  : constante ponderada da tendência;

$I_t$  : índice sazonal para o período  $t$ ;

$\gamma$  : constante de ponderação do índice sazonal;

$L$  : tempo de uma estação completa;

$F_{t+1}$  : previsão para o período  $t + 1$ .

No que tange à aplicabilidade desses métodos para prever o volume de carga movimentado em um TECA como o de AISP/GRU, a aplicação de métodos quantitativos representa neste caso uma abordagem eficiente devido à possibilidade de projetar no futuro as informações referentes a dados históricos de movimentação de carga disponíveis.

Neste sentido, foram selecionadas para a aplicação neste trabalho as técnicas de decomposição em séries temporais e de ponderação exponencial, conforme apresentado nas próximas seções.

### 3. Estudo de caso

Conforme mencionado anteriormente, neste trabalho foi realizado um estudo para a previsão do volume de movimentação de cargas no TECA do AISP/GRU. Para tanto, foram realizadas previsões através da utilização de séries temporais, de ponderação exponencial e através da combinação de ambos os métodos.

Para o cálculo das previsões, foram utilizados os dados de movimentação de carga do TECA do AISP/GRU, conforme as Tabelas 1 e 2.

Devido à grande quantidade de cálculos exigidos para a realização das previsões, tanto com a utilização de decomposição em séries temporais quanto de ponderação exponencial, os métodos de previsão foram implementados no Microsoft Office Excel.

TABELA 1 - Movimentação de cargas no TECA do AISP/GRU de 2003 a 2009 (em kg).

Mês	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Jan.	30.700.644	26.222.200	31.470.378	29.961.222	31.184.124	28.072.029	24.846.431
Fev.	33.814.308	29.586.480	33.620.183	33.230.708	31.290.236	34.989.390	25.233.251
Mar.	35.006.192	39.428.237	42.705.345	37.843.515	37.167.105	52.356.437	30.091.640
Abr.	33.976.058	36.025.104	41.601.486	34.472.508	34.698.484	35.978.891	25.911.940
Mai.	34.439.121	39.318.497	41.454.933	34.570.275	38.108.291	37.487.243	29.122.380
Jun.	32.011.151	37.081.501	40.804.830	29.312.920	36.173.956	37.830.083	27.731.952
Jul.	33.423.001	38.908.234	39.635.208	28.985.807	34.414.562	35.573.350	27.629.353
Ago.	32.495.109	35.402.430	38.495.892	34.299.173	27.865.541	35.178.016	30.444.886
Set.	34.361.995	30.407.040	39.357.783	34.984.747	35.029.727	37.604.726	28.580.953
Out.	38.669.300	40.418.552	40.921.212	39.362.370	44.432.433	38.019.960	34.572.454
Nov.	39.401.038	40.693.039	39.617.452	42.079.831	31.773.537	37.822.674	33.909.701
Dez.	40.629.521	42.102.359	41.259.498	40.745.050	42.018.587	32.212.899	33.712.623
Total	418.927.438	435.593.673	470.944.200	419.848.126	424.156.583	425.884.098	351.787.564

Fonte: Infraero (2010).

TABELA 2 - Movimentação de cargas no TECA do AISP/GRU de janeiro a junho de 2010 (em kg).

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Total
Carga	23.373.323	23.780.380	34.270.809	29.555.755	31.458.897	32.225.013	174.664.177

Fonte: Infraero (2010).

Nas próximas seções estão apresentados os resultados obtidos em ambos os métodos de previsão utilizados neste trabalho, assim como a realização de uma previsão final através da agregação de ambos os métodos.

### 3.1 Previsão por ponderação exponencial

Neste trabalho foi utilizado o modelo de ponderação exponencial que considera o nível de movimentação e realiza correções para tendência e sazonalidade. Para identificar a eventual existência e frequência de repetição de ciclos sazonais no volume de movimentação de cargas do TECA em análise, foi realizada a análise dos picos e vales no volume de movimentação.

Para tanto, os dados da Tabela 1 foram utilizados para a construção de um gráfico conforme a Figura 1. A partir da análise deste gráfico foi identificada a presença de dois picos de movimentação de carga que se repetiram de 2003 a 2009, sendo o primeiro em março (pico também em 2010) e o segundo em outubro. Além disso, foi identificada uma diminuição no volume de movimentação de cargas no mês de janeiro. Em vista da identificação das regularidades mencionadas, foi considerada nos modelos utilizados deste trabalho uma sazonalidade cujas estações se repetem em períodos de 12 meses.

Para a inicialização do modelo foram utilizados os dados de volume de movimentação de carga dos meses referentes aos anos de 2003 a 2007, o que correspondeu a um período de

60 meses. Além disso, foram utilizados os primeiros 6 meses de 2010 para o cálculo do erro de previsão e foram realizadas previsões para os últimos 6 meses de 2010 e para 2011.

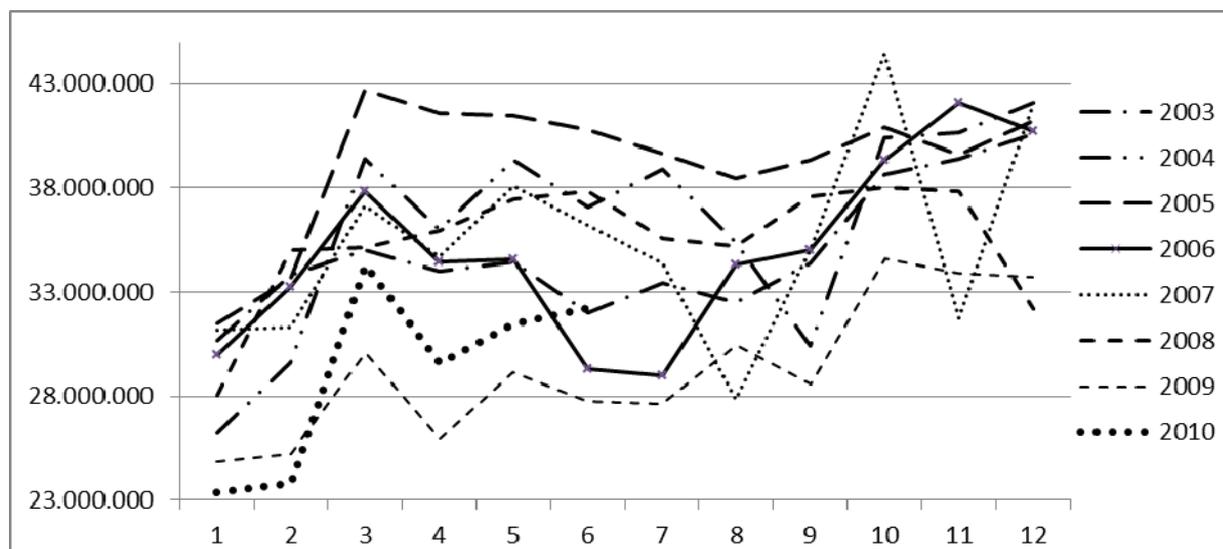


FIGURA 1 - Volume de movimentação de carga (em kg). Fonte: Elaborada pelos autores.

Para encontrar as constantes de nível, tendência e sazonalidade mais adequadas, foram realizadas simulações com incrementos de 0.05 em cada uma dessas constantes, de forma a encontrar os valores que minimizassem o erro médio. Os valores encontrados para as constantes de nível, de tendência e de sazonalidade foram respectivamente 0,25, 0,15 e 0,4, tendo sido encontrado um erro médio de 785.499.

O resultado das previsões calculadas para o volume de movimentação de carga no TECA do AISP/GRU através da ponderação exponencial pode ser conferido na Tabela 3.

TABELA 3 - Previsão com uso de ponderação exponencial (em kg).

Mês/ano	Previsão	Mês/ano	Previsão
jul/10	31.060.000	abr/11	34.895.117
ago/10	29.023.011	mai/11	29.839.280
set/10	31.051.620	jun/11	32.821.290
out/10	37.160.772	jul/11	32.702.433
nov/10	31.735.030	ago/11	31.729.917
dez/10	33.117.912	set/11	29.647.871
jan/11	24.451.687	out/11	31.718.958
fev/11	23.781.202	nov/11	37.957.975
mar/11	34.895.117	dez/11	32.414.621

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.2 Previsão por decomposição em séries de tempo

No modelo por decomposição em séries de tempo também foram utilizados os dados de 2003 a 2008 para a inicialização do modelo e uma sazonalidade com estações que se repetem a cada 12 meses, sendo que os 6 primeiros meses de 2010 também foram utilizados para o cálculo do erro de previsão.

Para o cálculo da previsão do volume de movimentação de carga foi encontrada uma equação de tendência com  $\alpha = 37.725.880$  e  $\beta = - 66.794$ . Assim, foram realizadas as

previsões para os 6 últimos meses de 2010 e para 2011, conforme Tabela 4. Ao final do cálculo das previsões foi encontrado um erro médio de 3.652.793.

TABELA 4 - Previsão com uso de decomposição em séries temporais (em kg).

Mês/ano	Previsão	Mês/ano	Previsão
jul/10	26.946.874	abr/11	28.811.911
ago/10	29.691.308	mai/11	30.665.491
set/10	27.872.049	jun/11	31.410.574
out/10	33.713.165	jul/11	26.264.394
nov/10	33.065.135	ago/11	28.937.730
dez/10	32.871.219	set/11	27.163.146
jan/11	22.788.753	out/11	32.853.876
fev/11	23.184.387	nov/11	32.220.570
mar/11	33.410.104	dez/11	32.029.816

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.3 Agregação dos resultados

A Figura 2 apresenta as previsões do volume de movimentação de cargas no TECA do AISP/GRU realizadas com a utilização de ponderação exponencial e de decomposição em séries temporais.

Um dos desafios para o profissional de logística é determinar qual dos métodos de previsão retorna o melhor resultado. Segundo Ballou (2006), depois de realizadas previsões com diferentes métodos, é possível o aprimoramento dos resultados através da combinação de seus resultados. Este procedimento é realizado através da ponderação dos resultados obtidos com a utilização de cada método através da análise do erro médio.

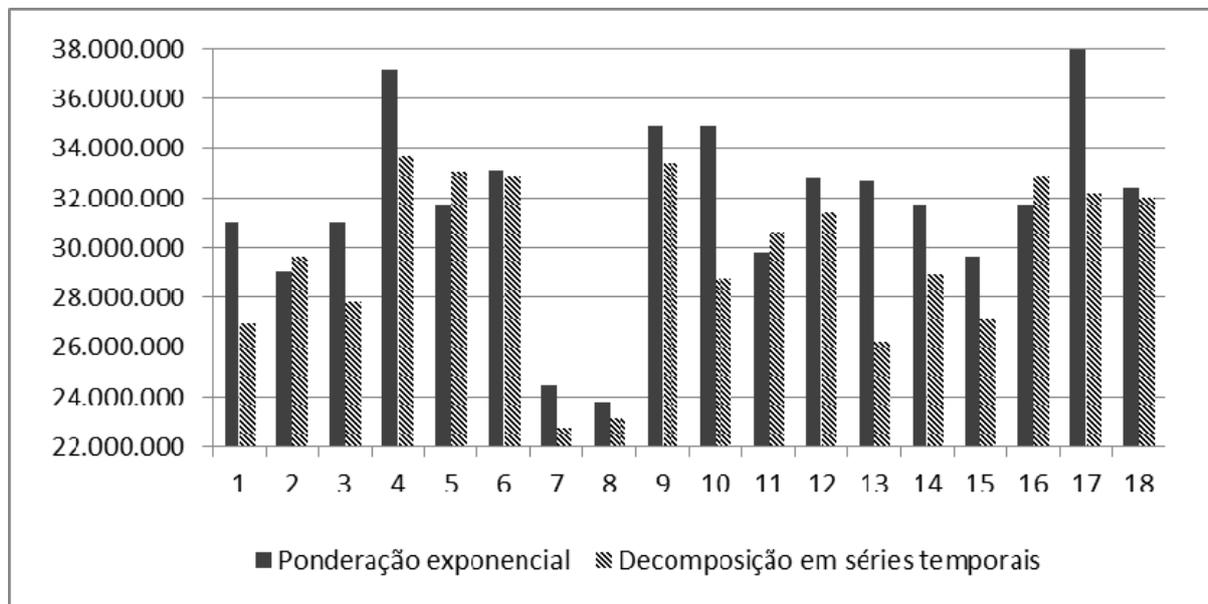


FIGURA 2 - Previsão do volume de movimentação de carga (em kg). Fonte: Elaborado pelos autores.

A obtenção dos fatores de ponderação referentes a cada método foi realizada em quatro passos:

- **Passo 1:** foi calculado o erro total através da soma dos erros de previsão obtidos em cada método.

- **Passo 2:** foi obtida a proporção do erro total através da divisão do erro de previsão de cada método pela soma dos erros de previsão obtida no primeiro passo.
- **Passo 3:** foi realizada a inversão de proporção de erro através da divisão do erro de previsão de cada método pela proporção do erro total.
- **Passo 4:** foram obtidos os fatores de ponderação de cada método através da divisão da inversão de proporção de erro pelo seu total.

Os dados calculados com a realização deste procedimento podem ser conferidos na Tabela 5.

TABELA 5 - Ponderação dos métodos de previsão.

Método	Erro de previsão	Proporção do erro total	Inversão de proporção de erro	Pesos
Ponderação exponencial	785.499	0,18	4.363.883	0,49
Decomposição em séries temporais	3.652.793	0,82	4.454.625	0,51
Total	4.438.292	1	8.818.508	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Depois de obtidos os fatores de ponderação, tanto da ponderação exponencial quanto da decomposição em séries temporais, as previsões combinadas foram calculadas. O cálculo dessas previsões foi realizado através da multiplicação da previsão mensal individual de cada método pelo seu fator de ponderação, obtendo-se como resultado dois valores (um para cada método utilizado). A previsão final do volume de movimentação de cargas no TECA do AISP/GRU para cada mês foi obtida através da soma dos dois valores obtidos anteriormente, conforme apresentado na Tabela 6.

TABELA 6 - Previsão com combinação de métodos (em kg).

Mês/ano	Ponderação exponencial	Fator de ponderação	Decomposição em séries temporais	Fator de ponderação	Previsão final
jul/10	31.060.000	0,49	26.946.874	0,51	28.962.306
ago/10	29.023.011	0,49	29.691.308	0,51	29.363.842
set/10	31.051.620	0,49	27.872.049	0,51	29.430.039
out/10	37.160.772	0,49	33.713.165	0,51	35.402.492
nov/10	31.735.030	0,49	33.065.135	0,51	32.413.384
dez/10	33.117.912	0,49	32.871.219	0,51	32.992.099
jan/11	24.451.687	0,49	22.788.753	0,51	23.603.591
fev/11	23.781.202	0,49	23.184.387	0,51	23.476.826
mar/11	34.895.117	0,49	33.410.104	0,51	34.137.760
abr/11	34.895.117	0,49	28.811.911	0,51	31.792.682
mai/11	29.839.280	0,49	30.665.491	0,51	30.260.648
jun/11	32.821.290	0,49	31.410.574	0,51	32.101.825
jul/11	32.702.433	0,49	26.264.394	0,51	29.419.033
ago/11	31.729.917	0,49	28.937.730	0,51	30.305.902
set/11	29.647.871	0,49	27.163.146	0,51	28.380.661
out/11	31.718.958	0,49	32.853.876	0,51	32.297.766
nov/11	37.957.975	0,49	32.220.570	0,51	35.031.898
dez/11	32.414.621	0,49	32.029.816	0,51	32.218.370

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### **4. Considerações finais**

Este trabalho teve como objetivo realizar a previsão do volume de movimentação de cargas no TECA do AISP/GRU no segundo semestre de 2010 e no ano de 2011, através da utilização de ponderação exponencial e decomposição em séries de tempo.

Diferentemente de muitos trabalhos na área, que realizam o cálculo das previsões de maneira agregada para os anos seguintes, este trabalho realizou uma previsão mensal do volume de movimentação de carga.

A realização da previsão de maneira desagregada consiste em um procedimento importante, já que nem sempre a demanda anual é distribuída regularmente durante todo o ano e pode estar concentrada em meses de grande pico no volume de movimentação de cargas. Caso ocorra, essa irregularidade pode trazer sérias consequências, já que a capacidade da operação pode ser excedida mesmo quando a demanda anual é baixa. Este fato é ratificado ao realizar a análise dos dados, onde se percebe meses de pico de demanda em março e outubro, e por outro lado, uma pequena demanda no mês de janeiro.

Depois de realizadas as previsões, os dados foram comparados com o volume de movimentação de carga nos anos anteriores, onde foi notada uma tendência de decaimento no volume de movimentação de carga aérea no TECA do AISP/GRU. Os dados de previsão foram levados para serem contemplados pelo gerente de logística da organização em questão, o qual afirmou que estes coincidem com a demanda por ele prevista, o que serviu como validação para a previsão realizada neste trabalho.

Como trabalhos futuros, ressalta-se aqui a possibilidade de se obter resultados interessantes através da utilização de outros métodos de previsão, como modelos de regressão, econométricos, projeções de tendências, *etc.*, cujos resultados poderiam ser comparados individualmente e de forma combinada com as previsões obtidas neste trabalho. Além disso, outro trabalho interessante seria estimar a capacidade de processamento atual do TECA do AISP/GRU, o qual poderia ser utilizado para verificar a existência de capacidade insuficiente ou ociosa através da comparação entre a capacidade instalada e o volume de processamento de cargas previsto.

Por fim, ressalta-se que os resultados aqui apresentados retratam a previsão do volume de movimentação de carga no TECA do AISP/GRU segundo as particularidades e parâmetros dos métodos utilizados. Neste sentido, a utilização de outros métodos ou a inserção de dados mais antigos nos modelos utilizados podem fornecer resultados mais conclusivos, contribuindo inclusive para a verificação da validade dos valores previstos neste trabalho.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Agência Espacial Brasileira (AEB) pelo apoio à realização desta pesquisa.

#### **Referências**

ARCHER, B. Forecasting demand: quantitative and intuitive techniques. *International Journal of Tourism Management*, v. 1, n. 1, p. 5-12, 1980.

ARMSTRONG, J. Strategic planning and forecasting fundamentals. In: ALBERT, K. *The strategic management handbook*. New York: MacGraw Hill, 1983.

ASHFORD, N.; WRIGHT, P. H. *Airport Engineering*. 3. ed. New York: John-Wiley & Sons Inc., 1992. 520 p.

AZEVEDO, L. T. M.; URYU, N. K. *Importância da tecnologia no gerenciamento de terminais de carga aérea: o caso do TECA Galeão*. Brasília, DF: UnB, 2005. Originalmente apresentada como trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade de Brasília, 2005.

- BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.
- BOWERMAN, B. L.; O'CONNELL, R. T. *Time series forecasting*. Boston: Duxbury Press, 1987.
- CHATFIELD, C. *Time-series forecasting*. Flórida/USA: Chapman & Hall, 2000.
- DAC (2005) *Anuário do Transporte Aéreo*. Departamento de Aviação Civil, Ministério da Aeronáutica.
- FIGUEIREDO, R. M. A.; PIZZOLATO, N. D. Análise da estratégia hub-and-spoke e uma adaptação ao caso brasileiro de transporte de cargas aéreas. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 20., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2006. p. 1-12.
- LIMA, M. G.; BELDERRAIN, M. C. N. O fluxo logístico da carga aérea internacional brasileira. In: Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 11., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2008. p. 1-15.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. *Gestão logística da cadeia de suprimentos*. Porto Alegre: Bookman, 2006, 528 p.
- ELIKAI, F.; HALL; ELIKAI, P. Managing and improving the forecasting process. *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, v. 18, n. 1, p. 15-19, 1999.
- GILLILAND, M.; PRINCE, D. New approaches to unforecastable demand. *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, v. 20, n. 2, p. 9-12, 2001.
- INFRAERO (2006), *O Papel do Aeroporto na Logística do Comércio Exterior- Apresentação para Clientes*, Aeroporto Internacional de Viracopos- KPLC, Campinas, São Paulo.
- INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. *Estatísticas de aeroportos*. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/movi.php?gi=movi&PHPSESSID=3bumt8phdfh491j391oqlt4dn3>>. Acesso em: 6 ago. 2010.
- KURRLE, M. A. *Métodos para previsão de demanda de veículos novos: estudo de caso em uma concessionária de automóveis*. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2004. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
- MAGALHÃES, J. S. *Um método para dimensionamento de terminais de carga aérea no Brasil*. São José dos Campos, SP: ITA, 1998. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 1998.
- MAKRIDAKIS, S.; WHELLWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. *Forecasting methods and applications*. 3. ed. New York: Wiley, 1997, 656 p.
- MENESES, L. O. *Um estudo sobre as áreas operacionais de terminais de carga aérea*. São José dos Campos, SP: ITA, 2001. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2001.
- MONTGOMERY, D. C.; JOHNSON, L. A.; GARDINER, J. S. *Forecasting and time series analysis*. 2. ed. New York: MacGrall Hill, 1990.
- SNEA – Sindicato Nacional das Empresas Aeroviárias. *A competitividade internacional das empresas brasileiras: uma análise das condições de atuação das empresas aéreas brasileiras frente a suas competidoras de outros países*. 2008. Disponível em: <[http://www.snea.com.br/estudos/A%20Competitividade%20Internacional%20abr08%20\\_Texto\\_.pdf](http://www.snea.com.br/estudos/A%20Competitividade%20Internacional%20abr08%20_Texto_.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2010.
- SPENDDING, T.; CHAN, K. Forecasting demand and inventory management using Bayesian time series. *Integrated Manufacturing Systems*, v. 11, n. 5, p. 331-339, 2000.
- TOKASAGO, M.; ROCHA, A.; DIVINO, J. A.; ANDRADE, J. P.; MOLLO, M. L. R. *O setor aéreo na economia brasileira: importância econômica e perspectivas ante a abertura do setor às empresas estrangeiras*. 2009. Disponível em: <<http://www.snea.com.br/estudos/CET%20-%20SNEA%20-%20Trabalho%202009.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2010.
- VASCONCELOS, L. F. S. *O aeroporto como o integrante de um projeto de desenvolvimento regional: a experiência brasileira*. Brasília, DF: UnB, 2007. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, 2007.