

## Métodos de previsão: estudo de caso no setor de transporte de uma Universidade Federal

Marcos Candido da Silva (Universidade Federal do Amazonas) marcoscandidods@gmail.com

Nathália de Miranda Barbosa (Universidade Federal do Amazonas) nathaliaviana3@hotmail.com

Wanderley Nascimento Pedroza (Universidade Federal do Amazonas) wanderley\_jc@hotmail.com

Sandro Breval Santiago (Universidade Federal do Amazonas) sbreval@gmail.com

Armando Araújo de Souza Júnior (Universidade Federal do Amazonas) armando-jr07@bol.com.br

**Resumo:** A previsão da demanda detém considerável importância para a eficácia do processo logístico, tornando mais assertivo o planejamento organizacional e a tomada de decisão. Neste sentido, este trabalho tem o objetivo de prever a quantidade de solicitações de serviços logísticos no setor de transporte de uma Universidade Pública. Trata-se de um estudo de caso, de abordagem quantitativa, mediante dados coletados via documentos internos e disponibilizados em sítio eletrônico, no qual se empregaram técnicas de previsão da demanda para determinação da respectiva demanda. Os resultados indicam que o método que possui maior aderência é modelo de tendência multiplicativa amortecida com sazonalidade aditiva. Desta forma, permite que a universidade efetue respectivo planejamento e devidas adequações de sua frota: aponta o melhor período de manutenção preventiva, reduzindo gastos com manutenção corretiva e custos operacionais.

**Palavras chave:** Previsão, suavização exponencial, transporte, universidade.

## Forecasting Methods: Case Study in the Transportation Sector of a Federal University

**Abstract:** Demand forecasting is of considerable importance for the effectiveness of the logistics process, making organizational planning and decision making more assertive. In this sense, this paper aims to estimate the amount of vehicle service demands in the transport sector of a Public University. This is a case study, with a quantitative approach, through data collected through internal documents and made available on an electronic website, in which demand forecasting techniques were used to determine the respective demand. The results indicate that the method that has the highest adherence is a model of multiplicative trend dampened with additive seasonality. This allows the university to plan and properly adapt its fleet: it points out the best preventive maintenance period, reducing corrective maintenance expenses and operating costs.

**Key-words:** Forecast, exponential smoothing, transport, university.

### 1. Introdução

O processo de previsão de demanda impacta as organizações de maneira holística. A aplicação destas metodologias de previsão contribui para o planejamento estratégico e melhora o controle de suas diversas áreas, permitindo que as empresas se adiantem em relação a seu futuro e se programem de forma conveniente (BALLOU, 2004; TUBINO, 2008; LEITE et al., 2016).

As previsões de demandas são estimativas de como o mercado pode se comportar no futuro configurando-se como assunto crítico de qualquer planejamento empresarial uma vez que contribuem para eficácia logística, permitindo aos gestores alocar recursos de forma proativa (FERREIRA FILHO, 2016; BRANDALISE, 2017). De acordo com Grant (2017), na

logística a previsão de demanda pode aumentar a efetividade no relacionamento com fornecedores proporcionando maior coordenação na cadeia de suprimentos.

Na administração pública, especialmente pelo advento da Emenda Constitucional nº 19 de 1998, que estipulou o princípio da eficiência da administração pública, a busca pela eficiência e boa prestação dos serviços também se faz presente em seu contexto. Meirelles (2002) dispõe que este princípio impõe que todo agente público tem o dever de prestar seus deveres com presteza, perfeição e rendimento profissional.

Há vários estudos que abordam a aplicabilidade dos métodos de previsão de demanda em uma infinidade de situações. Os trabalhos de Pacheco e Silva (2003); Gonçalves et al. (2007); Brandão et. al (2012); Oliveira Júnior e Pinheiro (2014); Lima et. al (2015); Dantas e Oliveira (2015); Marenga e Kachba (2016) e Almeida e Raupp (2017) trataram do emprego deste métodos na área de transporte. Este trabalho, por sua vez, fica restrito à aplicação de métodos de previsão da demanda no setor de transporte de uma Universidade Pública.

A Coordenação de Transporte da Universidade Federal X - UFEX possui a incumbência de gerenciar a frota de veículos de toda universidade. Dentre as diversas atividades as quais executa, disponibiliza, via agendamentos, para técnicos administrativos em educação, docentes e discentes, veículos para realização de tarefas atinentes às atividades de ensino, pesquisa e extensão, bem como para atividades administrativas diversas. Neste contexto, e levando em consideração os recorrentes cortes de recursos que as universidades vêm sofrendo, e com o intuito de buscar a eficiência na prestação dos serviços à comunidade acadêmica, buscam-se formas de reduzir custos a fim de se adequar ao orçamento anual disponibilizado para universidade.

Nesta perspectiva, surge a problemática desta pesquisa: como otimizar recursos e melhorar a prestação dos serviços prestados pela Coordenação de Transporte da UFEX? A fim de resolver tal indagação, traçou-se o seguinte objetivo: estimar a previsão da demanda de solicitações de para quatorze semanas de atendimento. Para tanto, utilizou-se técnicas de previsão de demanda, e com o apoio de programa de computador, identificou-se a técnica mais adequada para resolução do problema e que atenda ao objetivo proposto.

Logo, este trabalho está estruturado em seis seções: a) introdução; b) referencial teórico; c) procedimentos metodológicos; d) resultados e discussões; e) conclusões finais e por fim f) referências bibliográficas empregadas na pesquisa.

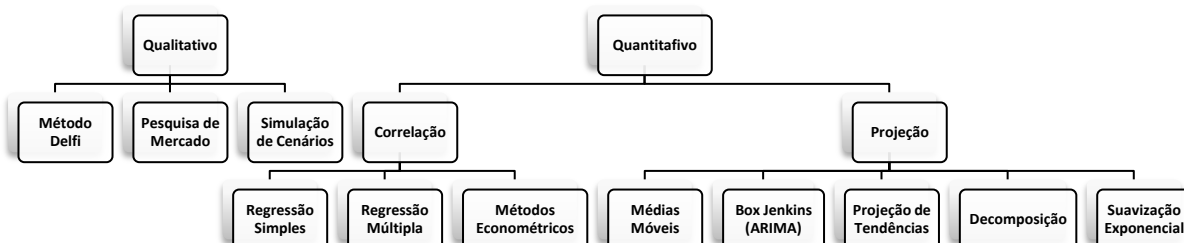
## 2. Referencial teórico

### 2.1 Métodos de previsão de demanda

O processo de previsão se faz necessário uma vez que existe incerteza no futuro, desta forma surge o empenho constante em diminuí-la (SAMOBYL et al., 2008). As previsões são necessárias para situações de longo ou curto prazo, em qualquer dos casos é de fundamental importância para o planejamento eficaz e eficiente (HYNDMAN e ATHANASOPOULOS, 2018).

Embora tenham sido desenvolvidas diferentes técnicas de previsão de demanda, as empresas devem identificar o modelo mais indicado para cada situação (MAKRIDAKIS et al., 1998). Existem dois tipos de técnicas de previsão de demanda: (a) qualitativa, cuja base de previsão se dá por meio de julgamento subjetivo e (b) quantitativa, que fazem uso da análise

de dados numéricos passados (MONTGOMERY et al., 2008; YOKOYAMA E TAKEDA 2014). Conforme pode ser verificado na Figura 1, Lustosa et al. (2008) destaca alguns dos principais métodos de previsão de demanda.



Fonte: Adaptado de Lustosa et al. (2008)

Figura 1- Métodos de previsão de demanda

### 2.1.1 Métodos qualitativos de previsão

Os métodos Delphi de pesquisa de mercado e de simulação de cenários possuem natureza qualitativa. No Método Delphi a previsão da demanda é estipulada em consonância com a opinião de especialistas. De acordo com Fusco (2003), os custos deste método costumam ser elevados. Além disso, esta técnica possui aplicação mais comum na resolução de problemas de longo prazo e na predição do comportamento futuro de médio e longo prazo para situações influenciadas por novos aspectos.

As pesquisas de mercado, por sua vez, têm a finalidade de identificar as necessidades dos clientes. De acordo com Davis et al. (2001) a coleta de dados por meio desta técnica tem o objetivo de efetuar o teste de hipóteses acerca do mercado, sendo geralmente utilizadas para previsões de longo prazo e para a venda de produtos recém lançados no mercado.

Na simulação de cenários objetiva-se construir diversos cenários futuros com base na opinião de especialistas (LUSTOSA et al., 2008). A análise destes cenários está embasada no diagnóstico do macroambiente externo, cuja finalidade é a tentativa de se descrever tendências de uma possível situação futura (ROJO, 2006).

### 2.1.2 Métodos quantitativos de previsão

São classificados como métodos quantitativos e de correlação os métodos de regressão simples, de regressão múltipla e econométricos. Para Tubino (2008) as previsões que se baseiam em correlações estimam a demanda com base na previsão de uma variável que tenha relação com outra variável. A Tabela 1 reproduz um resumo dos métodos de previsão baseados em correlação.

Método	Descrição
Regressão Simples	A regressão é simples no caso de existirem apenas duas variáveis envolvidas. O objetivo é encontrar uma equação linear de previsão do tipo $Y = a + bX$ , onde: “Y” é a previsão da demanda de um item dependente; “a” é a intersecção no eixo dos Y; “b” é igual ao coeficiente angular e o X é o valor da variável independente. (TUBINO, 2008).
Regressão Múltipla	A regressão é múltipla quando mais que duas variáveis estão envolvidas. (TUBINO, 2008). Na regressão múltipla modela-se uma relação entre uma variável dependente e diversas

variáveis independentes. É uma metodologia que mede as influências simultâneas de uma quantidade de variáveis independentes em relação a uma variável dependente (TUBINO, 2008).

Os métodos econométricos são aqueles que estão embasados em um sistema de equações de regressão independentes, os quais representam uma extensão da autorregressão para casos em que fortes interdependências são observadas dentre os fatores causais (GUERRINI et al., 2014). Diferentemente dos modelos de regressão múltipla que envolvem uma única equação, os modelos econométricos podem incluir diversas equações de regressão múltiplas de modo simultâneo (MAKRIDAKIS et al., 1998).

Fonte: Adaptado de Makridakis et al., 1998; Guerrini et al. (2014) e Tubino (2008)

Tabela 1 – Métodos previsão baseados em correlação

São classificados como métodos quantitativos e de projeção (modelo de séries temporais) os métodos de: médias móveis, projeção de tendências, decomposição, método Box Jenkins (ARIMA) e suavização exponencial. A tabela 2 apresenta um resumo destes métodos.

Uma série temporal é qualquer conjunto de observações históricas ordenadas sequencialmente em um período de tempo (MORETTIN e TOLOI, 2006; BOX et al., 2015). De acordo com Downing e Clark (2006) o modelo de séries temporais (séries históricas) se refere ao conjunto de medidas de mesma grandeza atinentes a diversos períodos de tempo consecutivos.

As séries temporais podem apresentar os seguintes componentes: média (horizontal), sazonalidade, ciclo e tendência. A média acontece quando os valores dos dados se ajustam horizontalmente em torno de uma média; a sazonalidade acontece quando há influência de variações sazonais; o ciclo é constatado quando os dados são influenciados por flutuações econômicas, geralmente tem duração mais prolongada que a sazonalidade; a tendência existe quando ocorre uma diminuição ou um aumento dos dados no decorrer do prazo (MAKRIDAKIS et al., 1998; GUERRINI et al., 2014).

Método	Descrição
Média Móvel	O método de média móvel leva em consideração a média aritmética de “n” períodos anteriores de forma a suavizar os resultados. Desta forma, quando um novo valor é adicionado a série, um valor mais antigo é desconsiderado (LUSTOSA et al., 2008).
Projeção de Tendências	A projeção de tendências se traduz como um movimento gradual de longo prazo da demanda. Seu cálculo se dá pela análise dos dados históricos, podendo ser linear ou não linear (TUBINO, 2008).
Decomposição	O método de decomposição clássica permite a previsão de tendências com sazonalidade no qual se retira o efeito sazonal, gerando uma série dessazonalizada. O fator sazonal pode ser aditivo ou multiplicativo (LUSTOSA et al., 2008).
ARIMA	O Método Box Jenkins (ARIMA) tem sido um dos modelos de previsão mais utilizados. Trata-se de uma abordagem orientada pela própria estrutura dos dados. Isto significa dizer que o valor da previsão futura será a combinação linear de valores e erros passados. É inadequado para séries não estacionárias (PAI E LIN, 2005; ADHIKARI e AGRAWAL, 2013)
Suavização Exponencial	No modelo de suavização exponencial é atribuído um peso para cada valor da série de forma que os dados mais recentes da série temporal recebem ponderações maiores (MAKRIDAKIS et al., 1998; LUSTOSA et al., 2008).

Fonte: Adaptado de Adhikari e Agrawal, 2013; Lustosa et al. (2008); Makridakis et al. (1998); Pai e Lin, (2005) e Tubino (2008)

Tabela 2 – Métodos de previsão baseados séries temporais (projeção)

Na suavização exponencial a ideia geral é a de que as observações mais recentes possuem maior relevância que as previsões mais antigas (BERGMEIR et al., 2016). Existem três tipos básicos de suavização exponencial: Suavização Exponencial Simples, Suavização Exponencial de Holt e o Modelo Exponencial de Holt-Winters (BILLAH et al., 2006; HYNDMAN e ATHANASOPOULOS, 2018).

A Suavização Exponencial Simples parte do princípio que a demanda gira em torno de uma demanda base constante, sendo corrigida por uma constante à medida que novos dados são incorporados a série histórica, de modo que os dados mais recentes recebem maiores ponderações. O uso deste modelo é adequado para séries que não possuem tendência e sazonalidade. A constante  $\alpha$  (para o nível) é o parâmetro de suavização do método, podendo variar entre 0 e 1 (HIRSCHEY, 2009; HYNDMAN e ATHANASOPOULOS, 2018).

O Método de Holt permite a previsão de demandas que apresente tendência nos dados. Trata-se de uma versão estendida do modelo de suavização simples. Para se fazer previsões neste método são usadas duas constantes, que podem variar entre 0 e 1:  $\alpha$ , para o nível e  $\beta$  para o crescimento (HIRSCHEY, 2009; HYNDMAN et al., 2008; HYNDMAN e ATHANASOPOULOS, 2018). Neste modelo, são utilizados os componentes nível (valor atual da série) e crescimento (quanto a série vai crescer) para realizar a previsão (SAMOHYL et al., 2008).

O Modelo Exponencial de Holt-Winters considera tendência e sazonalidade nas previsões (HYNDMAN et al., 2008). Para tanto, considera um ajuste para o nível, crescimento e outro para sazonalidade. As constantes usadas neste método são " $\alpha$ " para o nível, " $\beta$ " para o crescimento e " $\gamma$ " para sazonalidade, de forma que também podem variar entre 0 e 1. Possuem duas formas: uma para sazonalidade aditiva (sazonalidade somada à tendência da série) e outra para multiplicativa (sazonalidade multiplicada pela tendência da série) (SAMOHYL et al., 2008). A Tabela 3 apresenta a equação das duas formas.

	Holt-Winters Aditivo	Hold Winters Multiplicativo
Nível	$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-1}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + B_{t-1})$	$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-1}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + B_{t-1})$
Tendência	$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$	$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$
Sazonalidade	$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-1}$	$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-1}$
Previsão	$F_{t+m} = L_t + b_{t-m} + S_{t=1+m}$	$F_{t+m} = (L_t + b_{t-m})S_{t=1+m}$

Para ambos os métodos, temos:

S – Comprimento da sazonalidade;  $L_t$  – Nível da série;  $b_t$  – Tendência;  $S_t$  – Componente sazonal;  $F_{t+m}$  – Previsão para o período m;  $Y_t$  – Valor observado;  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  – São parâmetros exponenciais de nível, tendência e sazonalidade, respectivamente.

Fonte: Adaptado de Morettin e Toloi, 2006 e Hyndman e Athanasopoulos, 2018

Tabela 3 – Equações dos métodos Holt-Winters Aditivo e Holt-Winters Multiplicativo

Os métodos de suavização exponencial são classificados de acordo com sua combinação entre tendência e sazonalidade. A tendência pode ser nenhuma, aditiva, aditiva amortecida, multiplicativa ou multiplicativa amortecida. A sazonalidade pode ser do tipo nenhuma,

aditiva e multiplicativa (SAMOHYL et al., 2008). A Tabela 4 apresenta a classificação dos métodos de suavização exponencial.

Tendência	Sazonalidade		
	Nenhuma (N)	Aditiva (A)	Multiplicativa (M)
Nenhuma (N)	NN	NA	NM
Aditiva (A)	AN	AA	AM
Aditiva amortecida (Aa)	AaN	AaA	AaM
Multiplicativa (M)	MN	MA	MM
Multiplicativa Amortecida (Ma)	MaN	MaA	MaM

Fonte: Adaptado de Hyndman et al. (2002) e Taylor (2003)

Tabela 4 – Classificação dos métodos de suavização exponencial

A leitura da tabela é simples: a primeira letra do método faz alusão à tendência e a segunda se refere à sazonalidade. Por exemplo, o método NA faz referência ao Método de Holt, pois sua tendência é aditiva e não possui sazonalidade, AA se refere ao Método Holt-Winters Aditivo porque apresenta tendência e sazonalidade aditiva e o AM remete ao Método Holt-Winters Multiplicativo já que tem tendência aditiva e sazonalidade multiplicativa (SAMOHYL et al., 2008).

## 2.2 Avaliação da previsão da demanda

O erro na previsão da demanda está relacionado à proximidade e aderência que a previsão alcança, na estatística é chamado de desvio padrão, uma variância ou um desvio absoluto médio (BALLOU, 2004). De acordo com Miranda et al. (2011), quando existirem erros de previsão e quanto maior forem estes, maiores serão as dificuldades de se realizar o planejamento, impactando em perdas financeiras e na redução da competitividade. A Tabela 5 apresenta um resumo das medidas de discrepâncias apresentadas por Samohyl et al. (2008).

Método	Descrição
<b>Discrepância Média – DM</b>	É a média dos erros que se deseja mensurar. Trata-se de uma medida simples.
<b>Discrepância Absoluta Média – DAM</b>	Medida mais robusta que o erro médio já que seus valores são considerados em sua forma absoluta (sem sinal), buscando eliminar as desvantagens do DM.
<b>Discrepância Quadrada Média – DQM</b>	Segue a mesma lógica que o DAM de eliminar a desvantagens do DM, neutralizando o sinal, levando em consideração o quadrado dos erros.
<b>Raiz Quadrada da Discrepância Quadrada Média – RQDQM</b>	Busca eliminar a desvantagem dos altos valores da DQM, calculando a raiz quadrada da DQM, tornando as unidades mais comparáveis a outras medidas.
<b>Discrepância Percentual Absoluta Média - DPAM</b>	Segue a lógica dos critérios que neutralizam o sinal dos valores individuais. O cálculo da média é realizado, em termos absolutos, pelo somatório da razão entre a diferença e o valor observado.

Fonte: Adaptado de Samohyl et al. (2008)

Tabela 5- Medidas de discrepâncias

U de Theil permite uma comparação de métodos em relação a modelos de previsão ingênua. Quanto mais o valor se aproxima de zero melhor será a técnica de previsão (MAKRIDAKIS et al., 1998; ADHIKARI e AGRAWA, 2013). O U de Theil possui papel decisivo para utilização ou não de uma técnica de previsão, seja ela quantitativa ou qualitativa. Seus valores variam entre zero e um de maneira que se buscam valores menores que um (SAMOBYL et al., 2008)

### 3. Procedimentos metodológicos

Trata-se de um estudo de caso realizado na Coordenação de Transporte da UFEX. De acordo com Yin (2003), um estudo de caso se traduz como uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo seguindo um conjunto de procedimentos pré-especificados. A pesquisa possui natureza quantitativa, uma vez que se utilizou dos dados atinentes à quantidade de solicitações realizadas no setor em um período de 18 meses.

Isto posto, para atendimento do objetivo proposto, utilizaram-se as etapas sugeridas por Makridakis et al. (1998), conforme pode ser visualizado na Figura 2:

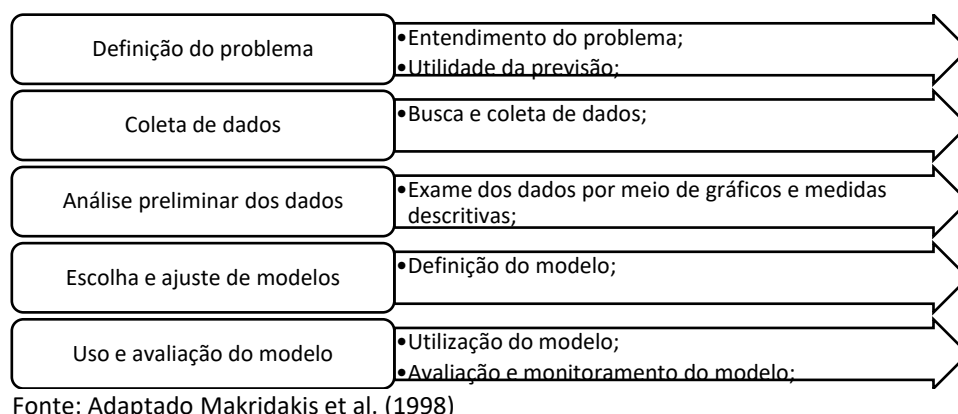


Figura 2- Metodologia para construção do modelo

Quanto à definição do problema, em virtude dos recorrentes cortes de recursos que as universidades públicas vêm sofrendo e buscando formas de aperfeiçoar seus serviços para atender com presteza à comunidade acadêmica, objetivou-se estimar a demanda de solicitações futuras da Coordenação de Transporte da UFEX para quatorze semanas subsequentes ao período observado.

Acerca da coleta de dados, esta foi realizada via análise de documentos internos, como também pela utilização de informações disponibilizadas no site da universidade. Para tanto, foram utilizados os dados das solicitações realizadas no período compreendido entre 02 de janeiro de 2018 e 23 de junho de 2019 que, para melhor análise, foram divididos em semanas.

Para efetuar a análise dos dados, seleção, validação e escolha do melhor modelo, empregou-se uma metodologia de seleção automática de métodos sugerida por Samohyl et al. (2008), baseada em Hyndman (2002), que leva em consideração o DM, DAM, RQDQM, DPAM, U de Theil. Apesar disso, o suplemento seleciona como modelo aquele que apresenta o melhor índice AIC. De acordo com Snipes e Taylor (2014), o Critério de Informação de Akaike

(Akaike's Information Criterion – AIC) foi desenvolvido com a finalidade de comparar diferentes modelos em um determinado resultado. Para Samohyl et al. (2008) o método busca minimizar as discrepâncias de ajustamento e ao mesmo tempo escolhe o método com menor parâmetro.

Por fim, quanto à implantação e monitoramento das previsões, caberá à coordenação de transporte a decisão de sua utilização.

#### 4. Resultados e discussões

A Coordenação de Transporte da UFEX é responsável pela gestão da frota de veículos da Universidade cujas principais responsabilidades são: a manutenção de veículos; o controle do consumo de combustível, pneus e lubrificantes; a regularização da frota, elaboração das rotinas e o agendamento de veículos para fins de consecução de atividades de ensino, pesquisa e extensão, dentre outros eventos logísticos vinculados aos objetivos da instituição. Atualmente dispõe de uma frota composta por 76 veículos.

Esta pesquisa, no entanto, se restringiu as atividades de agendamentos de veículos para realização de atividades de pesquisa, práticas de campo, coletas de dados e fiscalizações externas. Para tanto, são disponibilizados 28 veículos para consecução destas atividades. Regularmente estes automóveis ficam indisponíveis para que sejam feitos os serviços de higienização e manutenção preventiva e corretiva, limitando a quantidade de veículos disponibilizados para os requisitantes.

A Tabela 6 mostra os dados correspondentes à série histórica de solicitações para agendamento de veículos, que somadas em semanas, totalizam 77. Este período faz referência àquele compreendido entre os meses de janeiro de 2018 a junho de 2019.

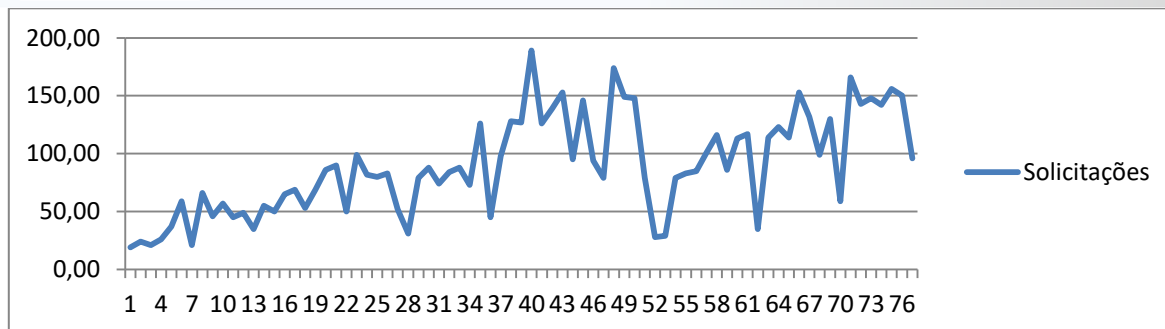
<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
19	24	21	26	37	59	21	66	46	57	45	49	35
<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>
55	50	65	69	53	69	86	90	50	99	82	80	83
<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>
52	31	79	88	74	84	88	73	126	45	98	128	127
<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>52</b>
189	126	139	153	95	146	94	79	174	149	148	79	28
<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>
29	79	83	85	101	116	86	113	117	35	114	123	114
<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>77</b>	-
153	132	99	130	59	166	143	148	142	156	150	96	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Tabela 6- Número de solicitações para demanda de transportes

A partir desta série histórica foi possível gerar o gráfico constante na Figura 3. Desta forma, indentificou-se preliminarmente um comportamento de tendência e sazonalidade, tonando conveniente a utilização do método Holt-Winters para determinação das previsões.

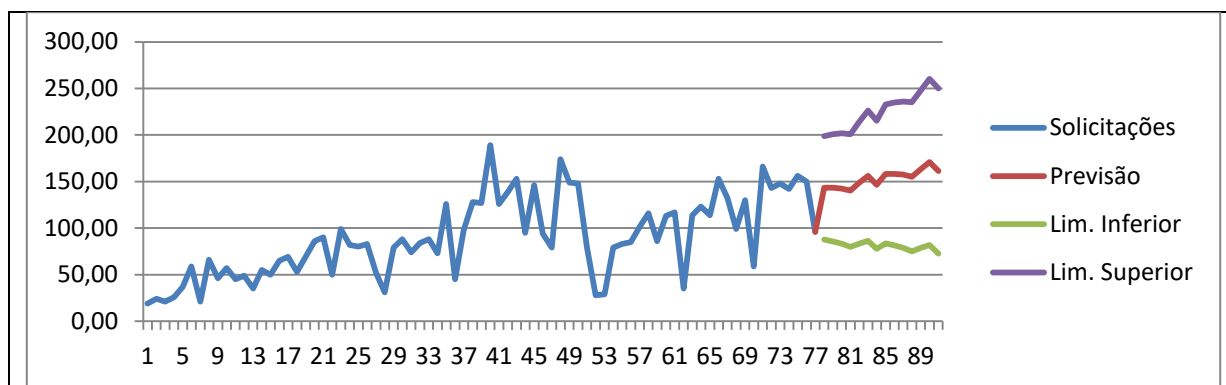




Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Figura 3- Quantidade de solicitações

Utilizando-se do suplemento em Excel gerou-se a previsão de demanda para quatorze períodos subsequentes, das semanas 78 a 91. A Figura 4 apresenta a previsão bem como a avaliação do modelo MaA de acordo com o DM, DAM, DPAM, RQDQM,  $r_1$ ,  $U$  de Theil e AIC. Além das medidas de discrepância apresentadas, o software retornou o resultado do coeficiente de autocorrelação de erros ( $r_1$ ), que se busca o valor mais próximo de zero possível. Apesar do programa apresentar vários métodos de avaliação da qualidade dos modelos, o suplemento leva em consideração aquele modelo que apresenta o menor AIC, pois quanto menor for o valor apresentado no AIC, melhor será a previsão do método.



Previsão para o período - Método MaA

78	79	80	81	82	83	84
143,34	143,37	142,52	140,32	148,50	156,25	146,42
85	86	87	88	89	90	91
158,15	158,19	157,34	155,14	163,32	171,06	161,24

Avaliação do modelo - Método MaA

DM	DAM	DPAM	RQDQM	$r_1$	$U$ de Theil	AIC
- 3,840	22,180	35,66%	31,533	0,096	0,771	855,366

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Figura 4- Previsão do período e avaliação do modelo

Desta feita, retornou-se como resultado o modelo de tendência multiplicativa amortecida com sazonalidade aditiva - MaA. Quanto aos valores obtidos para avaliação do modelo, observa-se o valor de 0,771 para o  $U$  de Theil configura-se abaixo de 01 ( $\mu$ m). O AIC de 855,366 correspondeu ao menor valor dentre todos os modelos apresentados. Além disso, observa-se a aderência do modelo ao caso concreto, posto que: a tendência é verificada pelo fato de que a quantidade de solicitações vem crescendo no decorrer do tempo; a sazonalidade acontece porque nos períodos de recesso acadêmico a quantidade de

solicitações diminuí e, por sua vez, no período letivo as requisições de veículos aumentam; a previsão consta dentro do limite superior e inferior do gráfico. Também, um fator importante a se levar em consideração é dos períodos de feriados e pontos facultativos haja vista que acarretam na diminuição drástica de solicitações de carros, que são os pontos próximos ao limite superior e inferior do gráfico.

## 5. Conclusões

A previsão de demanda tem papel fundamental no processo logístico, possibilitando melhor planejamento estratégico e auxiliando na tomada de decisão. No contexto público brasileiro, principalmente após o advento da Emenda Constitucional de nº 19 de 1998, a busca pelo alcance do interesse público, prestações de serviços com maior eficiência e efetividade, também têm sido o foco de interesse do Estado neste cenário da Nova Gestão Pública.

Neste sentido, esta pesquisa se propôs a estimar a quantidade futura de solicitações de veículos em um universidade pública utilizando-se do método de suavização exponencial. Para tanto, utilizou-se de um estudo de caso no setor de transporte da Universidade Federal X - UFEX, coletando dados via documentos internos e outros disponíveis no sítio eletrônico da universidade. Assim, estimou-se a previsão da demanda para quatorze períodos subsequentes por meio do emprego de um software específico para previsão de demanda.

As medidas de validação do modelo, entre outras o U de Theil e o AIC, indicaram que o modelo de tendência multiplicativa amortecida com sazonalidade aditiva - MaA mostrou-se aderente ao caso. Também foi possível verificar a aderência do método por meio da constatação da tendência do aumento do número de solicitações do setor, bem como pelos períodos de sazonalidade do período acadêmico, que tendem a diminuir no recesso e aumentar no período letivo.

Utilizando-se do método de previsão da demanda destacado neste trabalho, a Coordenação de Transporte da UFEX poderá realizar um planejamento de suas operações mais assertivo, propiciando um serviço de qualidade aos usuários requisitantes. Dentre os principais benefícios que o setor pode angariar, temos: (a) planejar os períodos nos quais serão realizadas as manutenções preventivas, evitando maiores gastos com manutenção corretiva; (b) planejar e organizar de modo mais eficiente e otimizar períodos de férias dos servidores do quadro; (c) escolher o melhor período para regularização e vistorias dos veículos (d) reduzir custos operacionais (e) obter informações essenciais a respeito da prestação dos serviços do setor.

## Referências

ADHIKARI, R.; AGRAWAL, R. K. **An introductory study on time series modeling and forecasting**. Ed: Lambert Academic Publishing, 2013.

ALMEIDA, L. L.; RAUPP, F. A utilização de modelos estatísticos baseados na previsão da demanda aplicados a uma linha de transporte público municipal. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37, Joinville. **Anais...** Joinville, XXXVII ENEGEP, 2017.

BALLOU, R. H. **Business Logistics: Supply Chain Management**. Ed: Prentice Hall, 2004.

BERGMEIR, C., HYNDMAN, R. J.; BENÍTEZ, J. M. Bagging exponential smoothing methods using STL decomposition and Box-Cox transformation. **International Journal of Forecasting**, v. 32, p. 303-312, 2016.

BILLAH, B., KING, M. L., SNYDER, R. D.; KOEHLER, A. B. Exponential smoothing model selection for forecasting. **International journal of forecasting**, v. 22, p. 239-247, 2006.

BOX, G. E., JENKINS, G. M., REINSEL, G. C.; LJUNG, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. Ed: Wiley, 2015.

BRANDALISE, L. **Administração de materiais e logística**. Porto Alegre, RS: Simplissimo Livros Ltda, 2017.

BRANDÃO, N. B.; OLIVEIRA, M. B. de; ALEXANDRE, J. W. C.; FREITAS, S. M. de. Aplicação de gráficos de controle com limites móveis na modelagem da demanda de passageiros do aeroporto internacional de Belém a Partir da suavização exponencial de Holt-Winters. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, XXXII ENEGEP, 2012.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

DANTAS, T. M.; OLIVEIRA, F. L. C. Bagging Arima para previsão de demanda de transporte aéreo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza, CE. **Anais...** XXXV ENEGEP, 2015.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DOWNING, D.; CLARK, J. **Estatística Aplicada**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

FERREIRA FILHO, V. J. M. **Gestão de Operações e Logística na Produção de Petróleo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

FUSCO, J. P. A.; SACOMANO, J. B.; BARBOSA, F. A.; AZZOLIN, W. **Administração de Operações**. São Paulo: Arte & Ciência, 2003.

GONÇALVES, M. B.; BEZ, E. T.; NOVAES, A. G. Modelos econométricos aplicados à previsão de demanda por transporte interestadual de passageiros de ônibus no Brasil. **TRANSPORTES**, v. 15, n. 1, p. 24-33, 2007.

GRANT, D. **Gestão de logística e cadeia de suprimento**. São Paulo: Editora Saraiva, 2017.

GUERRINI, F. M.; AZZOLINI JÚNIOR, W.; BELHOT, R. V. **Planejamento e controle de produção: projeto e operação de sistemas**. Rio de Janeiro Elsevier, 2014.

HIRSCHEY, M. **Fundamentals of Managerial Economics**. Manson, USA: Cengage Learning, 2009.

HYNDMAN, R. J., KOEHLER, A. B., SNYDER, R. D.; GROSE, S. A state space framework for automatic forecasting using exponential smoothing methods. **International Journal of Forecasting**, v. 18, 2002.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice**. OTexts, 2018.

HYNDMAN, R., KOEHLER, A. B., ORD, J. K.; SNYDER, R. D. **Forecasting with exponential smoothing: the state space approach**. Springer Science & Business Media, 2008.

LEITE, A. V. P.; DOS SANTOS, A. J.; HATAKEYAMA, K. Demand forecasting and inventory management in Small supermarkets. **Revista ESPACIOS**, v. 37, n.31, 2016.

LIMA, A. O.; LIMA, I. D. A.; VIEIRA, J. A. S.; BOTELHO, J. C.; MARTINS, Vitor. Utilização de técnicas de previsão de demanda para análise do crescimento da frota de veículos no Município de Marabá/Pa. In: ENCONTRO INTERESTADUAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1, São João da Barra, **Anais...** São João da Barra, I EINEPRO, 2015.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2008.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. **Forecasting: Methods and Applications**. 3. ed., New York: John Wiley & Sons, 1998.

MARENGA, R. H.; KACHBA, Y. R. Previsão da movimentação de veículos nos portos de Santos e Paranaguá pela metodologia de Box-Jenkins Arima. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, XXXVI ENEGEP, 2016.

MEIRELLES, H. L. **Direito Administrativo Brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2002.

MIRANDA, R. G.; ANDRADE, G. J. P. O.; GERBER, J. Z.; BORNIA, A. C. Método estruturado para o processo de planejamento da demanda nas organizações. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, v. 4, n. 1, p. 45-53, 2011.

MONTGOMERY, D. C.; JENNINGS, C. L.; KULAHCI, M.; **Introduction to Time Series Analysis and Forecasting**. New York: John Wiley & Sons, 2008.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo, Ed.: Blucher, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, F. A. DE; PINHEIRO, S. M. Previsão do tráfego da MG-050 utilizando modelos Arima e combinação de previsões. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21, Bauru. **Anais...** Bauru, XXI SIMPEP, 2014.

PACHECO, R. F.; SILVA, A. V. F. Aplicação de modelos quantitativos de previsão em uma empresa de transporte ferroviário. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, XXIII ENEGEP, 2003.

PAI, P. F.; LIN, C. S. A hybrid ARIMA and support vector machines model in stock price forecasting. **Omega**, v.33, p. 497-505, 2005.

ROJO, C. A. **Planejamento Estratégico**. Cascavel: Assoeste, 2006.

SAMOHYL, R. W.; SOUZA, G. P.; MIRANDA, R. G. **Métodos simplificados de previsão empresarial**. Ciência Moderna, 2008.

SNIPES, M.; TAYLOR, D. C. Model selection and Akaike Information Criteria: An example from wine ratings and prices. **Wine Economics and Policy**, v. 3, p. 3-9, 2014.

TAYLOR, J. W. Exponential smoothing with a damped multiplicative trend. **International Journal of Forecasting**, 19, pp. 715– 725, 2003.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2008.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. 3ª. ed. London, Sage Publications, 2003.

YOKOYAMA, T. T.; TAKEDA, S. L. Proposta de aplicação de previsão de vendas de séries temporais para uma indústria metal-mecânica. **Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura**, v. 14, p. 141-152, 2014.