

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

GABRIEL HÖFIG DE CASTILHO

**Análise de previsão de demanda utilizando o Método de Suavização  
Exponencial: um estudo de caso na indústria automobilística brasileira**

Lorena

2021

GABRIEL HÖFIG DE CASTILHO

**Análise de previsão de demanda utilizando o Método de Suavização Exponencial: um estudo de caso na indústria automobilística brasileira**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo como requisito parcial para conclusão da Graduação do curso de Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Maciel Gomes

Versão Original

Lorena

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado  
da Escola de Engenharia de Lorena,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Castilho, Gabriel Höfig de  
Análise de previsão de demanda utilizando o  
método de suavização exponencial: um estudo de caso  
na indústria automobilística brasileira / Gabriel  
Höfig de Castilho; orientador Fabrício Maciel Gomes. -  
Lorena, 2021.  
81 p.

Monografia apresentada como requisito parcial  
para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia  
de Produção - Escola de Engenharia de Lorena da  
Universidade de São Paulo. 2021

1. Previsão de demanda. 2. Suavização exponencial.  
3. Indústria automobilística brasileira. I. Título.  
II. Gomes, Fabrício Maciel, orient.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço antes de tudo aos mais importantes, todos aqueles que me deram carona.

Também sou grato à Deus, por me proporcionar foco, força e fé. Aos amigos verdadeiros, que estiveram ao meu lado na graduação em engenharia, com os quais tive oportunidade de conviver, aprender e ensinar.

Aos educadores, de quem pude extrair o conhecimento que possuo hoje, que me inspiraram e incentivaram. Em especial, ao Professor Dr. Fabrício Maciel Gomes, meu orientador neste trabalho e amigo.

Agradeço à Equipe EEL Racing de Fórmula SAE, onde fui acolhido durante quatro anos, por darem sentido ao meu esforço e por serem fundamentais em meu desenvolvimento prático e humano. Além da Escola de Engenharia de Lorena - USP, berço da minha formação acadêmica.

Reconheço ainda o apoio que tive para a finalização dessa monografia, vindo de meu estimado amigo Wallace Martins e de minha querida namorada Júlia Roriz.

Por fim, agradeço a missão que me foi dada como engenheiro, em seguir com honra, dignidade e excelência a profissão de meu pai e do pai dele.

## RESUMO

CASTILHO, G. H. de **Análise de previsão de demanda utilizando o Método de Suavização Exponencial: um estudo de caso na indústria automobilística brasileira**. 2021. 81p. Trabalho de conclusão de curso - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena 2021.

Perante a intensa instabilidade do mercado interno brasileiro, devido à inconsistência econômica do país nos últimos anos e a recente pandemia da COVID-19, torna-se necessária a reorganização dos processos de produção pelas empresas, considerando o ajuste constante de fatores como estoque, linha de montagem e mão de obra. Progressivamente, por meio de métodos de previsão de demanda, as empresas conseguem efetivar essas reestruturações em seus processos produtivos quando vantajoso. Considerando a relevância do tema, visto que o planejamento e controle da produção pode atuar sobre qualquer segmento industrial, este estudo de caso teve como objetivo a determinação de um modelo de previsão para a demanda da indústria automobilística brasileira, analisando separadamente três das maiores montadoras de veículos do país. Para isso, os modelos de suavização exponencial foram utilizados sobre os números de licenciamentos de veículos nacionais, em decorrência à boa precisão de seus resultados sobre demandas intermitentes. Através do método, observou-se que os dados coletados possuem grande similaridade em sua distribuição e que dentro do período coletado se comportam aleatoriamente. Então, o modelo mais preciso para a previsão da demanda das três montadoras foi o de suavização exponencial simples, resultando nos menores valores de erro absoluto médio percentual. Por fim os objetivos do trabalho foram concluídos, a previsão da demanda para o presente ano de 2021 foi calculada para cada montadora, e recomendações foram feitas para a continuidade dos trabalhos nesta área de estudo.

**Palavras-chave:** Previsão de Demanda. Suavização Exponencial. Indústria Automobilística Brasileira.

## ABSTRACT

CASTILHO, G. H. de **Demand forecast analyses using the Exponential Smoothing Method: a case study in the Brazilian automotive industry.** 2021. 81p. Final course assignment - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena 2021.

In front of the intense instability on Brazilian intern market, because of the economics issues of the country in the last years and the recent COVID-19 pandemic, the reorganization of production process for companies has become necessary, considering the constant adjustment of factors like stock, assemble line and work force. Progressively, using methods of demand forecast, companies can get this restructuring on their production process when it is beneficial. Considering the importance of the theme, seeing that the planning and production control can act in any industry segment, this case study had the objective to determinate a demand forecast model to the Brazilian automotive industry, analyzing each one of three biggest cars companies in the country. To do this, the model of exponential smoothing was used on the number of national vehicles licensing, due to the good accuracy of its results when used on intermittent demands. Through this method, it was observed that the collected data has great similarity in their distribution and that within the collected period they behave randomly. That way, the most accurate model for forecasting the demand of the three automakers was the simple exponential smoothing, resulting in the smallest mean average percentage error values. Finally, the work objectives were completed, the demand forecast for the present year of 2021 was calculated for each company, and recommendations were made for further work in this filed of study.

**Keywords:** Demand Forecast. Exponential Smoothing. Brazilian Automotive Industry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Faturamento Líquido Anual do Segmento de Autoveículos no Brasil.....	13
Figura 2 - <i>Framework</i> do PCP <i>Smart</i> .....	15
Figura 3 - Métodos Tradicionais de Tratamento de Informações em Previsões.....	18
Figura 4 - Estrutura de Condução do Estudo de Caso.....	24
Figura 5 - Licenciamentos de Automóveis Nacionais no Brasil da Montadora GM.....	28
Figura 6 - Licenciamentos de Automóveis Nacionais no Brasil da Montadora Volks...	29
Figura 7 - Licenciamentos de Automóveis Nacionais no Brasil da Montadora FCA.....	29
Figura 8 - Gráficos das Três Montadoras Dispostos em Painel Múltiplo.....	30
Figura 9 - Planilha Padrão SES.....	31
Figura 10 - Planilha Padrão SEH.....	32
Figura 11 - Planilha Padrão SEW.....	33
Figura 12 - Demanda Real e Prevista Para a Montadora GM.....	36
Figura 13 - Demanda Real e Prevista Para a Montadora Volks.....	37
Figura 14 - Demanda Real e Prevista Para a Montadora FCA.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de Licenciamentos de Automóveis Nacionais no Brasil.....	27
Tabela 2 - Erro Absoluto Médio Percentual por Modelo.....	35
Tabela 3 - Desvio Padrão Amostral por Modelo.....	35
Tabela 4 - MAD e DPA dos Modelos com Melhor Precisão.....	38
Tabela 5 - Modelo SEWa_m5 da Montadora GM.....	39

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	9
1.2	JUSTIFICATIVA.....	10
1.3	OBJETIVOS.....	11
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
2.1	INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA .....	12
2.2	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO .....	14
2.3	PREVISÃO DE DEMANDA .....	16
<b>2.3.1</b>	<b>Métodos de Previsão .....</b>	<b>17</b>
2.4	MÉTODO DE SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL.....	19
<b>2.4.1</b>	<b>Modelo de Suavização Exponencial Simples .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Modelo de Suavização Exponencial de Holt.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters .....</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>24</b>
3.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	25
3.2	ESTRUTURAÇÃO CONCEITUAL-TEÓRICA .....	25
3.3	PLANEJAMENTO DO CASO.....	25
3.4	COLETA DE DADOS .....	26
3.5	ANÁLISE DE DADOS.....	27
3.6	ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO.....	34
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>35</b>
4.1	RESULTADOS DA VALIDAÇÃO .....	36
4.2	DISCUSSÕES SOBRE A VALIDAÇÃO .....	38
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>41</b>
5.1	CONCLUSÃO .....	41
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	41
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>
	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>46</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No mercado global, a gestão da produção atua como o sistema de medidas que proporciona um desenvolvimento harmonioso da produção através da combinação de elementos da cadeia produtiva no espaço e no tempo. Funciona como ferramenta de gerenciamento de processos que trabalha com recursos finitos, logo se torna fundamental otimizar e planejar aplicações para esses recursos (GARIFULLINA; GABZALILOVA, 2020). Este processo de planejamento engloba a gestão da manufatura e da administração da empresa visando máxima produtividade, lucratividade e competitividade associadas ao foco estratégico da organização (SONG; WOO; SHIN, 2011).

Na indústria automobilística a demanda do cliente é responsável pelas informações base da gestão de toda a cadeia produtiva. Dessa forma, a demanda oferece suporte para uma previsão precisa resultando em parâmetros valiosos e fornecendo poder para a administração na tomada de decisão antecipada, que impacta substancialmente no controle e disponibilidade de três fatores essenciais: estoque, linha de montagem e mão de obra. Esses três fatores, quando planejados corretamente no presente para atuarem no futuro, minimizam os desperdícios e perdas de vendas, maximizam os lucros e otimizam as quantidades de veículos produzidos (KLUG, 2013).

Considerando o enorme portfólio das montadoras e seus diferentes segmentos de clientes, como explicam Chiang, Lin e Suresh (2016), é importante aplicar modelos de previsão distintos para cada ramo da indústria automobilística, de maneira a obter melhores resultados para as previsões atendendo às múltiplas variáveis de cada segmento. Um método de previsão que pode ser utilizado é o modelo de suavização exponencial, objeto de estudo do presente trabalho.

A suavização exponencial foi proposta no fim da década de 1950, e deriva de três métodos matemáticos de previsão de grande sucesso e aplicação não apenas na previsão de demandas de mercado, mas também na previsão de modelos de propagação de doenças, como a COVID-19 (SEONG; LEE, 2021). O método opera sobre dados históricos que constituem séries temporais, resultando em uma equação

parametrizada das observações para projetar um resultado futuro da variável analisada (GULERYUZ, 2021).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

As organizações presentes no mercado atual necessitam de uma constante reelaboração das atividades sem dispor do padrão de excelência. Um planejamento adequado colabora com essa perspectiva que visa sempre a redução de custos a fim de obter vantagens em seu segmento de atuação, logo a otimização dos processos é normalmente o caminho mais explorado (CARNEIRO *et al.*, 2007). Ao encontro desse planejamento, os clientes exigem ainda mais produtos com qualidade e preço competitivos, fato que reforça a necessidade da contínua busca pela simetria entre os setores produtivos e administrativos (GOULART; ROSA, 2004).

Mediante essa imposição do mercado, a previsão da demanda é ferramenta fundamental para tal planejamento. Um exemplo de sua importância e impacto é visto na indústria alimentícia dos Estados Unidos, na qual a aplicação precisa de métodos de previsão na geração de parâmetros para a gestão da produção resultou em uma economia de mais de US\$ 30 bilhões (CHIANG; LIN; SURESH, 2016).

Dessa forma, este trabalho foi encorajado pelo atual cenário de crise no setor automobilístico brasileiro, gerado inclusive, pelo encerramento da produção das fábricas da *Ford Motor Company* Brasil Ltda. (Ford). A instabilidade econômica e incertezas das demandas futuras impactam diretamente toda a cadeia de suprimentos do ramo, interferindo no mercado durante anos. O déficit econômico nos estados onde se localizam as plantas da empresa atinge a casa dos bilhões considerando apenas o produto interno bruto (PIB) e renda *per capita*, além do número de postos de empregos diretos e indiretos também afetados negativamente superando centenas de milhares em todo o país (FERNANDES; HADDAD; DIAS, 2021).

Dessa forma, um estudo de previsão de demanda no setor apresenta oportunidades de comprovação do uso de ferramentas efetivas sobre determinadas variáveis. Ademais, a geração de informações para tomada de decisão resulta no ajuste antecipado dos processos através de um planejamento preciso, o que ajuda a estabelecer indicadores econômicos e possibilita a manutenção das empresas e empregos de toda a cadeia.

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal foi determinar um modelo de previsão para a demanda na indústria automobilística brasileira, baseando-se em dados históricos de vendas anuais de veículos das três maiores montadoras do país, comparando o desempenho dos métodos de suavização exponencial.

Sendo assim, definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Levantar dados históricos fidedignos, dentre os anos de 2000 e 2020, das três montadoras com os maiores números atuais de vendas no Brasil;
- Validar os modelos obtidos através da comparação de seus resultados de precisão;
- Aplicar o modelo melhor validado para obter a projeção da demanda de cada empresa para o presente ano de 2021.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste capítulo encontra-se uma introdução sobre o tema abordado, abrangendo contextualização, justificativa e os objetivos do estudo.

O capítulo subsequente foi direcionado à estruturação conceitual-teórica do tema, na qual encontram-se informações retiradas da literatura sobre a indústria automobilística brasileira, planejamento e controle da produção, estudo e aplicação de métodos de previsão de demanda e sobre o modelo de suavização exponencial, servindo como facilitador para compreensão destes assuntos na produção acadêmica.

O capítulo 3 foi destinado à apresentação da metodologia utilizada, elucidando as etapas que foram seguidas para alcançar os objetivos do trabalho, desde a definição do problema até a elaboração de relatório.

O capítulo 4 foi reservado para apresentação dos resultados obtidos após a aplicação dos métodos de suavização, além das discussões cabíveis ao estudo.

Por fim, o capítulo 5 foi destinado para conclusão e recomendações para a continuidade dos trabalhos nesta área de estudo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA

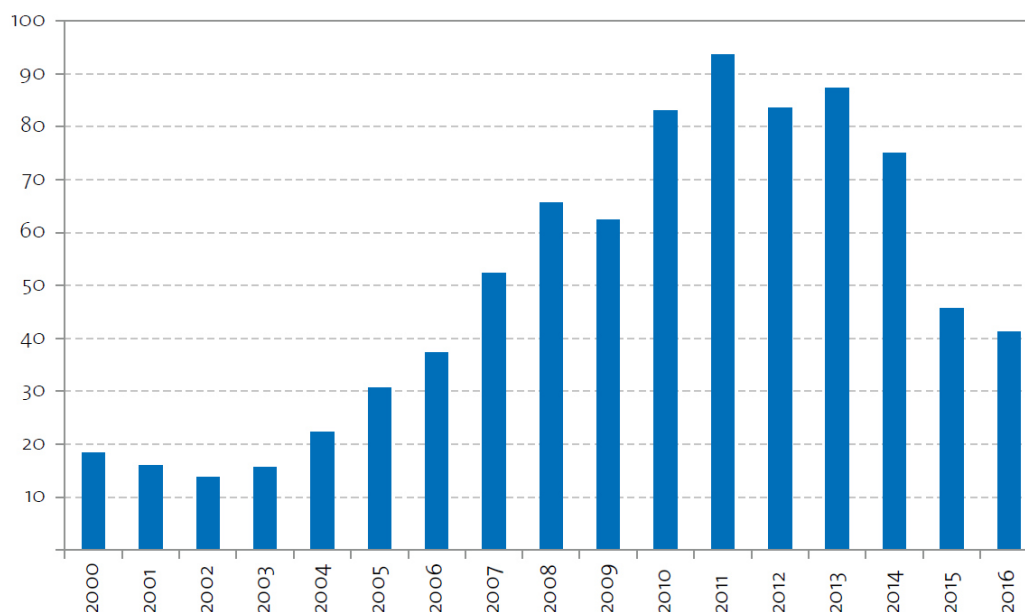
A indústria automobilística está inserida dentro da divisão da indústria metalmecânica e representa enorme relevância para a economia brasileira, configurando cerca de 5% do PIB do país e mais de 20% do mesmo indicador referente à indústria de transformação. Existem mais de 27 montadoras instaladas no Brasil e 446 fabricantes de autopeças que geram juntos, direta e indiretamente, aproximadamente 1,3 milhão de empregos e formam uma impactante cadeia de suprimentos. Estes dados levam o país ao patamar de décimo maior produtor e o oitavo maior mercado consumidor do mundo (DAUDT; WILLCOX, 2018).

As empresas *General Motors* do Brasil Ltda. (GM), *Volkswagem* do Brasil Ltda. (Volks) e *Fiat Chrysler* Automóveis do Brasil Ltda. (FCA), atualmente parte do grupo *Stellantis*, são respectivamente, as montadoras com maior número de vendas no país, com destaque para a FCA que faz no Brasil seu segundo maior mercado consumidor no mundo. Estas empresas, por suas características e tempo de atuação, retratam com clareza as evoluções e retrocessos do setor no mercado nas últimas duas décadas, com forte crescimento entre 2000 e 2011 e brusca queda a partir de 2012 até 2016. Reestruturando-se nos últimos cinco anos através de adaptações em processos e projetos para contínua atuação competitiva no mercado (DAUDT; WILLCOX, 2018).

De acordo com Claro Junior e Santos (2018), essa brusca queda no mercado, assim como no faturamento do segmento automobilístico, mostrado na Figura 1, são geradas por um conjunto de fatores internos e externos, como a crise econômica mundial e nacional no período, políticas públicas nacionais e regionais no Brasil além dos números baixos de vendas internas e exportação devido à queda do poder aquisitivo da população. O estudo também retrata como os processos de tomada de decisão das empresas são influenciados por esse conjunto de fatores.

O cenário mais atual ainda projeta instabilidade e incertezas em razão da decisão tomada pela empresa Ford, ao encerrar suas atividades no país, que pode ser retrato das condições atuais de mercado, afetado pela crise dos *chips*, além da crise econômica brasileira e baixa geração de empregos decorrentes da pandemia da COVID-19 (DOMINGUES; MAGALHÃES; CARDOSO, 2020).

Figura 1 - Faturamento Líquido Anual do Segmento de Autoveículos no Brasil (US\$ bilhões)



Fonte: (ANFAVEA, 2021)

Como descrito por Kennedy e Avila (2013), a tomada de decisão em uma empresa automobilística com subsidiária no Brasil, sobre um cenário extremamente incerto, impacta a produção com reflexos em até 50 anos após o planejamento realizado. À vista disso, dados quantitativos e qualitativos devem ser trabalhados juntos para uma antecipação de discontinuidades nos cenários futuros, que em certo prazo se tornarão realidade, agindo sobre os riscos em definições complexas da organização relacionadas a capacidade, *mix* de veículos, preços, cadeia de suprimentos, exportações e relacionamento com clientes, trabalhadores e governo.

Em meio a esse cenário ainda existe o atual desenvolvimento de inovação nos processos do setor automobilístico no país, caracterizados pela Indústria 4.0, considerada como quarta revolução industrial e que exige das empresas um entendimento melhor não apenas dos números relacionados à demanda, mas também das características dos produtos demandados, requerendo conhecimento e tecnologia prévia para o desenvolvimento de um processo mais eficaz com participação ativa dos setores de planejamento e controle da produção das montadoras (PACCHINI *et al.*, 2020).

## 2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Seguindo o movimento evolutivo do mercado globalizado com requisitos cada vez mais voláteis, as estratégias de planejamento e controle da produção (PCP) ganham importante destaque. Sofrendo constantes modificações para manter as organizações em cenário competitivo, aprimorando sua capacidade de atendimento e adaptação (WOSCHANK; DALLASEGA; KAPPELLER, 2020). O PCP aparece como um processo estudado na engenharia de produção além de nomear setores exclusivos da esmagadora maioria das indústrias, sendo um processo indispensável que agrega enorme valor à atividade de manufatura e garante que a empresa equilibre seu desempenho de fabricação com a demanda do cliente (BUENO; GODINHO FILHO; FRANK, 2020).

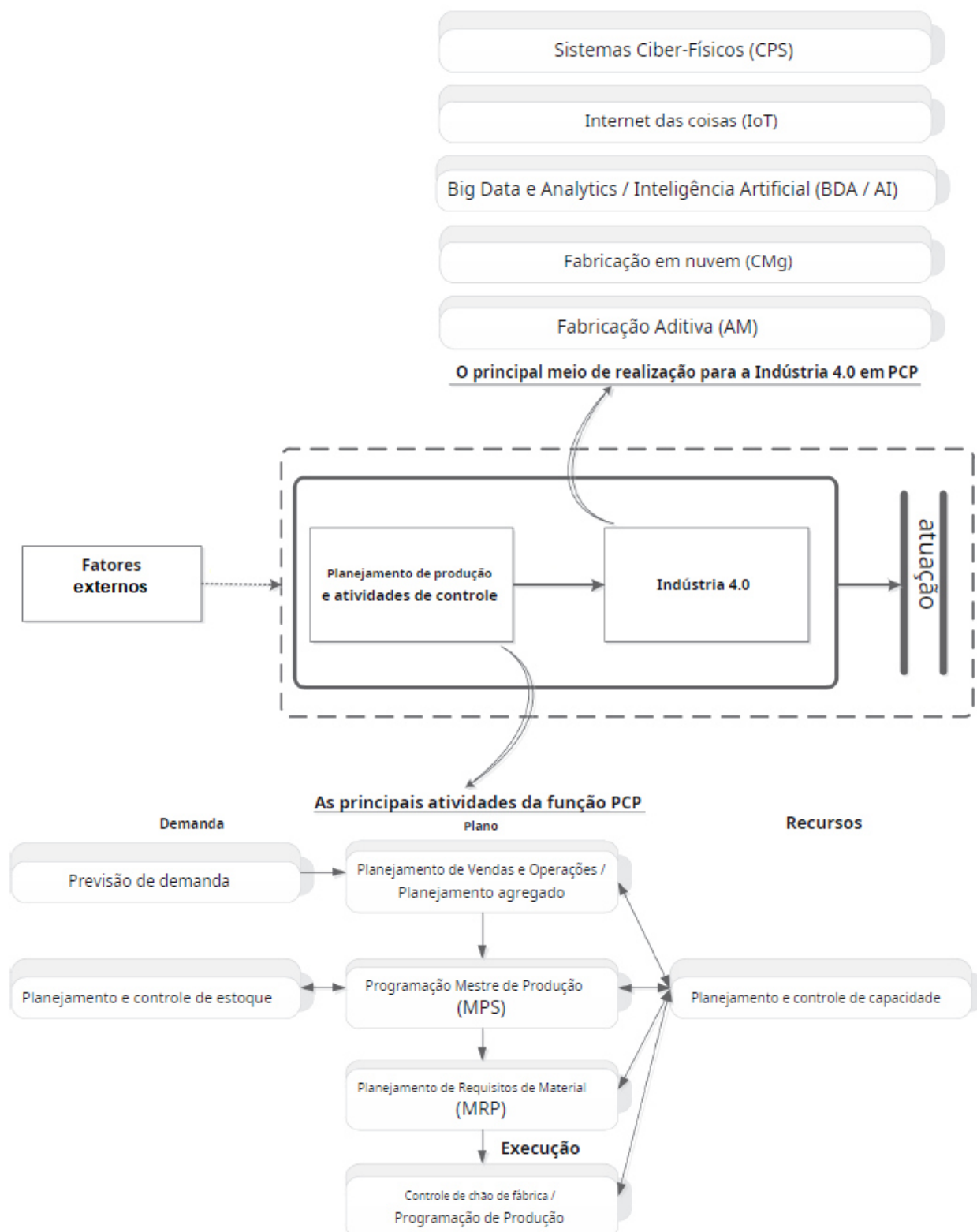
O PCP trabalha com cinco pilares principais, carregamento, programação, sequenciamento, monitoramento e controle. O carregamento diz respeito ao quanto produzir, programação ao quando produzir e sequenciamento à como produzir. Já monitoramento e controle trabalham para que as atividades sejam feitas dentro do planejado, e caso seja necessário aplicar ações corretivas. Dentro dos cinco pilares as atividades básicas do PCP são, previsão de demanda, planejamento agregado, programação mestre e logística (OLUYISOLA *et al.*, 2021), como mostra a Figura 2.

Nos últimos anos o direcionamento da Indústria 4.0 mira os avanços tecnológicos e propõem uma arquitetura de planejamento e controle mais descentralizada. Os clientes exigem customização em massa, os prazos de entrega estão cada vez mais curtos, as demandas mais incertas e a complexidade de cada produto está aumentando. Requisitando assim recursos exclusivos e criando uma produção de alto *mix* (DIDDEN; DANG; ADAN, 2021).

Ao encontro das mudanças atuais, o desenvolvimento de pesquisas que estudam a combinação do PCP com a Indústria 4.0 se espalha por todo o mundo, com destaque para China, Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos (BUENO; GODINHO FILHO; FRANK, 2020). Esses estudos desenvolveram o conceito de PCP *Smart*, que foca na inteligência das operações de manufatura. O sistema de planejamento e controle inteligente deve empregar tecnologias emergentes como *internet* das coisas, *big data*, aprendizado de máquina e fabricação em nuvem. A fim de proporcionar a redução da incerteza das previsões usando a demanda em tempo real e oferecendo

um replanejamento dinâmico da produção, com agilidade e foco nos valores de parâmetros a curto prazo (OLUYISOLA *et al.*, 2021).

Figura 2 - *Framework* do PCP Smart



Fonte: (BUENO; GODINHO FILHO; FRANK, 2020)

## 2.3 PREVISÃO DE DEMANDA

Como peça fundamental na geração de informações para a tomada de decisão, a previsão de demanda age principalmente em cadeias de suprimentos, uma vez que o planejamento e controle da produção, logística e definições de varejo dependem ativamente desse tipo de informação. Conseqüentemente, a previsão de demanda torna-se ferramenta fundamental no planejamento de vendas e operações, garantindo alinhamento entre demanda e abastecimento, e seu estudo de atuação é atualmente vasto dada importante aplicação nos projetos de processos organizacionais (FILDES; GOODWIN; ÖNKAL, 2018).

As ferramentas de previsão não são apenas utilizadas nas indústrias de produção, mas também estão presentes em diversas organizações. Podem ser aplicadas na previsão de demanda do uso de água urbana, como em estudos nas áreas das engenharias civil, biológica e agrícola (CAPT *et al.*, 2021). Ademais, são ferramentas de previsão de demanda de energia, como mostram Divina, Gómez-Vela e García-Torres (2021), que utilizam informações providas de sensores inteligentes para gerenciar a distribuição em um estudo aplicado à engenharia de energia e ciências da computação. Além disso, pode ser utilizada na previsão do número de passageiros de um sistema de transporte ferroviário, que demonstra como estas ferramentas aliadas às tecnologias propiciam informações para os gerentes ajustarem rapidamente as estratégias das empresas, independentemente de suas áreas de atuação (FENG *et al.*, 2021).

Os estudos atuais de mais impacto na humanidade estão relacionados ao presente período de pandemia do novo coronavírus. Na área da medicina, similarmente encontra-se pesquisas aplicando ferramentas de previsão para suporte na tomada de decisão, referente à gestão de leitos de tratamento da COVID-19 com base em taxas futuras de ocupação hospitalar (GOIC *et al.*, 2021). Ainda encontra-se estudos ligados à previsão de casos de infecção pela doença, através do rastreamento em tempo real da mobilidade urbana, avaliando as taxas de contágio e o nível de isolamento de uma população (LEUNG; WU; LEUNG, 2021).

No campo da engenharia de produção os estudos na indústria automobilística mostram que o uso de ferramentas de previsão de demanda atua diretamente sobre três variáveis: fluxo de mercadorias, processo e mão de obra. Sendo necessária uma completa integração entre essas áreas, para que todas forneçam dados suficientes

para o cálculo e trabalhem simultaneamente com os resultados das previsões (FREITAS; PIMENTA; HILLETOTH, 2017).

No momento que é gerada uma previsão incerta ocorre um efeito sobre toda a cadeia de valor, chamado efeito chicote, de forma que o estudo e desenvolvimento de novas ferramentas matemáticas de previsão permanecem continuamente em progresso a fim de minimizar esse efeito. Além disso, não apenas métodos quantitativos evoluem, havendo também uma grande necessidade na associação de dados quantitativos e qualitativos, buscando previsões cada vez mais rápidas e que sejam precisas no curto e longo prazo (SALAIS-FIERRO *et al.*, 2020).

### **2.3.1 Métodos de Previsão**

Atualmente as atividades de planejamento envolvendo previsões de demanda incluem uso de novas ferramentas analíticas que se somam aos métodos tradicionais, destacados na Figura 3. Alguns destes métodos tradicionais são, média móvel e ponderada, suavização e regressão exponencial, além de abordagens mais recentes como *Walsh-Fourier*. Estes métodos são técnicas matemáticas que abordam princípios de inteligência artificial, como redes neurais e lógica *fuzzy*, trabalhando a partir de séries temporais obtidas em bancos de dados históricos. Além disso, há também técnicas qualitativas que se baseiam na interpretação empírica de vendas futuras (SALAIS-FIERRO *et al.*, 2020).

Figura 3 - Métodos Tradicionais de Tratamento de Informações em Previsões



Fonte: (CORRÊA; CORRÊA, 2007)

Em geral, como explicam Perini e Bertolde (2016), técnicas quantitativas exigem extensa base de dados para que sejam identificados os padrões de comportamento que serão projetados para o futuro, assim são mais úteis em previsões de demanda de produtos consolidados no mercado. Contrariamente, as técnicas qualitativas são mais apropriadas para previsões de novos modelos de produtos e lançamentos, já que não contam com bases de dados razoáveis. Outro fator determinante para as escolhas das técnicas utilizadas é o horizonte de previsão, uma vez que quanto maior esse horizonte, menos válida é a hipótese de que os padrões irão se repetir futuramente.

Desta forma, o método de suavização exponencial é usualmente utilizado na indústria por ser considerado padrão para demandas intermitentes, trabalhando aplicado em produtos consolidados e com horizonte de previsão imediato (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

## 2.4 MÉTODO DE SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL

Assim como na indústria, o método de suavização exponencial também foi amplamente utilizado em pesquisas recentes sobre a pandemia da COVID-19, através de estudos de previsões de taxas de contágio e ocupação de leitos hospitalares, justamente por ser padrão sobre demandas intermitentes (GOIC *et al.*, 2021). Esse método tem como base séries temporais, e sua elevada utilização é dada ao fato de sua boa precisão e possibilidade de ser facilmente ajustado. No ramo da indústria o método possui grande vantagem por utilizar apenas observações da série histórica da empresa, não necessitando na maioria das vezes a obtenção de dados externos, tornando-se rápido e simples (SAMOHYL; MIRANDA; SOUZA, 2008).

A suavização exponencial considera toda a série histórica, isolando e suavizando os valores de acordo com sua data de observação, de forma que são atribuídos pesos diferentes aos dados (SAMOHYL; MIRANDA; SOUZA, 2008). Os pesos menores, mais próximos ao valor de zero, são atribuídos aos dados mais antigos, valorizando assim os dados mais recentes (JACOBS, 2011). Como explica Mileski (2007), o método parte do princípio de que, caso haja um fato externo à empresa que influencie a demanda, a continuidade desse fato já estará integrada nos valores passados, então seus impactos já estarão expostos em valores futuros.

O método pode ser dividido em três modelos distintos: a suavização exponencial simples, o modelo de Holt, e o modelo de Holt-Winters, que serão elucidados a seguir. Esses modelos trabalham respectivamente sobre processos constantes ou aleatórios, processos que apresentam tendência e processos que apresentam tendência e sazonalidade. Sendo o modelo de Holt-Winters ainda dividido em dois outros modelos, sazonal aditivo e sazonal multiplicativo.

### 2.4.1 Modelo de Suavização Exponencial Simples

O modelo de suavização simples baseia-se em séries temporais aleatórias ou constantes em um nível médio, como retrata uma análise sobre métodos de previsão em uma indústria moveleira (MONEGAT *et al.*, 2020). Sendo demonstrado pela Equação 1 (SAMOHYL; MIRANDA; SOUZA, 2008):

$$P_{t+1} = \alpha O_t + (1 - \alpha)P_t \quad (1)$$

Sendo:  $P_t$  = valor previsto para o período t

$\alpha$  = parâmetro de suavização do método, que varia entre 0 e 1

$O_t$  = valor observado do período t

$P_{t+1}$  = valor previsto para o próximo período

Destaca-se ainda que para medir a precisão do método, basta calcular o erro gerado através da Equação 2 (PELLEGRINI, 2000):

$$e_t = O_t - P_t \quad (2)$$

#### **2.4.2 Modelo de Suavização Exponencial de Holt**

A suavização exponencial de Holt é indicada para previsões com base em séries temporais que apresentam tendência linear, como mostrado em um estudo de caso de panificadoras (MADURO; FERREIRA, 2020). O modelo utiliza duas constantes,  $\alpha$  e  $\beta$ , respectivamente para parâmetros de suavização e tendência, ambas com valores entre 0 e 1 (SAMOHYL; MIRANDA; SOUZA, 2008). Sendo assim, o modelo apresenta a Equação 3, que estima o nível da série, a Equação 4, que estima sua inclinação, e a Equação 5, que calcula a previsão da demanda para os próximos períodos (PELLEGRINI, 2000). Já para os valores iniciais  $N_0$  e  $C_0$ , necessários no modelo de Holt, recomenda-se igualar  $N_0$  ao último valor da série, e calcular  $C_0$  a partir da média da declividade dos últimos valores observados (JACOBS, 2011):

$$N_t = \alpha O_t + (1 - \alpha)(N_{t-1} + C_{t-1}) \quad (3)$$

$$C_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta)C_{t-1} \quad (4)$$

$$P_{t+k} = N_t + kC_t \quad (5)$$

Sendo:  $N_t$  = nível no período t

$C_t$  = diferença entre níveis sequenciais no período t

$\beta$  = parâmetro de tendência do método, que varia entre 0 e 1

$P_{t+k}$  = previsão para os próximos períodos

### 2.4.3 Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters

O modelo de Holt-Winters, ou também chamado apenas de Winters, é indicado para previsões com base em séries que apresentam tendência e sazonalidade. Dividindo-se em dois outros modelos, sazonal aditivo e sazonal multiplicativo (MANCUZO, 2003). Foi recentemente estudado e validado, buscando-se avaliar sua capacidade preditiva sobre casos de COVID-19 no estado do Amazonas (SANTIAGO; SILVA, 2020).

Para o modelo sazonal aditivo, a amplitude da variação sazonal se mantém constante em função do tempo, sendo assim, a diferença entre o maior e o menor valor observado permanece igual. O modelo utiliza três constantes de suavização, as mesmas do modelo de Holt, porém adiciona-se  $\gamma$  como constante de sazonalidade, também variando entre 0 e 1. Assim, para um modelo sazonal de período (m) tem-se as Equações 6-7, que estimam o nível da série, a Equação 8, que estima sua inclinação, enquanto as Equações 9-10 estimam a sazonalidade. Por último tem-se a Equação 11, que calcula a previsão da demanda para os próximos períodos (SAMOHYL; MIRANDA; SOUZA, 2008):

$$N_t = \alpha(O_t - S_{t-m}) + (1 - \alpha)(N_{t-1} + C_{t-1}) \quad (6)$$

$$N_t = \alpha(O_t - S_{t-m}) + (1 - \alpha)(P_t - S_{t-m}) \quad (7)$$

$$C_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta)C_{t-1} \quad (8)$$

$$S_t = \gamma(O_t - N_t) + (1 - \gamma)S_{t-m} \quad (9)$$

$$S_t = \gamma(O_t - N_t) + (1 - \gamma)(P_t - N_t) \quad (10)$$

$$P_{t+k} = N_t + kC_t + S_{t-m+k} \quad (11)$$

Sendo:  $N_t$  = nível no período t

$C_t$  = diferença entre níveis sequenciais no período t

$S_t$  = sazonalidade no período t

$\gamma$  = parâmetro de sazonalidade do método, que varia entre 0 e 1

$P_{t+k}$  = previsão para os próximos períodos

Para a estimativa dos valores iniciais dos componentes, são utilizadas respectivamente, a Equação 12, que calcula o valor inicial para o nível, a Equação 13, que calcula o valor inicial para tendência e a Equação 14, que calcula o valor para sazonalidade (PELLEGRINI, 2000):

$$N_m = \left(\frac{1}{m}\right) (O_1 + O_2 + \dots + O_m) \quad (12)$$

$$C_m = \left(\frac{1}{m}\right) \left\{ \left[ \frac{(O_{m+1} - O_1)}{m} \right] + \left[ \frac{(O_{m+2} - O_2)}{m} \right] + \dots \right. \\ \left. + \left[ \frac{(O_{m+m} - O_m)}{m} \right] \right\} \quad (13)$$

$$S_1 = (O_1 - N_m), S_2 = (O_2 - N_m), \dots, S_m = (O_m - N_m) \quad (14)$$

Já o modelo sazonal multiplicativo, tem seu uso recomendado para atuar sobre séries em que a amplitude do ciclo sazonal apresenta variação em função do tempo. Representado pelas Equações 15-20 (PELLEGRINI, 2000):

$$N_t = \alpha \left( \frac{O_t}{S_{t-m}} \right) + (1 - \alpha)(N_{t-1} + C_{t-1}) \quad (15)$$

$$N_t = \alpha \left( \frac{O_t}{S_{t-m}} \right) + (1 - \alpha) \left( \frac{P_t}{S_{t-m}} \right) \quad (16)$$

$$C_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta)C_{t-1} \quad (17)$$

$$S_t = \gamma \left( \frac{O_t}{N_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-m} \quad (18)$$

$$S_t = \gamma \left( \frac{O_t}{N_t} \right) + (1 - \gamma) \left( \frac{P_t}{N_t} \right) \quad (19)$$

$$P_{t+k} = (N_t + kC_t)S_{t-m+k} \quad (20)$$

Para a estimativa dos valores iniciais dos componentes,  $N_m$  e  $C_m$  são calculados da mesma maneira como mostrado para o modelo sazonal aditivo. Já os componentes sazonais,  $S_m$ , são calculados como mostrado na Equação 21 (PELLEGRINI, 2000):

$$S_1 = \left( \frac{O_1}{N_m} \right), S_2 = \left( \frac{O_2}{N_m} \right), \dots, S_m = \left( \frac{O_m}{N_m} \right) \quad (21)$$

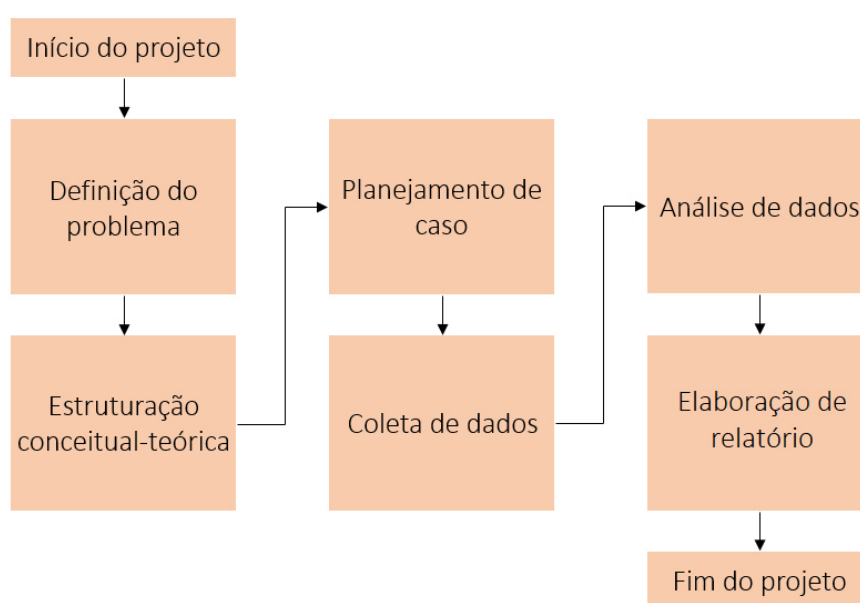
### 3 MÉTODO

Este trabalho teve como método de pesquisa adotado o estudo de caso, de natureza quantitativa, descritiva e de caso único incorporado. Como define Yin (2003), por meio de dados numéricos distintos, apenas um caso foi estudado a fim de descrever como se comportam as previsões de determinada ferramenta matemática. De forma sucinta, o estudo de caso tem o intuito de entender a realidade através de observações, interpretações e análises dos fatos abordados (MACCARTHY *et al.*, 2013).

Descrito por Yin (2003), o estudo de caso é uma pesquisa empírica que analisa um acontecimento da vida real, especialmente quando os limites entre este acontecimento e o contexto analisado não são definidos. Assim, o estudo de caso é um método que proporciona o estudo de um tópico seguindo a análise de evidências e desenvolvendo medidas para sua reaplicação.

Dentre os diferentes tipos de estudo de caso existentes, o presente trabalho se baseou no estudo descritivo que, também definido por Yin (2003), é a descrição completa e detalhada de um fenômeno inserido em seu contexto. O estudo então seguiu as etapas em sequência, conforme visto na Figura 4, de maneira a roteirizar as atividades. A seguir, apresenta-se um detalhamento de cada uma das etapas.

Figura 4 - Estrutura de Condução do Estudo de Caso



Fonte: Autor

### 3.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Após dado início ao projeto é fundamental avaliar e definir o problema a ser estudado. Os tópicos de contextualização e justificativa deste trabalho apresentam detalhadamente essas informações.

A definição do problema teve o intuito de validar a real necessidade de seu estudo. Neste trabalho, reconhece a importância da previsão de demanda na indústria automobilística brasileira e os impactos da comprovação científica na eficácia do uso de modelos matemáticos para essa previsão. Verificando assim, como sua aplicação nas organizações leva a uma gestão harmônica, confiável e precisa das operações nos setores administrativo, produtivo e financeiro.

Além disso, desejou-se legitimar a influência do estudo no momento atual do país, considerando as perdas em índices econômicos na casa dos bilhões de reais e a instabilidade da cadeia produtiva em questão, após o anúncio de encerramento das atividades de produção da montadora Ford no Brasil (FERNANDES; HADDAD; DIAS, 2021).

### 3.2 ESTRUTURAÇÃO CONCEITUAL-TEÓRICA

A estruturação conceitual-teórica foi desenvolvida no tópico de revisão da literatura. Consta de um mapeamento na literatura sobre o assunto abordado, a fim de traçar preposições para definir o que de fato foi verificado e fundamentar a pesquisa delimitando fronteiras para a investigação. É de grande importância na revisão da literatura o aparecimento de trabalhos teóricos que possibilitem a identificação de lacunas para o estudo (CAUCHICK MIGUEL, 2007).

### 3.3 PLANEJAMENTO DO CASO

Um bom planejamento do caso é trivial para sua condução fiel à ciência. Este trabalho baseou-se em um estudo de caso de natureza quantitativa, descritiva e de caso único incorporado. Desta maneira, estudou-se o comportamento das previsões de determinado modelo matemático com base em três séries temporais distintas, sobre os números de produção de veículos da indústria automobilística brasileira.

Considerou-se também que a pesquisa seria realizada com um recorte de tempo limitado em seu período de início e fim. Este prazo foi levado em consideração para a tomada de todas as decisões na etapa de planejamento, e por essa razão a decisão em conduzir um estudo retrospectivo.

A escolha do estudo de caso único incorporado foi feita procurando nivelar o grau de generalização do trabalho e sua profundidade na avaliação dos dados. Consumindo menos recursos, considerando o atual cenário de necessidade de isolamento social no ano de 2021, além do período limitado do estudo. Assim também como a opção por uma avaliação apenas quantitativa.

A coleta foi feita com base em dados históricos levantados de uma entidade, que reúne as empresas fabricantes de autoveículos com instalações e produção no país, descrita no próximo tópico. Por fim, a análise foi executada através do uso de *software* de criação e edição de planilhas eletrônicas (Microsoft Excel®). Aplicando suas ferramentas aos cálculos do modelo matemático sobre os dados observados, como detalhado a seguir.

### 3.4 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados a partir do Anuário da Indústria Automobilística Brasileira do ano de 2021 e organizados em uma planilha eletrônica. Sendo assim, define-se como informante a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), uma vez que a entidade produz o anuário. A coleta desta forma garante validade e confiabilidade, pois o anuário reúne informações repassadas pelas próprias montadoras. Em sua totalidade conta com a participação de mais de cinquenta entidades da categoria industrial automobilística do mundo, além do Departamento Nacional de Trânsito do Brasil (DENATRAN).

Os números escolhidos para análise, mostrados na Tabela 1, são de automóveis nacionais licenciados por ano, das três atuais maiores montadoras do país, GM, Volks e FCA. Para que os dados se mostrassem capazes de expor uma análise e validação fidedignas foram coletados distribuídos em um período de vinte anos, entre 2000 e 2020. Além disso, o número de automóveis nacionais licenciados retrata a real quantidade de unidades vendidas no Brasil, que foram de fato produzidas dentro do território nacional. De maneira que se excluiu dos dados os números de automóveis importados e exportados, assegurando que os resultados obtidos das

previsões retratassem, o mais próximo da realidade, qual seria o futuro consumo nacional de veículos nacionais.

Tabela 1 - Número de Licenciamentos de Automóveis Nacionais no Brasil

Ano	GM	Volks	FCA
2000	283.442	335.345	316.024
2001	305.079	356.090	347.357
2002	307.203	311.584	317.655
2003	305.151	262.899	300.613
2004	326.850	299.055	304.568
2005	325.791	326.748	344.901
2006	365.369	356.685	404.079
2007	394.881	451.974	523.043
2008	417.505	487.704	541.808
2009	459.111	575.853	559.541
2010	494.400	573.309	534.907
2011	453.575	546.311	507.550
2012	460.252	614.400	608.347
2013	467.565	505.879	522.756
2014	411.935	432.091	442.728
2015	287.033	263.488	312.579
2016	274.746	172.883	225.798
2017	308.705	205.542	253.265
2018	332.779	284.454	260.357
2019	386.678	322.522	306.301
2020	283.434	271.776	259.531

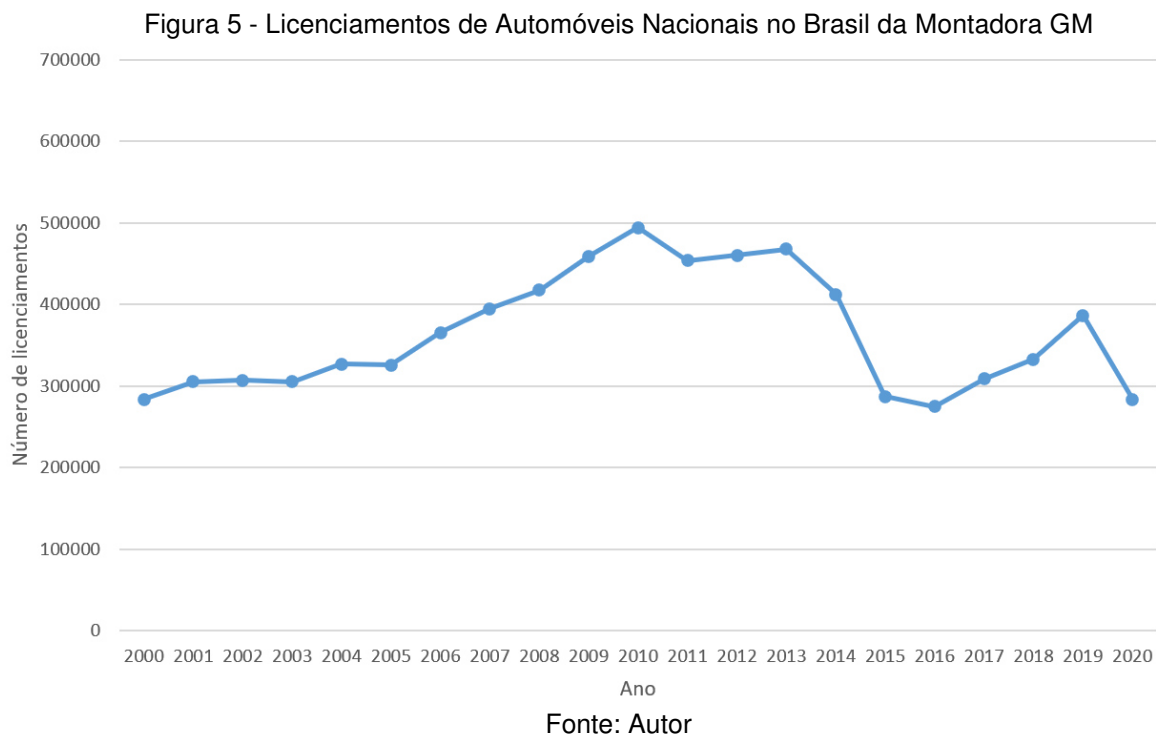
Fonte: Autor

O sigilo dos dados não se faz necessário uma vez que estão disponibilizados no *site* da ANFAVEA.

### 3.5 ANÁLISE DE DADOS

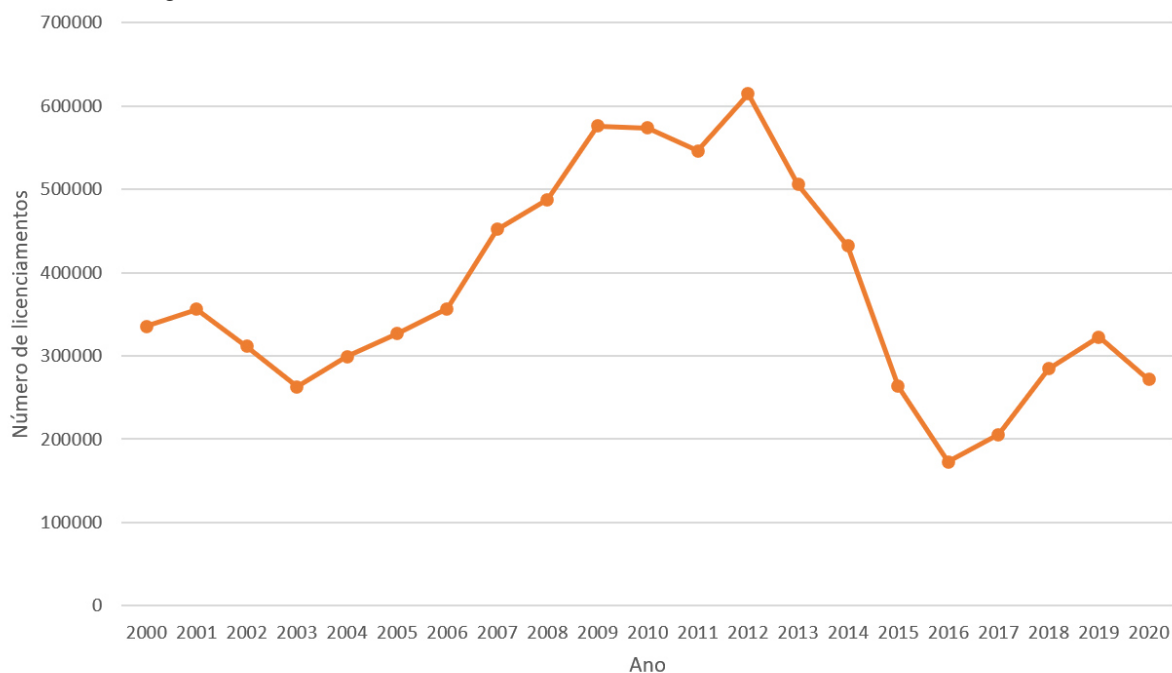
Os dados contendo a variável estudada passaram por análise dispensando o processo de redução, uma vez que apenas a quantidade essencial foi coletada, como explicado no subcapítulo anterior, considerando as datas anuais das informações.

Para a análise utilizou-se o *software* de criação e edição de planilhas eletrônicas, Excel® 2016. Neste, os dados foram transcritos em forma de tabela, organizados com as informações dos anos nas linhas e das montadoras nas colunas. Assim os primeiros gráficos foram gerados em painéis independentes, como observado na Figura 5 que apresenta o gráfico da montadora GM.



A disposição inicial em painéis independentes facilitou a familiarização a respeito dos comportamentos de nível, tendência e sazonalidade dos dados. No primeiro momento a avaliação foi realizada de forma superficial. Então, a partir do gráfico da montadora GM percebeu-se unicamente característica de aleatoriedade na distribuição dos dados históricos, não apresentando tendência ou sazonalidade. A Figura 6, mostrada a seguir, apresenta o gráfico da montadora Volks.

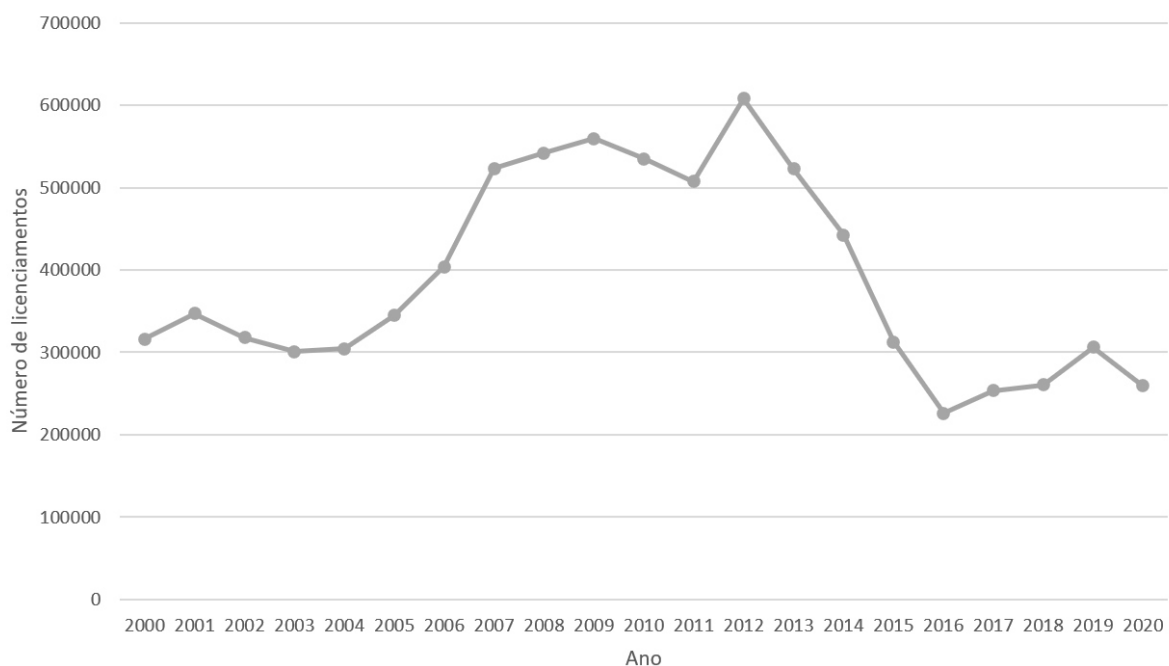
Figura 6 - Licenciamentos de Automóveis Nacionais no Brasil da Montadora Volks



Fonte: Autor

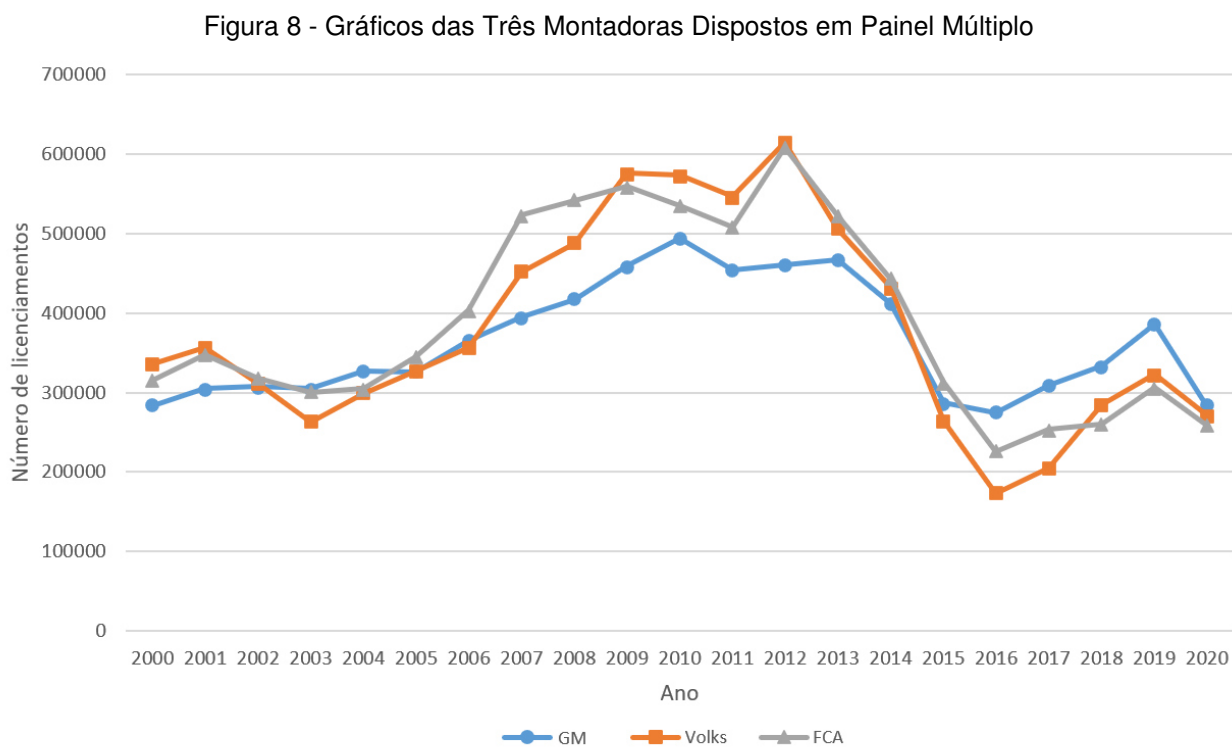
Já no gráfico da montadora Volks, percebeu-se também unicamente o comportamento de aleatoriedade na distribuição dos dados. Assim também como o gráfico da montadora GM, não apresentou tendência ou sazonalidade. Por fim, a Figura 7 mostra a seguir o gráfico da montadora FCA.

Figura 7 - Licenciamentos de Automóveis Nacionais no Brasil da Montadora FCA



Fonte: Autor

Assim como os dois primeiros gráficos, o gráfico da montadora FCA também apresentou unicamente a característica de aleatoriedade em sua distribuição, sem evidenciar comportamento de tendência ou sazonalidade. Na sequência foram gerados os gráficos em painel múltiplo, como pode ser visto na Figura 8.



Os três gráficos dispostos em painel múltiplo contribuíram para avaliação sobre um possível relacionamento entre os dados, constatando-se que as bases de dados possuem grande correlação umas com as outras. Visto que as oscilações nos números de licenciamentos, em quaisquer períodos de tempo predeterminados entre as três montadoras, apresentam a mesma tendência periódica de queda, elevação ou estagnação. Este sincronismo visual entre os dados não afetou efetivamente os modelos, porém a partir dessa avaliação foi esperado que o melhor tratamento dos dados de cada empresa fosse proveniente do mesmo modelo de suavização exponencial.

Com a análise inicial completa os três modelos de suavização exponencial foram aplicados sobre os dados, de forma independente entre as montadoras, gerando assim funções distintas. A construção das planilhas no *software* seguiu o mesmo padrão para todos os cálculos das previsões, respeitando as necessidades de

inserção das diferentes equações e parâmetros de cada modelo. As funções elaboradas nas planilhas podem ser vistas no apêndice desta monografia.

Para o cálculo das previsões utilizando o modelo de suavização simples foram necessárias três planilhas, uma para cada montadora, denominadas SES como apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Planilha Padrão SES

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000						
2001						
2002						
2003						
2004						
2005						
2006						
2007						
2008						
2009						
2010						
2011						
2012						
2013						
2014						
2015						
2016						
2017						
2018						
2019						
2020						

Fonte: Autor

O modelo de Holt também exigiu a construção de três planilhas, denominadas como SEH, como mostrado na Figura 10. Além da determinação do valor de  $(k)$ , que neste trabalho se iguala a 1 visto que as previsões foram calculadas imediatamente para os próximos períodos anuais da coleta dos dados.

Figura 10 - Planilha Padrão SEH

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	NT	Ct	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual	ALFA (solver)	BETA (solver)
2000										
2001										
2002										
2003										
2004										
2005										
2006										
2007										
2008										
2009										
2010										
2011										
2012										
2013										
2014										
2015										
2016										
2017										
2018										
2019										
2020										
k=1										

Fonte: Autor

Já para os cálculos através do modelo de Holt-Winters foram necessárias trinta planilhas, quinze para cada um dos modelos aditivo e multiplicativo. O valor de (k) continuou sendo aplicado como 1 em todas as previsões, porém o valor de (m) foi verificado entre 1 e 5. Como todos os gráficos plotados não evidenciaram sazonalidade nos dados, o valor de (m) não pôde ser afirmado, mesmo assim optou-se por verificar o comportamento das previsões variando seu valor numérico. Desta forma, dez planilhas foram necessárias para cada empresa no cálculo das previsões sobre este modelo. Estas planilhas foram denominadas como SEW<sub>a,m</sub>, para cada um dos valores verificados de (m) no modelo aditivo, e SEW<sub>m,m</sub>, para cada um dos valores verificados de (m) no modelo multiplicativo. A planilha padrão construída para este modelo pode ser vista na Figura 11.

Figura 11 - Planilha Padrão SEW

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual	ALFA (solver)	BETA (solver)	GAMA (solver)
2000										0,50	0,50	0,50
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												
2019												
2020												
k=1												
m=												

Fonte: Autor

Após a confecção das trinta e seis planilhas foi realizado o processo de otimização, através da ferramenta *Solver* do Excel®, para obtenção dos parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$ , e  $\gamma$  ideais de cada modelo. A ferramenta exigiu uma configuração prévia ao processo, fazendo com que os resultados gerados estivessem dentro dos limites especificados na literatura para os parâmetros. Então, o valor de partida dos parâmetros deveria ser 0,5 para que a otimização começasse a verificação em um ponto central. O método utilizado foi o do gradiente reduzido generalizado (GRG), tornando também as variáveis irrestritas não negativas. Além da opção de uso de início múltiplo da ferramenta que deveria estar ativada. Por fim, a célula contendo o erro absoluto médio percentual (MAD) foi definida como objetivo de minimização, e as células iniciais dos parâmetros foram definidas como variáveis, além de respeitarem as restrições de valor entre 0 e 1.

Configurado o *Solver*, o processo de otimização foi aplicado diversas vezes em cada planilha tomando sempre um novo valor para o ponto de partida, sendo este o valor obtido no processo anterior. A otimização foi repetida até que os valores dos parâmetros encontrados pela ferramenta estivessem estabilizados.

Após a modelagem, foi feita a validação das funções com base em suas respectivas precisões, através da comparação das médias e desvios padrões dos erros calculados. A comparação ocorreu entre todos os modelos de previsão

aplicados a cada montadora, avaliando quais apresentaram o menor MAD obtido pela ferramenta de otimização *Solver*. O desvio padrão amostral (DPA) foi utilizado como critério secundário de avaliação, caso modelos diferentes apresentassem valores próximos para o MAD.

Por fim, com a obtenção dos três melhores modelos, realizou-se a previsão da demanda estudada de cada empresa para o presente ano de 2021.

### 3.6 ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO

O conjunto de todas as atividades realizadas está substanciado neste relatório de pesquisa, desta forma foi possível a criação de uma monografia fiel às etapas seguidas durante o estudo. A conclusão e recomendações para futuros trabalhos relacionam os resultados obtidos à teoria, de forma que não seja feito o contrário, possibilitando assim a geração de nova teoria e exaltando a confiabilidade e validade da pesquisa. Assim tem-se o fim do projeto.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o processo de validação duas tabelas foram construídas no Excel®, com intuito de proporcionar uma análise e comparação mais ágil entres os valores de MAD e DPA dos modelos. Estes valores estão organizados nas Tabelas 2-3.

Tabela 2 - Erro Absoluto Médio Percentual por Modelo

<b>MAD (%)</b>	<b>GM</b>	<b>Volks</b>	<b>FCA</b>
SES	9,40	16,99	12,80
SEH	9,61	17,98	13,41
SEWa_m1	9,74	17,53	13,51
SEWa_m2	11,18	18,16	13,58
SEWa_m3	11,03	18,67	13,48
SEWa_m4	10,48	19,83	15,62
SEWa_m5	9,82	21,15	16,74
SEWm_m1	9,71	17,49	13,51
SEWm_m2	11,74	18,50	13,70
SEWm_m3	11,23	19,25	14,24
SEWm_m4	10,79	21,98	15,88
SEWm_m5	10,34	25,48	17,89

Fonte: Autor

Tabela 3 - Desvio Padrão Amostral por Modelo

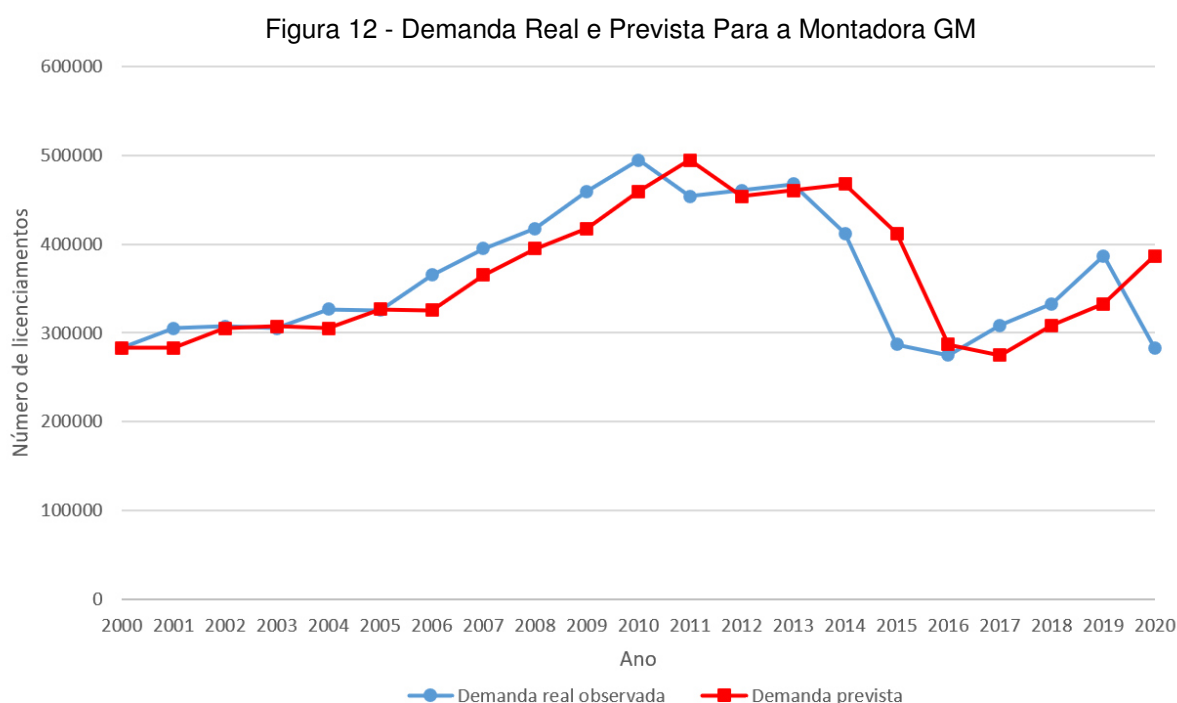
<b>DPA (%)</b>	<b>GM</b>	<b>Volks</b>	<b>FCA</b>
SES	11,07	15,48	11,09
SEH	12,21	15,76	11,95
SEWa_m1	13,87	19,49	12,44
SEWa_m2	12,31	17,55	11,37
SEWa_m3	11,23	23,60	16,69
SEWa_m4	12,34	20,51	15,01
SEWa_m5	9,51	21,60	18,37
SEWm_m1	12,15	16,22	12,44
SEWm_m2	12,87	18,49	13,20
SEWm_m3	11,56	21,00	16,80
SEWm_m4	11,97	20,99	14,15
SEWm_m5	9,55	22,67	16,93

Fonte: Autor

A partir da análise e comparação destes valores as observações e discussões foram feitas a seguir.

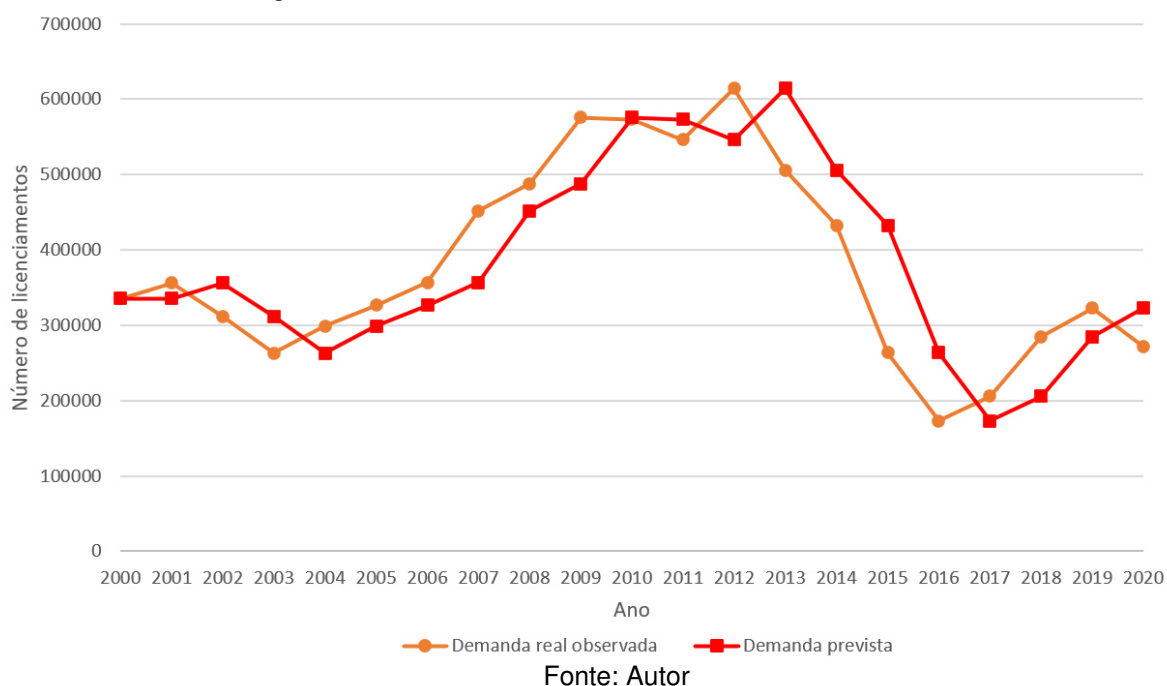
#### 4.1 RESULTADOS DA VALIDAÇÃO

Em relação à montadora GM o modelo melhor validado para o cálculo da previsão estudada foi o de suavização exponencial simples. Este modelo apresentou um valor de MAD visivelmente menor entre os demais valores da comparação. Já que os outros modelos não apresentaram valor de MAD expressivamente próximos do modelo SES, a avaliação do DPA não foi necessária. A Figura 12 mostra em painel múltiplo os gráficos da demanda real observada e da demanda prevista, para o modelo sobre os dados da montadora.



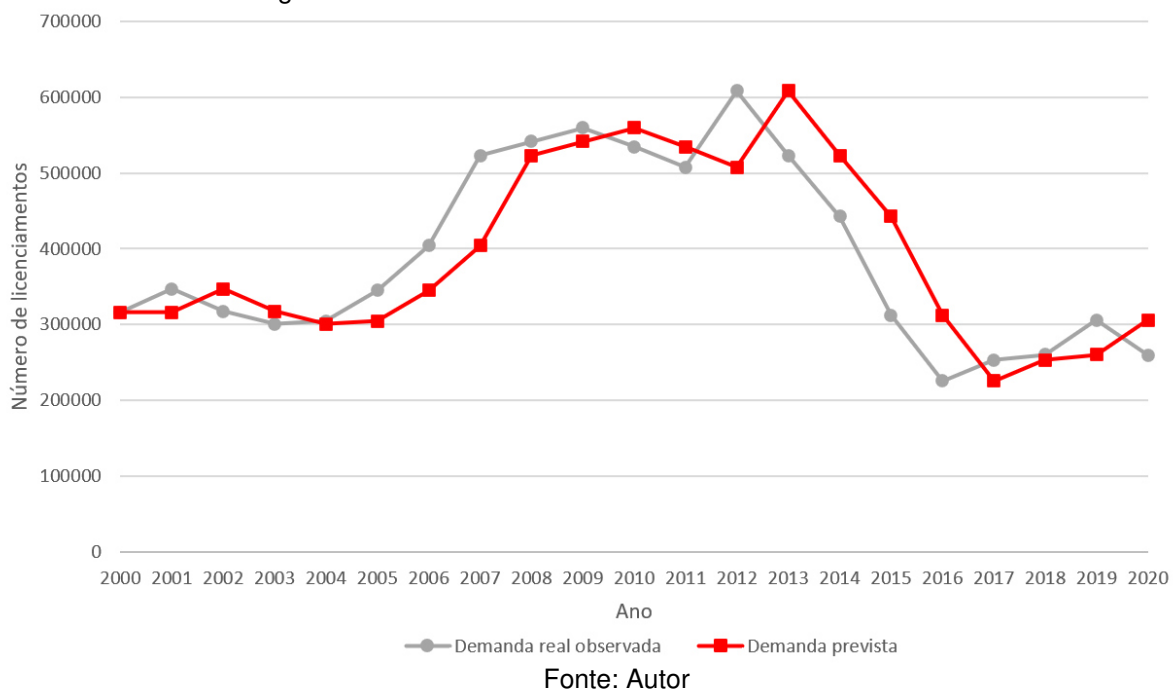
Para a montadora Volks, o modelo mais preciso também foi o de suavização exponencial simples. Este modelo apresentou um valor de MAD nitidamente menor entre os demais valores obtidos, e portanto, a avaliação secundária novamente não foi necessária. A Figura 13 mostra em painel múltiplo os gráficos da demanda real observada e da demanda prevista para o modelo.

Figura 13 - Demanda Real e Prevista Para a Montadora Volks



Assim como esperado para a montadora FCA, mais uma vez o modelo com melhor precisão foi o de suavização exponencial simples, apresentando um valor de MAD expressamente menor entre os demais comparados. Desta forma, novamente a avaliação secundária foi dispensada. A Figura 14 mostra os gráficos da demanda real observada e da demanda prevista para o modelo.

Figura 14 - Demanda Real e Prevista Para a Montadora FCA



Em resumo, a Tabela 4 explicita os modelos com melhor precisão.

Tabela 4 - MAD e DPA dos Modelos com Melhor Precisão

<b>SES</b>	<b>GM</b>	<b>Volks</b>	<b>FCA</b>
MAD (%)	9,40	16,99	12,80
DPA (%)	11,07	15,48	11,09

Fonte: Autor

#### 4.2 DISCUSSÕES SOBRE A VALIDAÇÃO

A partir do resultado das validações a lógica de um modelo padrão que apresentasse a melhor precisão foi de fato comprovada, como analisado inicialmente pelas distribuições dos dados históricos plotados. Entre todos os modelos estudados, o mais preciso para o cálculo das previsões das três montadoras foi o mesmo, o modelo de suavização exponencial simples. Essa constatação segue a conclusão de uma verificação semelhante feita por Jacobs (2011), sobre a aplicação de um mesmo modelo para dados distintos com distribuições equivalentes.

Também apurou-se que o valor calculado pela ferramenta *Solver* para o parâmetro  $\alpha$  ideal dos modelos validados foi o mesmo, se igualando a 1 para as três montadoras. Isso significa que ao aplicar o modelo de suavização simples aos dados históricos coletados, as previsões com maior precisão foram aquelas em que, para qualquer período, basta que se repita o valor da demanda observada imediatamente antes para o valor de demanda prevista, independente de qual seja o valor observado. Isso pode ser verificado tanto nas Figuras 12-14, como nas planilhas presentes no apêndice. Ou seja, o gráfico da demanda prevista é um reflexo do gráfico da demanda observada, porém com adiantamento de um período. Através dessa situação fica então evidente que para o ano de 2021, a previsão da demanda de qualquer uma das montadoras será exatamente igual à demanda real observada do ano de 2020.

Estes resultados ocorreram devido à sincronia das distribuições, como observado no painel múltiplo. Também pelo valor do parâmetro  $\alpha$  ideal igual a 1, e pelo fato de que os modelos aplicados se diferenciam justamente pela melhor acurácia

sobre determinado tipo de distribuição. Contudo, mesmo após a análise inicial e a evidente semelhança nas distribuições, todas as modelagens foram feitas para que o resultado esperado fosse comprovado, além de possibilitar a verificação do comportamento de todos os modelos. Outro ponto importante que reafirma a necessidade dos testes com todos os modelos de suavização exponencial disponíveis, é que os dados coletados entre um período de 20 anos, apesar de proporcionarem um resultado confiável, não demonstram a total característica dos dados uma vez que as montadoras estão instaladas no país há quase um século. Além da impossibilidade da coleta dos dados por período mensal, que traria para a análise inicial mais perceptibilidade sobre um possível comportamento de tendência ou sazonalidade.

Dessa forma, foi decidido que para as modelagens sobre a suavização de Holt-Winters, que exigia um coeficiente de sazonalidade, seriam testados valores para este coeficiente variando entre 1 e 5. Observou-se então para todas as montadoras que, quanto mais incrementa-se o valor do coeficiente de sazonalidade, menos preciso se torna o modelo. Essa informação consolida ainda mais o resultado de maior precisão obtido com o modelo simples. Porém, como pode ser visto na Tabela 5, o modelo SEWa\_m5 para a montadora GM apresenta um valor relativamente baixo para o MAD, com um DPA ainda menor que o do modelo melhor validado para a montadora. Essa observação quebra estritamente um padrão de crescente piora na precisão dos modelos de Holt-Winters.

Tabela 5 - Modelo SEWa\_m5 da Montadora GM

<b>SEWa_m5</b>	<b>GM</b>
MAD (%)	9,82
DPA (%)	9,51

Fonte: Autor

Um provável problema que impacta o método estudado é o efeito de mercado mais atual. As variações de demanda mais recentes mostradas nas observações serão suavizadas, e seus impactos serão melhor processados pelos modelos com o

passar do tempo, minimizando os erros provenientes das grandes instabilidades pontuais. Mais um fator que supostamente impacta os cálculos e conseqüentemente a precisão das previsões estudadas, é o portfólio de veículos oferecido pelas montadoras, dado que alguns veículos possuem enorme sucesso de vendas e ficam anos no mercado, enquanto outros fracassam e são retirados de linha dentro de 2 ou 3 anos após o lançamento.

Se tratando de cálculos de previsão de demanda, não apenas as informações dos números das demandas anteriores, presentes nas bases de dados, são relevantes. Implícitos aos dados já existem diversas informações e variáveis distribuídas no tempo, que impactam significativamente as previsões (JACOBS, 2011). Para este estudo pode-se citar, por exemplo, a baixa oferta de veículos nos anos de 2020 e 2021, devido à atual crise dos *chips*, e a elevação das taxas de juros e inflação no Brasil, que dificultam o financiamento de crédito para aquisição de veículos zero quilometro, além de favorecerem o mercado de veículos usados. Ainda há a crise econômica mundial, gerada pela pandemia da COVID-19, e também a atual condição dos valores dos combustíveis no país, ocasionando grande elevação nos preços da gasolina, etanol e *diesel*.

À vista disso, percebe-se que o presente momento não é favorável para segmento estudado e as previsões mais recentes são provavelmente afetadas por essas perturbações. Como apontado por Otto (2017), estas variações de melhora ou piora de mercado e comportamento do cliente já estão incluídas nas demandas passadas, pois a demanda de qualquer produto reflete pontualmente e expressivamente as condições de mercado de determinado período. Mesmo assim, possuir uma gama variada e densa de dados é a melhor solução para preencher as possíveis lacunas que apareceram no processo de previsão, quando o processo conta apenas com uma categoria de dados específica.

Ressalta-se também que os resultados deste trabalho não são absolutos, mas sim categóricos dentro do cenário abordado. Uma vez que as montadoras de fato possuem um conjunto mais vasto de dados internos e externos, quantitativos e qualitativos, além de disporem de diversos *softwares* para realizar previsões mais precisas e robustas (PELLEGRINI, 2000).

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 CONCLUSÃO

Conclui-se ao final deste trabalho, conforme os resultados e discussões do estudo apresentado, que o modelo mais preciso para o cálculo de previsão de demanda das montadoras GM, Volks e FCA, foi o modelo de suavização exponencial simples.

Consequentemente, pode-se constatar que a previsão para a demanda brasileira de veículos nacionais destas montadoras, no presente ano de 2021, é segundo o modelo melhor validado:

- 283.434 unidades para a montadora GM, com MAD de 9,40%;
- 271.776 unidades para a montadora Volks, com MAD de 16,99%;
- 259.531 unidades para a montadora FCA, com MAD de 12,80%.

Julgando-se necessário o monitoramento destes modelos para que os valores calculados de MAD e DPA sejam aprimorados.

### 5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como apontado anteriormente, os modelos estudados sofrem impactos significativos de um número elevado de variáveis que estão em contínua modificação, muitas delas em tempo real. Uma base de dados limitada certamente não garante resultados seguros a nível corporativo, muito menos consegue esclarecer fenômenos ou perturbações encontradas nos cálculos e resultados do processo de previsão.

Portanto, sugere-se que novos cálculos de previsão sejam realizados, após este atual momento desfavorável da indústria automobilística brasileira. Primeiramente utilizando o mesmo método, buscando esclarecer o fenômeno apresentado sobre o modelo SEWa\_m5 para a montadora GM, e também em outro momento, utilizando uma maior diversidade de dados e métodos de previsão, para investigar modelos com maior precisão a respeito da variável estudada.

## REFERÊNCIAS

ANFAVEA. **Estatísticas**. Disponível em: <<https://anfavea.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 26 abr. 2021.

BUENO, A.; GODINHO FILHO, M.; FRANK, A. G. Smart production planning and control in the Industry 4.0 context: A systematic literature review. **Computers and Industrial Engineering**, v. 149, n. 1, p. 106774, 2020.

CAPT, T.; MIRCHI, A.; KUMAR, S.; WALKER, W. S. Urban Water Demand: Statistical Optimization Approach to Modeling Daily Demand. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 147, n. 2, p. 04020105, 2021.

CARNEIRO, Célia Maria Braga; ZORZAL, Edmar José; SANTOS, Greyciane Passos dos; BASTOS, Marta Maria de Mendonça. A redução dos custos no uso de arranjos produtivos locais na gestão competitiva da logística de suprimentos. estudo de caso no apl leite & sol da cadeia produtiva do leite no estado do Ceará. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 1-26, dez. 2007.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/prod/v17n1/14.pdf>>.

CHIANG, C. Y.; LIN, W. T.; SURESH, N. C. An empirically-simulated investigation of the impact of demand forecasting on the bullwhip effect: Evidence from U.S. auto industry. **International Journal of Production Economics**, v. 177, p. 53–65, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.04.015>>.

CLARO JUNIOR, J. A.; SANTOS, L. B. ESTADO E DINÂMICA ECONÔMICA E LOCACIONAL DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA NO SÉCULO XXI. **Revista Formação (ONLINE)**, v. 25, p. 47–64, 2018.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços: uma Abordagem Estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

DAUDT, G.; WILLCOX, L. D. INDÚSTRIA AUTOMOTIVA. In: **Visão 2035: Brasil, país desenvolvido : agendas setoriais para alcance da meta**. 1. ed. [s.l.: s.n.]p. 183–208, 2018.

DIDDEN, J. B. H. C.; DANG, Q. V.; ADAN, I. J. B. F. A semi-decentralized control architecture for high-mix-low-volume factories in Industry. **Manufacturing Letters**, v. 30, n. 1, p. 11–14, 2021.

DIVINA, F.; GÓMEZ-VELA, F.; GARCÍA-TORRES, M. Advanced optimization methods and big data applications in energy demand forecast. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 11, n. 3, p. 1261, 2021.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; CARDOSO, D. F. Impactos de médio e longo prazo do fim da produção doméstica de automóveis da Ford em 2021. **NOTA TÉCNICA NEMEA Núcleo de Estudos em Modelagem Econômica e Ambiental Aplicada do Cedeplar-UFMG**, 2020.

FENG, F.; ZHANG, J.; LIU, C.; LI, W.; JIANG, Q. Short-term railway passenger demand forecast using improved Wasserstein generative adversarial nets and web search terms. **IET Intelligent Transport Systems**, v. 15, n. 3, p. 432–445, 2021.

FERNANDES, R. P.; HADDAD, E. A.; DIAS, L. C. C. Impactos Econômicos da Saída da Ford do Estado de São Paulo ( Nota Técnica ). **Textos para Discussão do Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP – NEREUS**, v. 2, 2021.

FILDES, R.; GOODWIN, P.; ÖNKAL, D. Use and misuse of information in supply chain forecasting of promotion effects. **International Journal of Forecasting**, v. 35, n. 1, p. 144–156, 2018.

FREITAS, M. R. de; PIMENTA, M. L.; HILLETOTH, P. Previsão de Demanda na Indústria Automobilística: o Papel da Integração Interfuncional. **ADM.MADE**, v. 21, n. 3, p. 1–20, 2017.

GARIFULLINA, Z. A.; GABZALILOVA, A. Kh. Effect of Labor Management on Production Programme Implementation at a Drilling Enterprise. In: Advances in Economics, Business and Management Research, Fred 2019, **Anais...2020**.

GOIC, M.; BOZANIC-LEAL, M. S.; BADAL, M.; BASSO, L. J. COVID-19: Short-term forecast of ICU beds in times of crisis. **PLoS ONE**, v. 16, n. 1, p. 1–24, 2021.

GOULART, Marselle; ROSA, Luciano. O tratamento contábil das perdas ocorridas no processo produtivo como elemento de qualidade. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 11., 2004, Porto Seguro. **Anais [...]**. Porto Seguro: Congresso Brasileiro de Custos, 2004.

GULERYUZ, D. Forecasting outbreak of COVID-19 in Turkey; Comparison of Box–Jenkins, Brown’s exponential smoothing and long short-term memory models. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 149, n. December 2019, p. 927–935, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.03.032>>.

JACOBS, W. **Modelos de Suavização Exponencial, ARIMA e Redes Neurais Artificiais: Um estudo comparativo para a previsão de demanda de produtos**. 2011. 110p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2011.

KENNEDY, P. J.; AVILA, R. J. Decision making under extreme uncertainty: Blending quantitative modeling and scenario planning. **Strategy and Leadership**, v. 41, n. 4, p. 30–36, 2013.

KLUG, F. The internal bullwhip effect in car manufacturing. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 1, p. 303–322, 2013.

LEUNG, K.; WU, J. T.; LEUNG, G. M. Real-time tracking and prediction of COVID-19 infection using digital proxies of population mobility and mixing. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1–8, 2021.

MACCARTHY, B. L.; LEWIS, M.; VOSS, C.; NARASIMHAN, R. The same old methodologies? Perspectives on OM research in the post-lean age. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 33, n. 7, p. 934–356, 2013.

MADURO, J. L.; FERREIRA, R. C. MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA: UM ESTUDO DE CASO EM PANIFICADORAS DO SUL DE MINAS GERAIS. **Enegep - XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 1–14, 2020.

MANCUZO, F. **Análise e previsão de demanda: Estudo de caso em uma empresa distribuidora de rolamentos**. 2003. 142p. Dissertação de Mestrado Profissional – Curso de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MILESKI, A. Jr. **Análise de métodos de previsão de demanda baseados em séries temporais em uma empresa do setor de perfumes e cosméticos**. 2007. 100p. Dissertação de Mestrado – Curso de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2007.

MONEGAT, A. D. R.; PASOLINI, M.; FRANCO, M. M.; ORLANDIN, B. C.; CORSO, L. L. ANÁLISE DE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA PARA PROJEÇÃO DE VENDAS DE PRODUTOS DE UMA INDÚSTRIA DO RAMO MOVELEIRO. **Enegep - XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 1–17, 2020.

OLIVEIRA, A. C. A. de; JORGE, J. M.; SANTOS, A. C. dos; FILHO, G. P. R. Neural network with specialized knowledge for forecasting intermittent demand. **Advances in Transdisciplinary Engineering**, v. 12, p. 524–533, 2020.

OLUYISOLA, O. E.; BHALLA, S.; SGARBOSSA, F.; STRANDHAGEN, J. O. Designing and developing smart production planning and control systems in the industry 4.0 era: a methodology and case study. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 1, n. 1, p. 1–22, 2021.

OTTO, L. **Uma Análise de Modelos de Suavização Exponencial e sua Aplicabilidade à Previsão de Demanda na Ótica da Administração**. 2017. 64p. TCC (Graduação) – Curso de Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PACCHINI, A. P. T.; SANTOS, J. C. DA S.; LOGIUDICE, R.; LUCATO, W. C. Indústria 4.0: barreiras para implantação na indústria brasileira. **Exacta**, v. 18, n. 2, p. 278–292, 2020.

PELLEGRINE, F. R. **Metodologia para Implementação de Sistemas de Previsão de Demanda**. 2000. 146p. Dissertação de Mestrado – Curso de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PERINI, N. B.; BERTOLDE, A. I. Previsão De Demanda Na Indústria De Petróleo: Um Estudo De Caso No Estado Do Espírito Santo. **Revista Gestão Industrial**, v. 12, n. 1, p. 156–182, 2016.

SALAS-FIERRO, T. E.; SAUCEDO-MARTINEZ, J. A.; RODRIGUEZ-AGUILAR, R.; VELA-HARO, J. M. Demand prediction using a soft-computing approach: A case study of automotive industry. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 10, n. 3, p. 1–16, 2020.

SAMOHYL, R. W.; MIRANDA, R. G. de; SOUZA, G. P. **Métodos Simplificados de Previsão Empresarial**, Rio de Janeiro, 1. ed., p. 192, 2008.

SANTIAGO, S. B.; SILVA, M. C. da CAPACIDADE PREDITIVA DA SUAUIZACÃO EXPONENCIAL PARA OS CASOS DE COVID-19 NO ESTADO DO AMAZONAS. **Enegep - XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 1–12, 2020.

SEONG, B.; LEE, K. Intervention analysis based on exponential smoothing methods: Applications to 9/11 and COVID-19 effects. **Economic Modelling**, v. 98, n. November 2019, p. 290–301, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.11.014>>.

SONG, Y. J.; WOO, J. H.; SHIN, J. G. Research on systematization and advancement of shipbuilding production management for flexible and agile response for high value offshore platform. **International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering**, v. 3, n. 3, p. 181–192, 2011.

WOSCHANK, M.; DALLASEGA, P.; KAPELLER, J. A. The impact of planning granularity on production planning and control strategies in MTO: A discrete event simulation study. **Procedia Manufacturing**, v. 51, n. 20, p. 1502–1507, 2020.

YIN, R. K. **ESTUDO DE CASO - Planejamento e Métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, p. 21; 200, 2003.

# APÊNDICE

## APÊNDICE A - Modelo de Suavização Exponencial Simples para Montadora GM

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	283442	283442	0	0	0	0,00%
2001	305079	283442	21637	21637	468159789	7,09%
2002	307203	305079	2124	2124	4511376	0,69%
2003	305151	307203	-2052	2052	4210704	0,67%
2004	328850	305151	21699	21699	47084001	6,64%
2005	323791	328850	-5059	5059	1221481	0,33%
2006	363369	323791	39578	39578	1566418084	10,83%
2007	394881	363369	29512	29512	870958144	7,47%
2008	417505	394881	22624	22624	511845376	5,42%
2009	459111	417505	41606	41606	1731659236	9,06%
2010	494400	459111	35289	35289	1245313521	7,14%
2011	453575	494400	-40825	40825	1666880625	9,00%
2012	460252	453575	6677	6677	44582329	1,45%
2013	467965	460252	7713	7713	59479969	1,66%
2014	411935	467965	-55630	55630	3094406900	13,50%
2015	287033	411935	-124902	124902	15600509604	43,51%
2016	274746	287033	-12287	12287	150970369	4,47%
2017	308705	274746	33959	33959	1153213681	11,00%
2018	332779	308705	24074	24074	579557476	7,23%
2019	386678	332779	53899	53899	2905102201	13,94%
2020	283434	386678	-103244	103244	10659323336	36,43%
2021		283434				

ALFA (solver)		1,00
Erro médio	0	0,00%
Desvio padrão amostral	46251	
Erro absoluto médio	32380	
Desvio padrão amostral	32221	
Erro quadrático médio	2037264809	
Raiz do EQM	45136	
Desvio padrão amostral	3878067775	
Erro absoluto médio percentual	5,40%	
Desvio padrão amostral	11,07%	

## APÊNDICE B - Modelo de Suavização Exponencial Simples para Montadora Volks

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual	ALFA (solver)	1,00
2000	335345	335345	0	0	0	0,00%	Erro médio	-3027
2001	356090	335345	20745	20745	430356025	5,83%	Desvio padrão amostral	69366
2002	311584	356090	-44506	44506	1980784036	14,28%	Erro absoluto médio	55044
2003	282899	311584	-48685	48685	2370228225	18,52%	Desvio padrão amostral	39773
2004	299055	262899	36156	36156	1307256336	12,09%	Erro quadrático médio	4591707433
2005	326748	299055	27693	27693	766902249	8,48%	Raiz do EQM	67362
2006	336685	326748	29937	29937	896223969	8,93%	Desvio padrão amostral	6438220624
2007	451974	356685	95289	95289	9079993521	21,08%	Erro absoluto médio percentual	16,99%
2008	487704	451974	35730	35730	1276632900	7,33%	Desvio padrão amostral	15,48%
2009	578553	487704	88149	88149	7770246201	15,31%		
2010	573909	578553	-2544	2544	6471936	0,44%		
2011	546311	573909	-26998	26998	728852004	4,94%		
2012	614400	546311	68089	68089	4636111921	11,08%		
2013	505879	614400	-108521	108521	11776807441	21,45%		
2014	432091	505879	-73788	73788	5444689944	17,08%		
2015	263488	432091	-168603	168603	28426971609	63,99%		
2016	172883	263488	-90605	90605	8209366025	52,41%		
2017	205542	172883	32659	32659	1066610281	15,89%		
2018	284454	205542	78912	78912	6227103744	27,74%		
2019	322522	284454	38068	38068	1449172624	11,80%		
2020	271776	322522	-50746	50746	2575156516	18,67%		
2021		271776						

## APÊNDICE C - Modelo de Suavização Exponencial Simples para Montadora FCA

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	316024	316024	0	0	0	0,00%
2001	347557	316024	31533	31533	50175689	9,02%
2002	317655	347557	-29702	29702	88220804	9,33%
2003	300613	317655	-17042	17042	29042964	5,67%
2004	304568	300613	3955	3955	15642025	1,30%
2005	344901	304568	40333	40333	1626750889	11,69%
2006	484079	344901	51178	51178	352035684	14,65%
2007	523043	404079	118964	118964	1415243296	22,74%
2008	541808	523043	18765	18765	352125225	3,46%
2009	559541	541808	17733	17733	314459289	3,17%
2010	534907	559541	-24634	24634	608833956	4,61%
2011	507550	534907	-27357	27357	74845449	5,39%
2012	608347	507550	100797	100797	1016003209	16,57%
2013	522756	608347	-85591	85591	7325819281	16,37%
2014	442728	522756	-80028	80028	640480784	18,06%
2015	312579	442728	-130149	130149	16938702601	41,64%
2016	225798	312579	-86781	86781	7530941961	38,41%
2017	253265	225798	27467	27467	754436089	10,85%
2018	260357	253265	7092	7092	50296464	2,72%
2019	306301	260357	45944	45944	2110851136	15,00%
2020	259531	306301	-46770	46770	2187432900	18,02%
2021	259531	259531	-46770	46770	2187432900	18,02%

ALFA (solver)		1,00
Erro médio	-2690	
Desvio padrão amostral	61361	
Erro absoluto médio	47601	
Desvio padrão amostral	38310	
Erro quadrático médio	3663625585	
Raiz do EQM	60528	
Desvio padrão amostral	4937990663	
Erro absoluto médio percentual	12,80%	
Desvio padrão amostral	11,69%	



## APÊNDICE E - Modelo de Suavização Exponencial de Holt para Montadora Volks

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual	ALFA (solver)	BETA (solver)
2000	335345	335345	-13970							
2001	356090	356090	-572	321375	34715	34715	1205112225	9,75%		
2002	311584	311584	-17528	355518	-43934	43934	1930167989	14,10%		
2003	282899	282899	-29552	294056	-31157	31157	970771411	11,85%		
2004	299055	299055	-4193	233347	65708	65708	4317593890	21,97%		
2005	326748	326748	8113	294862	31886	31886	1016783398	9,76%		
2006	356685	356685	16035	334861	21824	21824	4763051574	6,12%		
2007	451974	451974	46929	373220	78754	78754	6202128782	17,42%		
2008	487704	487704	42607	498903	-11199	11199	125418623	2,30%		
2009	575853	575853	60183	530311	45542	45542	2074077396	7,91%		
2010	573309	573309	636036	636036	-62727	62727	3934695767	10,94%		
2011	546311	546311	11671	605284	-62973	62973	3965554006	11,55%		
2012	614400	614400	33445	557982	56418	56418	3182945214	9,18%		
2013	505879	505879	-21345	647845	-141966	141966	20154298849	28,06%		
2014	432091	432091	-41584	484534	-52443	52443	2750318817	12,14%		
2015	263488	263488	-96005	390507	-127019	127019	16133773519	48,21%		
2016	172883	172883	-90605	172883	0	0	0	0,00%		
2017	205542	205542	-43033	82278	123264	123264	15194013587	59,97%		
2018	284454	284454	4029	162509	1231945	1231945	14870658145	42,87%		
2019	322522	322522	17166	288483	34039	34039	1158622446	10,55%		
2020	271776	271776	-9043	339688	-67912	67912	4612048776	24,99%		
k=1										
Erro médio										638
Desvio padrão amostral										34079
Erro absoluto médio										60771
Desvio padrão amostral										40008
Erro quadrático médio										5211762961
Raiz do EQM										72206
Desvio padrão amostral										6135080963
Erro absoluto médio percentual										17,98%
Desvio padrão amostral										15,76%



## APÊNDICE G - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditivo para Montadora GM com Fator de Sazonalidade Igual a 1

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual	ALFA (solver)	BETA (solver)	GAMA (solver)
2000	283442	283442	21637	0						0,37	0,00	1,00
2001	305079	305079	21637	0	305079	0	0	0	0,00%			
2002	307203	319496	21637	-12293	326716	-19513	19513	380757169	6,35%			
2003	305151	312388	21637	-7217	328940	-23689	23689	561168721	7,70%			
2004	320850	354028	21637	-27178	326788	62	62	3844	0,02%			
2005	325791	367288	21637	-41477	348487	-22696	22696	515108416	6,97%			
2006	365369	395543	21637	-30174	347428	17941	17941	321879481	4,91%			
2007	398881	420094	21637	-25213	387006	7875	7875	62019425	1,99%			
2008	417505	442096	21637	-24591	416518	987	987	974169	0,24%			
2009	459111	471121	21637	-12010	439142	19969	19969	398760961	4,35%			
2010	494400	497810	21637	-3410	480748	13652	13652	186377104	2,76%			
2011	435375	496336	21637	-42761	516037	-62462	62462	3901501444	13,77%			
2012	460252	512437	21637	-52185	475212	-14960	14960	223801600	3,25%			
2013	467565	528775	21637	-61230	461889	-14134	14134	205176976	3,06%			
2014	411935	521823	21637	-109888	489202	-77267	77267	5970189289	18,76%			
2015	287033	489240	21637	-202207	433572	-146539	146539	21473678521	51,05%			
2016	274746	498325	21637	-223579	308670	-33924	33924	1150837776	12,35%			
2017	308765	524522	21637	-215817	290383	12322	12322	151831684	3,99%			
2018	332779	547060	21637	-214281	330342	2437	2437	5938969	0,73%			
2019	386678	580634	21637	-193956	354416	32262	32262	1040836644	8,34%			
2020	283434	556065	21637	-272831	408315	-124881	124881	15595264161	44,06%			
k=1												
m=1												

Erro médio	-21637
Desvio padrão amostral	47462
Erro absoluto médio	32388
Desvio padrão amostral	40501
Erro quadrático médio	2607305126
Raiz do EQM	51062
Desvio padrão amostral	5725219697
Erro absoluto médio percentual	5,74%
Desvio padrão amostral	13,87%







## APÊNDICE K - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditivo para Montadora Volks com Fator de Sazonalidade Igual a 2

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	335345			-10373					
2001	356090	345718	-29238	10373					
2002	311594	321957	-27699	-10373	306107	-5477	5477	29997529	1,76%
2003	282899	225227	-39425	10373	304630	-41731	41731	174147500	15,97%
2004	299055	309428	-12358	-10373	202729	96326	96326	9278741292	32,21%
2005	326748	316376	-6933	10373	307442	19306	19306	372720292	5,91%
2006	356685	367058	9257	-10373	299070	57615	57615	3319496438	16,15%
2007	451974	441602	27602	10373	386687	65287	65287	426265288	14,44%
2008	487704	498077	35715	-10373	458811	28873	28873	833046846	5,92%
2009	578553	565481	44620	10373	544164	31689	31689	1004178673	5,50%
2010	573309	583682	37196	-10373	599728	-26419	26419	697943585	4,61%
2011	546311	533939	13329	10373	631250	-84939	84939	7214651014	15,55%
2012	614460	604773	34545	-10373	538895	75065	75065	5701069099	12,29%
2013	505879	495507	-11485	10373	669690	-163811	163811	26834134954	32,38%
2014	432091	442464	-23163	-10373	473649	-41558	41558	1727067993	9,62%
2015	263488	253116	-69880	10373	429673	-166185	166185	27817582057	63,07%
2016	172883	183256	-69880	-10373	172883	0	0	0	0,00%
2017	205542	195170	-46682	10373	122768	81774	81774	6686987076	29,70%
2018	284544	294827	-5705	-10373	137915	146539	146539	21473635911	51,52%
2019	322522	312150	766	10373	299494	23028	23028	530291602	7,14%
2020	271776	282149	-7880	-10373	302543	-30767	30767	946591419	11,32%

Parâmetro	Valor
ALFA (solver)	1,00
BETA (solver)	0,28
GAMA (solver)	0,64
Erro médio	4001
Desvio padrão amostral	81639
Erro absoluto médio	62463
Desvio padrão amostral	50628
Erro quadrático médio	6330140664
Raiz do EQM	79562
Desvio padrão amostral	8933863775
Erro absoluto médio percentual	18,16%
Desvio padrão amostral	17,55%

k=1  
 m=2

## APÊNDICE L - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditivo para Montadora FCA com Fator de Sazonalidade Igual a 2

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	NT	CT	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	316024			-15667					
2001	347357	331691	-11278	15667					
2002	317655	333322	-11278	-15667	304746	12909	12909	166648736	4,06%
2003	300613	284947	-11278	15667	337710	-37097	37097	1376168861	12,34%
2004	304568	320235	-11278	-15667	258022	46566	46566	2168423639	15,29%
2005	344901	329235	-11278	15667	324623	20278	20278	411207423	5,88%
2006	404079	419746	-11278	-15667	302290	101789	101789	10361051416	25,19%
2007	523043	507377	-11278	15667	424134	98909	98909	9783039736	18,91%
2008	541888	557475	-11278	-15667	488412	61376	61376	3767046064	11,17%
2009	559541	543875	-11278	15667	561863	-2322	2322	5390523	0,41%
2010	534907	550574	-11278	-15667	516930	17977	17977	323181518	3,36%
2011	507550	491884	-11278	15667	554962	-47412	47412	2247874038	9,34%
2012	668347	624014	-11278	-15667	464939	143408	143408	2056926168	23,57%
2013	522796	507090	-11278	15667	628402	-105646	105646	11161024493	20,21%
2014	442728	458395	-11278	-15667	480145	-37417	37417	1400013181	8,45%
2015	312579	296913	-11278	15667	462783	-150204	150204	22561166514	48,05%
2016	225798	241465	-11278	-15667	269968	-44170	44170	1950966815	19,56%
2017	253265	237599	-11278	15667	245853	7412	7412	54941450	2,93%
2018	260557	276024	-11278	-15667	219054	49703	49703	247041061	19,09%
2019	306301	290635	-11278	15667	289412	-25889	25889	670253266	8,45%
2020	295931	275198	-11278	-15667	263690	-4159	4159	17295202	1,60%

k=1	
m=2	
Erro médio	8305
Desvio padrão amostral	70770
Erro absoluto médio	53402
Desvio padrão amostral	45508
Erro quadrático médio	4811796037
Razão do FOM	65951
Desvio padrão amostral	6903199014
Erro absoluto médio percentual	13,58%
Desvio padrão amostral	11,37%

## APÊNDICE M - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditivo para Montadora GM com Fator de Sazonalidade Igual a 3

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	NT	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	283442			-15133					
2001	305079			6504					
2002	307203	298575	6896	8628					
2003	305151	320284	6896	-15133	290338	14813	14813	219411802	4,85%
2004	338650	320586	6896	6504	333604	-6834	6834	46709831	2,09%
2005	325791	317463	6896	8628	335870	-10079	10079	101595200	3,09%
2006	365369	380502	6896	-15133	308926	56443	56443	3185762078	15,45%
2007	394881	388377	6896	6504	393902	979	979	957371	0,25%
2008	417505	408877	6896	8628	401901	13604	13604	185056724	3,26%
2009	459111	474244	6896	-15133	400540	58471	58471	3418005667	12,74%
2010	494400	487896	6896	6504	487644	6756	6756	45617331	1,37%
2011	453575	444947	6896	8628	503420	-49845	49845	2484568332	10,99%
2012	460252	475385	6896	-15133	436710	23542	23542	554204838	5,11%
2013	467565	461061	6896	6504	486785	-21220	21220	450367262	4,54%
2014	413935	403307	6896	8628	476385	-64660	64660	417967967	15,09%
2015	287033	302166	6896	-15133	395070	-108037	108037	11672089402	37,64%
2016	274746	268242	6896	6504	315566	-40820	40820	1666308665	14,86%
2017	368705	300077	6896	8628	283766	24939	24939	621891553	8,08%
2018	332779	347912	6896	-15133	291840	40939	40939	1675965331	12,30%
2019	386678	380174	6896	6504	361312	25366	25366	643411409	6,96%
2020	283434	274806	6896	8628	395698	-112264	112264	12603305486	39,61%

ALFA (solver)	1,00
BETA (solver)	0,00
GAMA (solver)	0,39
Erro médio	-8217
Desvio padrão amostral	50024
Erro absoluto médio	37756
Desvio padrão amostral	32627
Erro quadrático médio	2430872704
Desvio padrão amostral	3766646629
Erro absoluto médio percentual	11,03%
Desvio padrão amostral	11,23%

Rate do ICM	49504
-------------	-------

k=1  
m=3

## APÊNDICE N - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditivo para Montadora Volks com Fator de Sazonalidade Igual a 3

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	NT	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	335345			1005					
2001	356090			21750					
2002	311584	334340	-12702	-22756					
2003	262899	261894	-41176	1005	322643	-59744	59744	356935812	22,73%
2004	292955	277305	-14207	21750	242468	56587	56587	320269594	18,92%
2005	326748	349504	26974	-22756	240342	86406	86406	7465934865	26,44%
2006	356685	355680	17062	1005	377483	-20798	20798	432562925	5,83%
2007	451974	430224	44458	21750	394492	57482	57482	3304205162	12,72%
2008	487704	510460	61510	-22756	451926	35778	35778	1280085686	7,34%
2009	573853	574848	63881	1005	572975	2878	2878	826259	0,50%
2010	573309	551559	21813	21750	659479	-86170	86170	7425343739	15,03%
2011	546311	569067	19761	-22756	550616	-4305	4305	18530830	0,79%
2012	614400	613395	31470	1005	589833	24567	24567	603532058	4,00%
2013	503879	484139	-45117	21750	666615	-140736	140736	25835949249	31,77%
2014	432291	454847	-37280	-22756	418236	15855	15855	251371511	3,67%
2015	283488	262483	-111390	1005	418272	-154784	154784	23957970356	58,74%
2016	172883	151133	-111390	21750	172883	0	0	0	0,00%
2017	205542	228298	-21504	-22756	17027	188515	188515	35537905222	91,72%
2018	284544	283449	15030	1005	207799	76655	76655	587599726	26,55%
2019	325252	300772	16123	21750	320229	2293	2293	5259597	0,71%
2020	271776	294532	5465	-22756	294139	-22363	22363	500087697	8,23%

ALFA (solver)	1,00
BETA (solver)	0,48
GAMA (solver)	0,43
Erro médio	2118
Desvio padrão amostral	83734
Erro absoluto médio	58662
Desvio padrão amostral	58073
Erro quadrático médio	6626358388
Desvio padrão amostral	10560432186
Erro absoluto médio percentual	18,67%
Desvio padrão amostral	23,66%

RMSE	81462
------	-------

k=1  
m=3

## APÊNDICE O - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditivo para Montadora FCA com Fator de Sazonalidade Igual a 3

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	316024			-10988					
2001	347357			20345					
2002	317655	327012	-3439	-9357					
2003	300613	312237	-13125	-11181	31255	-11972	11972	143328003	3,98%
2004	304568	285040	-25187	20105	319477	-14909	14909	222264724	4,89%
2005	344901	349087	51193	-7817	250495	94406	94406	8912413709	27,37%
2006	404079	414439	63313	-10940	389099	14980	14980	224388570	3,71%
2007	523043	501558	83690	20510	497857	25186	25186	634342868	4,82%
2008	541808	551596	54885	-8410	577411	-35603	35603	1267665017	6,57%
2009	559541	573452	25759	-11519	595541	-36000	36000	1295982832	6,43%
2010	534907	518987	-42053	19161	618722	-83815	83815	7024874040	15,67%
2011	507550	513823	-10478	-7782	468524	39026	39026	1523015568	7,89%
2012	668347	613484	85795	-9643	495825	118522	118522	13577271984	19,15%
2013	522756	514204	-7298	16044	718440	-193684	193684	37313593223	37,05%
2014	442728	450006	-65453	-7834	433513	9215	9215	84909567	2,08%
2015	312579	325637	-115882	-10647	374909	-62330	62330	3885074768	19,94%
2016	225798	209754	-115882	16044	225798	0	0	0	0,00%
2017	253265	251750	19253	-4945	86038	167027	167027	27897889729	65,35%
2018	260357	271004	19254	-10647	260357	0	0	0	0,00%
2019	306301	290237	19254	16044	306301	0	0	0	0,00%
2020	295531	266943	-17182	-5670	304565	-45034	45034	2028099998	17,35%

ALFA (solver)	0,85
BETA (solver)	0,86
GAMA (solver)	0,29
Erro médio	-944
Desvio padrão amostral	79045
Erro absoluto médio	52781
Desvio padrão amostral	57460
Erro quadrático médio	5901948538
Raiz do EQM	76824
Desvio padrão amostral	10563633716
Erro absoluto médio percentual	13,48%
Desvio padrão amostral	36,69%

k=1  
m=3



## APÊNDICE Q - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditivo para Montadora Volks com Fator de Sazonalidade Igual a 4

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	335345			18866					
2001	356090			39611					
2002	311594			-4896					
2003	262899	316400	10534	-35561					
2004	299055	290447	-26033	8608	345879	-46824	46824	2192486976	15,66%
2005	326748	282160	-8287	44588	304025	22723	22723	516344115	6,95%
2006	356685	342367	60207	14318	268977	87708	87708	7692695967	24,59%
2007	451974	462995	140628	-31021	348994	102980	102980	10649465944	22,78%
2008	487704	510757	27761	-23053	632232	-144528	144528	20881300154	29,63%
2009	578553	532854	22097	42999	583106	-7253	7253	52607653	1,26%
2010	573309	558106	25252	15203	569269	4040	4040	16324457	0,70%
2011	546311	578652	20547	-32341	552337	-6026	6026	36309896	1,10%
2012	614460	629073	50420	-14673	576146	38254	38254	1461344728	6,23%
2013	505879	510331	-118741	-4452	722492	-216613	216613	46921134490	42,82%
2014	432091	411346	-98985	20745	406794	25297	25297	639962270	5,85%
2015	263488	299451	-111895	-35963	280019	-16531	16531	273285940	6,27%
2016	172883	187556	-111895	-14673	172883	0	0	0	0,00%
2017	205542	180567	-6989	24975	71200	124234	124234	18045654507	65,36%
2018	284454	243965	63398	40489	194323	90131	90131	8123582053	31,69%
2019	322522	347286	103321	-24764	274400	51122	51122	2613468982	15,85%
2020	271776	322410	-24876	-50634	435934	-164158	164158	26947944302	60,40%

Alfa (solver)	0,78
Beta (solver)	1,00
Gamma (solver)	1,00
Erro médio	-2667
Desvio padrão amostral	55621
Erro absoluto médio	68148
Desvio padrão amostral	65229
Erro quadrático médio	8648779555
Raiz do EQM	92999
Desvio padrão amostral	12918797323
Erro absoluto médio percentual	15,83%
Desvio padrão amostral	20,51%

k=1  
 m=4

## APÊNDICE R - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditivo para Montadora FCA com Fator de Sazonalidade Igual a 4

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	316024			-4388					
2001	347357			26945					
2002	317655			-2757					
2003	300613	320412	28434	-13759					
2004	304568	312362	-8050	-7733	334458	-29890	29890	893404628	9,81%
2005	344901	316402	4040	28471	331256	13645	13645	186181425	3,96%
2006	404079	396993	80591	6909	317684	86395	86395	746407836	21,38%
2007	523043	535407	138414	-12498	457784	65259	65259	4258687049	12,48%
2008	541808	563701	21294	-21638	666088	-124280	124280	15445631544	22,94%
2009	539541	538011	-25690	21655	620466	-60925	60925	3711890107	10,89%
2010	534907	526212	-11800	8663	519231	15676	15676	245736303	2,93%
2011	507550	519405	-8806	-11867	501914	5636	5636	31781196	1,11%
2012	688347	616611	97205	-4804	490961	117386	117386	13779453133	19,30%
2013	522756	525338	-91273	-2146	755470	-212714	212714	45247454479	40,69%
2014	442728	434065	-91273	8663	442728	0	0	0	0,00%
2015	312579	326536	-107528	-13920	339925	-18346	18346	336566361	5,78%
2016	225798	232559	-93977	-6793	210504	15294	15294	233912719	6,77%
2017	253285	242100	2540	10926	136437	116028	116028	13648816634	46,13%
2018	260357	251688	9588	8669	260303	54	54	2891	0,02%
2019	306301	313505	61817	-7324	247356	58945	58945	3474543955	19,24%
2020	295931	278743	-34782	-18988	368529	-108998	108998	11880525690	42,00%

Métrica	Valor
ALFA (solver)	0,89
BETA (solver)	1,00
GAMA (solver)	0,98
Erro médio	-3532
Desvio padrão amostral	88628
Erro absoluto médio	61781
Desvio padrão amostral	59136
Erro quadrático médio	710149232
Raiz do EQM	84310
Desvio padrão amostral	11305483726
Erro absoluto médio percentual	15,82%
Desvio padrão amostral	15,01%

28 k=1  
 29 m=4  
 30  
 31  
 32  
 33  
 34  
 35  
 36  
 37  
 38

## APÊNDICE S - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditivo para Montadora GM com Fator de Sazonalidade Igual a 5

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	283442			-22103					
2001	305079			-466					
2002	307203			1056					
2003	305151			-394					
2004	320650	305545	17397	21305					
2005	325791	347894	24403	-22103	300839	24952	24952	622588331	7,66%
2006	365369	365835	22589	-466	371831	-6462	6462	41757130	1,77%
2007	394881	393223	23956	1658	390022	4799	4799	23033726	1,22%
2008	417505	417899	24144	-394	416765	740	740	547349	0,18%
2009	459111	437806	22554	21305	463348	-4237	4237	17951254	0,92%
2010	494400	518503	38605	-22103	438657	55743	55743	3107248935	11,27%
2011	453575	454041	10229	-466	554642	-101067	101067	10214581367	22,28%
2012	460252	458594	8035	1658	465528	-5676	5676	32211345	1,21%
2013	467565	467959	8840	-394	466835	730	730	532916	0,16%
2014	411935	390630	-15354	21305	498104	-86169	86169	7425088736	20,92%
2015	287033	309136	-33924	-22103	353173	-66140	66140	4374531273	23,04%
2016	274746	275212	-3924	-466	274746	0	0	0	0,00%
2017	308705	307047	-15461	1658	242946	65759	65759	4324246075	21,90%
2018	332779	333173	-3784	-394	291192	41587	41587	1729462055	12,50%
2019	386678	363373	6319	21305	350694	35984	35984	1294880449	9,31%
2020	283434	305537	-12255	-22103	349589	-66155	66155	4376474774	23,34%

ALFA (solver)	1,00
BETA (solver)	0,28
GAMA (solver)	0,58
Erro médio	-6601
Desvio padrão amostral	49590
Erro absoluto médio	33387
Desvio padrão amostral	34204
Erro quadrático médio	2340071007
Raiz do EQM	48467
Desvio padrão amostral	3086342240
Erro absoluto médio percentual	9,82%
Desvio padrão amostral	5,51%

k=1  
m=5





## APÊNDICE V - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora GM com Fator de Sazonalidade Igual a 1

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	283442	283442	21637	1,0000	305079	0	0	0	0,00%
2001	305079	305079	21637	1,0000	326716	-19513	19513	380757169	6,35%
2002	307203	323816	18737	0,9407	326716	-19513	19513	380757169	6,35%
2003	305151	339447	15611	0,8990	324979	-19828	19828	391143004	6,50%
2004	326850	356343	16895	0,9172	319203	7647	7647	58479413	2,34%
2005	325791	370555	14213	0,8792	342347	-16556	16556	274100336	5,08%
2006	365369	389346	18791	0,9384	338287	27082	27082	734439595	7,41%
2007	394881	410018	20672	0,9631	383002	11879	11879	141100262	3,01%
2008	417505	431109	21091	0,9684	414790	2715	2715	7373312	0,65%
2009	459111	455450	24341	1,0080	437930	21181	21181	448623924	4,61%
2010	494400	481376	25926	1,0271	483648	10752	10752	115611248	2,17%
2011	453575	497942	16186	0,9116	521028	-67453	67453	4549865771	14,87%
2012	460252	512394	14852	0,8982	466312	-8060	8060	64970725	1,73%
2013	467565	526249	13855	0,8885	473593	-6028	6028	36332514	1,29%
2014	411955	528739	2491	0,7791	479875	-67940	67940	4615810287	16,49%
2015	287033	507035	-21705	0,5661	413878	-126843	126843	16089039350	48,19%
2016	274746	465330	-21705	0,5661	274746	0	0	0	0,00%
2017	308705	475766	-9564	0,9489	262459	46246	46246	2138891378	14,98%
2018	332779	471317	-2629	0,7033	302499	30280	30280	916864320	9,10%
2019	386678	482287	9150	0,8018	330930	55748	55748	3107846667	14,42%
2020	283434	470941	-11347	0,6018	394014	-110580	110580	12227999773	39,01%

ALFA (solver)	0,15
BETA (solver)	1,00
GAMA (solver)	1,00
Erro médio	-11464
Desvio padrão amostral	47941
Erro absoluto médio	32817
Desvio padrão amostral	36100
Erro quadrático médio	2315002452
Raiz do EQM	48114
Desvio padrão amostral	4349427850
Erro absoluto médio percentual	9,71%
Desvio padrão amostral	32,15%

k=1  
 m=1

## APÊNDICE W - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora Volks com Fator de Sazonalidade Igual a 1

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	335345	335345	20745	1,0000					
2001	356090	356090	20745	1,0000	356090	0	0	0	0,00%
2002	311584	341733	-12357	0,9065	378835	-65251	65251	4257693001	20,94%
2003	282899	310399	-33334	0,8470	300383	-37484	37484	1405061697	14,26%
2004	299055	315631	5232	0,9475	234666	64389	64389	4145947921	21,53%
2005	326748	333036	17405	0,9811	304012	22736	22736	516920271	6,96%
2006	356685	357091	24055	0,9989	348224	12861	12861	165399704	3,61%
2007	451974	417337	60247	1,0830	380712	71262	71262	5078221353	15,79%
2008	487704	463758	46420	1,0516	517221	-29517	29517	871234845	6,05%
2009	578583	529151	65394	1,0883	536521	39332	39332	1546983077	6,83%
2010	573309	560185	31034	1,0234	647018	-73709	73709	5433014233	12,86%
2011	546311	562093	1908	0,9719	605070	-58759	58759	3452957905	10,76%
2012	614400	598572	39479	1,0764	548165	66235	66235	4387038857	10,78%
2013	505879	562912	-35661	0,8987	651844	-145965	145965	21305720785	28,85%
2014	432091	503689	-59223	0,8579	478831	-41740	41740	1742265502	9,66%
2015	283488	374806	-128884	0,7030	381287	-117799	117799	13876548570	44,71%
2016	173883	240922	-128884	0,7030	172883	0	0	0	0,00%
2017	205542	205988	-3954	0,9978	82278	123264	123264	15194012910	59,97%
2018	284544	206431	20443	1,2563	165694	118760	118760	14103873259	41,75%
2019	322522	251876	25445	1,2805	310135	12387	12387	153429183	3,84%
2020	271776	244308	-7568	1,1124	355104	-83328	83328	6943484258	30,66%

Metric	Value
Erro médio	-4118
Desvio padrão amostral	73924
Erro quadrático médio	522871042
Raiz do EQM	72312
Desvio padrão amostral	6103958910
Erro absoluto médio percentual	17,49%
Desvio padrão amostral	16,22%

Summary parameters:  $k=1$ ,  $m=1$

## APÊNDICE X - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora FCA com Fator de Sazonalidade Igual a 1

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	316024	316024	31333	1,0000					
2001	347257	347257	31333	1,0000	347257	0	0	0	0,00%
2002	317655	317655	-19944	1,0000	378890	-61035	61035	3725271225	19,21%
2003	300613	300613	-17433	1,0000	290311	2302	2302	5296520	0,77%
2004	304568	304568	325	1,0000	283180	21388	21388	457429327	7,02%
2005	344901	344901	33543	1,0000	304893	40008	40008	1600622099	11,60%
2006	404079	404079	54827	1,0000	378444	25635	25635	657147125	6,34%
2007	523043	523043	108079	1,0000	458906	64137	64137	411503344	12,26%
2008	541808	541808	33923	1,0000	631122	-89114	89114	7977011845	16,48%
2009	559541	559541	20481	1,0000	575731	-16190	16190	262111552	2,89%
2010	534907	534907	-16977	1,0000	580022	-45115	45115	2035311319	8,43%
2011	507550	507550	-25595	1,0000	517930	-10380	10380	107739861	2,05%
2012	603347	603347	79346	1,0000	483955	116392	116392	1357504814	20,78%
2013	522756	522756	-57599	1,0000	687893	-164937	164937	27204355583	31,55%
2014	442728	442728	-7621	1,0000	465157	-22429	22429	503068864	5,07%
2015	312579	312579	-120997	1,0000	366507	-53928	53928	2908180593	17,25%
2016	225798	225798	-92588	1,0000	191582	34216	34216	1170716724	15,15%
2017	252865	252865	7092	1,0000	123210	120655	120655	14412176844	47,40%
2018	260357	260357	7092	1,0000	260357	0	0	0	0,00%
2019	306301	306301	39350	1,0000	267449	38852	38852	1509477904	12,68%
2020	259531	259531	-32154	1,0000	345651	-86120	86120	7416700957	33,18%

Erro médio	-3823
Desvio padrão amostral	69491
Erro absoluto médio	51122
Desvio padrão amostral	45753
Erro quadrático médio	4602109325
Raiz do EQM	67839
Desvio padrão amostral	7066060478
Erro absoluto médio percentual	13,51%
Desvio padrão amostral	12,44%

k=1  
 m=1

## APÊNDICE Y - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora GM com Fator de Sazonalidade Igual a 2

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	283442	294261	5958	0,9632					
2001	305079	318640	5958	0,9632					
2002	307203	294796	5958	1,0368	289181	18022	18022	124705467	5,87%
2003	302151	338732	5958	0,9632	336533	-31362	31362	984802173	10,28%
2004	320850	338732	5958	0,9632	289697	37153	37153	1380354474	11,37%
2005	325791	314707	5958	1,0368	357362	-31571	31571	996752000	9,69%
2006	365369	378412	5958	0,9632	308876	56493	56493	3191487305	15,46%
2007	384881	380932	5958	1,0368	398501	-3620	3620	13107949	0,32%
2008	417505	432724	5958	0,9632	372666	44839	44839	2010517962	10,74%
2009	459111	442766	5958	1,0368	454810	4301	4301	18495711	0,94%
2010	494400	512277	5958	0,9632	432227	62173	62173	386543826	12,58%
2011	453575	438734	5958	1,0368	537288	-83713	83713	7007876257	18,46%
2012	460252	477809	5958	0,9632	420343	31909	31909	1018206214	6,93%
2013	467565	451481	5958	1,0368	501035	-33470	33470	1120221692	7,16%
2014	411935	428116	5958	0,9632	440622	-28687	28687	822939122	6,96%
2015	287033	279274	5958	1,0368	450633	-163000	163000	2656909898	56,79%
2016	274746	285238	5958	0,9632	274746	0	0	0	0,00%
2017	308705	297657	5958	1,0368	301396	6809	6809	46355882	2,21%
2018	332779	344836	5958	0,9632	292453	40326	40326	1626213678	12,12%
2019	386678	372625	5958	1,0368	363691	22987	22987	528383506	5,94%
2020	283434	295550	5958	0,9632	364664	-81230	81230	6598353113	28,66%

Erro médio	4930
Desvio padrão amostral	56377
Erro absoluto médio	41141
Desvio padrão amostral	37979
Erro quadrático médio	3059126863
Raiz do EQM	55309
Desvio padrão amostral	6054372674
Erro absoluto médio percentual	11,74%
Desvio padrão amostral	12,87%

k=1  
 m=2

## APÊNDICE Z - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora Volks com Fator de Sazonalidade Igual a 2

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	335345			0,9700					
2001	356090	345718	-29238	1,0300					
2002	311584	321222	-27754	0,9700	306984	4600	4600	21157953	1,48%
2003	262899	255241	-39715	1,0500	302272	-39373	39373	155025062	14,98%
2004	299055	308305	-10684	0,9700	209059	89996	89996	809232551	30,09%
2005	326748	317230	-4548	1,0300	306550	20198	20198	407949295	6,18%
2006	356685	367718	12673	0,9700	303301	53384	53384	2849903023	14,97%
2007	451974	438899	30992	1,0300	391803	60171	60171	3620552951	13,31%
2008	487794	502789	41287	0,9700	455666	32088	32088	1029407779	6,57%
2009	578553	596079	45981	1,0300	566400	15453	15453	238802951	2,68%
2010	573309	591042	41595	0,9700	586907	-13598	13598	184903805	2,37%
2011	546311	530388	9604	1,0300	651618	-105307	105307	11089510075	19,28%
2012	614460	633494	38830	0,9700	523800	90660	90660	8208418624	14,75%
2013	505879	491143	-17634	1,0300	692403	-186524	186524	34791092309	36,87%
2014	432091	445456	-26550	0,9700	459108	-27017	27017	729940421	6,25%
2015	263488	255813	-77582	1,0300	431475	-167987	167987	28219505525	63,75%
2016	172883	178230	-77582	0,9700	172883	0	0	0	0,00%
2017	205542	199555	-46634	1,0300	103668	101874	101874	10378381065	49,56%
2018	284454	293252	-7223	0,9700	148333	136121	136121	18528994195	47,85%
2019	322522	313127	4348	1,0300	299246	23276	23276	541790087	7,22%
2020	271776	280182	-7321	0,9700	307950	-36174	36174	1308546312	13,31%

ALFA (solver)	1,80
BETA (solver)	0,31
GAMA (solver)	0,30
Erro médio	2723
Desvio padrão amostral	85523
Erro absoluto médio	63352
Desvio padrão amostral	55547
Erro quadrático médio	6936596368
Raiz do EQM	83286
Desvio padrão amostral	10074777849
Erro absoluto médio percentual	18,50%
Desvio padrão amostral	18,49%

k=1  
 m=2

## APÊNDICE AA - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora FCA com Fator de Sazonalidade Igual a 2

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	316024			0,9528					
2001	347357	331691	-11278	1,0472					
2002	317655	331185	-526	0,9592	365278	12377	12377	153179052	3,90%
2003	300613	294563	-36602	1,0205	346256	-45643	45643	2063243661	15,18%
2004	304568	307261	12698	0,9912	247438	57130	57130	3263893662	18,76%
2005	344901	334859	27598	1,0300	326531	18370	18370	337455156	5,33%
2006	404079	399896	65006	1,0105	355280	44799	44799	2006993482	11,09%
2007	523043	500417	100550	1,0452	478815	44228	44228	195407806	8,46%
2008	541808	547123	46907	0,9899	607299	-65491	65491	4289014771	12,09%
2009	559541	545481	-1842	1,0258	621098	-61557	61557	3789293912	11,00%
2010	534907	540918	-4563	0,9889	538161	3254	3254	10586789	0,61%
2011	507550	501956	-38963	1,0111	550180	-42630	42630	1817325142	8,40%
2012	603447	588967	87011	1,0229	457948	150499	150499	2265027510	24,74%
2013	522756	544381	-44585	0,9603	683511	-160755	160755	25842288330	30,75%
2014	442728	440884	-103497	1,0042	516242	-73514	73514	5404330111	16,60%
2015	312579	327556	-113328	0,9543	323985	-11406	11406	130088925	3,65%
2016	225798	223026	-104529	1,0124	215123	10675	10675	113969940	4,97%
2017	253265	240294	17067	1,0549	113079	140186	140186	19652102155	55,35%
2018	260357	257161	17067	1,0124	260357	0	0	0	0,00%
2019	306301	287591	30429	1,0651	289273	17028	17028	289967123	5,56%
2020	259531	266970	-20621	0,9721	321972	-62441	62441	3898914049	24,06%

Erro médio	-1853
Desvio padrão amostral	73650
Erro quadrático médio	53789
Desvio padrão amostral	48716
Erro quadrático médio	5141511241
Raiz do EQM	71704
Desvio padrão amostral	8056564177
Erro absoluto médio percentual	13,70%
Desvio padrão amostral	13,20%

k=1  
 m=2

## APÊNDICE AB - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora GM com Fator de Sazonalidade Igual a 3

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	283442			0,9493					
2001	305079			1,0218					
2002	307203	296575	6896	1,0289					
2003	305151	320476	6896	0,9522	259959	15162	15162	22888919	4,97%
2004	326850	320335	6896	1,0203	334504	-7654	7654	58582341	2,34%
2005	325791	317282	6896	1,0268	336688	-10897	10897	118742365	3,34%
2006	365369	380113	6896	0,9612	308676	56693	56693	3214055771	15,52%
2007	394881	387010	6896	1,0203	394881	0	0	0	0,00%
2008	417505	405812	6896	1,0288	404471	13034	13034	169894195	3,12%
2009	459111	473709	6896	0,9692	396719	62392	62392	3892805642	13,59%
2010	494400	484307	6896	1,0208	490380	4020	4020	16160850	0,81%
2011	453575	443939	6896	1,0217	505332	-51757	51757	2678781855	11,41%
2012	460252	479430	6896	0,9722	486942	23310	23310	543335240	5,06%
2013	467565	459370	6896	1,0178	490337	-22772	22772	518560578	4,87%
2014	411935	407003	6896	1,0121	476387	-64452	64452	4154070065	15,65%
2015	287033	302434	6896	0,9491	402378	-115345	115345	13304457121	40,15%
2016	274746	273116	6896	1,0099	314849	-40103	40103	1606232704	14,60%
2017	303705	303447	6896	1,0173	282596	26109	26109	681682155	8,46%
2018	332779	348196	6896	0,9557	294539	38240	38240	1462267454	11,49%
2019	386678	381553	6896	1,0134	358261	28417	28417	807524891	7,35%
2020	283434	285256	6896	0,9936	395180	-111746	111746	12487160734	39,43%

Alfa (solver)	0,84
Beta (solver)	0,00
Gamma (solver)	1,00
Erro médio	-8742
Desvio padrão amostral	51204
Erro absoluto médio	38450
Desvio padrão amostral	33724
Erro quadrático médio	2552547938
Raiz do EQM	50523
Desvio padrão amostral	4000575558
Erro absoluto médio percentual	11,23%
Desvio padrão amostral	11,56%

k=1  
 m=3

## APÊNDICE AC - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora Volks com Fator de Sazonalidade Igual a 3

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	335345			1,0030					
2001	356090			1,0651					
2002	311584	334940	-12762	0,9319					
2003	282899	262111	-37545	1,0030	322905	-59706	59706	2564796587	22,71%
2004	299055	280788	-14081	1,0651	239175	59880	59880	3585648410	20,02%
2005	326748	350611	20936	0,9319	248555	78193	78193	6114141529	23,93%
2006	356685	355616	14287	1,0030	372664	-13979	13979	253335623	4,48%
2007	431974	404367	37017	1,0651	393967	58007	58007	3364859794	12,83%
2008	487704	523122	62867	0,9319	429982	57722	57722	3331843638	11,84%
2009	578583	574127	57833	1,0030	587952	-12099	12099	146374944	2,10%
2010	573309	538291	18741	1,0651	673071	-99762	99762	9952496663	17,40%
2011	546311	586209	30918	0,9319	519119	27152	27152	739412746	4,98%
2012	614400	612536	29011	1,0030	618983	-4583	4583	2102117	0,75%
2013	505879	474979	-40534	1,0651	683306	-177427	177427	31480369417	35,07%
2014	432091	463648	-28335	0,9319	404895	27196	27196	739642411	6,29%
2015	263488	262998	-100375	1,0030	436621	-173133	173133	29975137787	65,71%
2016	173883	162123	-100375	1,0651	172883	0	0	0	0,00%
2017	205542	220553	-34182	0,9319	57732	147810	147810	21847827953	71,91%
2018	284544	283601	6397	1,0030	186932	97522	97522	9510602727	34,28%
2019	322522	302822	11749	1,0651	308863	13659	13659	186555318	4,23%
2020	271776	291624	2172	0,9319	293161	-21385	21385	457299497	7,87%

ALFA (solver)	1,00
BETA (solver)	0,42
GAMA (solver)	0,21
Erro médio	173
Desvio padrão amostral	85843
Erro absoluto médio	62848
Desvio padrão amostral	56452
Erro quadrático médio	6959630398
Raiz do EQM	83424
Desvio padrão amostral	1020732742
Erro absoluto médio percentual	19,25%
Desvio padrão amostral	21,06%

k=1  
 m=3

## APÊNDICE AD - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora FCA com Fator de Sazonalidade Igual a 3

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	316024			0,9664					
2001	347257			1,0622					
2002	317655	327012	-3439	0,9714					
2003	300613	311933	-13486	0,9664	312700	-12067	12067	146101168	4,02%
2004	304568	287542	-22898	1,0622	317015	-12447	12447	154934687	4,09%
2005	344901	348786	49727	0,9714	257072	87829	87829	7713958390	25,47%
2006	404079	416767	65482	0,9664	385122	18957	18957	359350718	4,69%
2007	523043	491703	79642	1,0622	512253	10790	10790	116425222	2,06%
2008	541808	558204	67556	0,9714	249168	-7160	7160	54170806	1,36%
2009	595941	582247	29922	0,9664	604820	-45279	45279	2050180280	8,99%
2010	534907	511113	-57302	1,0622	650255	-115348	115348	13305205054	21,56%
2011	507550	517734	-2128	0,9714	440825	66725	66725	4452182958	13,13%
2012	668347	621596	89354	0,9664	498381	110066	110066	12114580013	18,09%
2013	522756	507322	-84601	1,0622	755181	-232425	232425	54021275747	44,46%
2014	442728	453351	-58410	0,9714	408876	33852	33852	1145945919	7,65%
2015	312579	328408	-115836	0,9664	381671	-69092	69092	4773661841	22,10%
2016	225798	212573	-115836	1,0622	225798	0	0	0	0,00%
2017	252265	249246	15884	0,9714	92969	159296	159296	25375129723	62,30%
2018	260357	269119	19241	0,9664	256318	4039	4039	16311710	1,55%
2019	306301	288361	19241	1,0622	306301	0	0	0	0,00%
2020	295531	269981	-13230	0,9714	298800	-39269	39269	1542079528	15,13%

Alfa (solver)	0,81
Beta (solver)	0,86
Gamma (solver)	0,00
Erro médio	-2320
Desvio padrão amostral	86635
Erro absoluto médio	58937
Desvio padrão amostral	63704
Erro quadrático médio	7074527736
Raiz do EQM	84110
Desvio padrão amostral	1349358579
Erro absoluto médio percentual	14,24%
Desvio padrão amostral	16,80%

k=1  
m=3







## APÊNDICE AH - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora GM com Fator de Sazonalidade Igual a 5

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	NT	CT	ST	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	283442			0,9277					
2001	305079			0,9985					
2002	307203			1,0054					
2003	305151			0,9987					
2004	326850	305545	17397	1,0697					
2005	325791	351196	25455	0,9277	299381	26210	26210	686976267	8,05%
2006	365389	365927	22397	0,9985	376077	-10708	10708	114669606	2,93%
2007	394881	392750	23669	1,0054	390411	4450	4450	19802621	1,13%
2008	417505	418044	24125	0,9987	415872	1633	1633	2667183	0,39%
2009	459111	429185	20422	1,0697	473001	-13890	13890	192931901	3,03%
2010	494400	532954	44193	0,9277	417083	77317	77317	5977977346	15,64%
2011	453575	454268	9148	0,9985	576266	-122691	122691	15053144681	27,05%
2012	460252	457166	7537	1,0054	465930	-5678	5678	3229612	1,23%
2013	467565	468169	8354	0,9987	464705	2860	2860	8180518	0,61%
2014	411935	385084	-17725	1,0697	509749	-97814	97814	9567624586	23,75%
2015	287033	309416	-34250	0,9277	340784	-53751	53751	2889220682	18,73%
2016	274746	275166	-34250	0,9985	274746	0	0	0	0,00%
2017	308765	307039	-15392	1,0054	242223	66482	66482	4419959333	21,54%
2018	332779	333209	-538	0,9987	291271	41508	41508	1722907207	12,47%
2019	386678	361473	5532	1,0697	352658	34020	34020	1157386960	8,80%
2020	283434	305536	-11999	0,9277	340456	-57022	57022	3251533519	20,12%

ALFA (solver)	1,00
BETA (solver)	0,29
GAMA (solver)	0,95
Erro médio	-6692
Desvio padrão amostral	54294
Erro absoluto médio	38502
Desvio padrão amostral	37752
Erro quadrático médio	2818573251
Raiz do EQM	53090
Desvio padrão amostral	4243037967
Erro absoluto médio percentual	10,34%
Desvio padrão amostral	9,55%

## APÊNDICE AI - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora Volks com Fator de Sazonalidade Igual a 5

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	Nt	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	335345			1,0714					
2001	356090			1,1377					
2002	311584			0,9555					
2003	282899			0,8399					
2004	299055	312995	25360	0,9555					
2005	326748	304971	14021	1,0714	362516	-35768	35768	1279316044	10,95%
2006	356685	313518	12182	1,1377	362913	-6228	6228	38789740	1,75%
2007	481974	456020	55751	0,9555	324212	127762	127762	1613147167	28,27%
2008	487704	580636	79819	0,8399	428181	59523	59523	3542994790	12,20%
2009	578583	602695	60202	0,9555	631041	-55188	55188	3045799160	9,58%
2010	573309	535099	16797	1,0714	710233	-136924	136924	18748098351	23,88%
2011	546311	480194	-7555	1,1377	627885	-81574	81574	6654266615	14,93%
2012	614400	617182	41536	0,9555	470509	148851	148851	20794598106	23,42%
2013	505879	602275	22366	0,8399	551288	-47409	47409	2247651859	9,37%
2014	432091	452232	-36190	0,9555	596822	-164731	164731	27136232974	38,12%
2015	263488	249277	-93967	1,0714	445751	-182263	182263	33219696224	69,17%
2016	172883	151990	-99967	1,1377	172883	0	0	0	0,00%
2017	285542	206473	-43338	0,9555	57732	147810	147810	21847827920	71,91%
2018	284454	338657	16143	0,8399	136856	147598	147598	21785062116	51,89%
2019	322522	337555	10286	0,9555	338999	-16477	16477	271484734	5,11%
2020	271776	253662	-21700	1,0714	372881	-100905	100905	10181745258	37,13%

ALFA (solver)	1,00
BETA (solver)	0,34
GAMA (solver)	0,08
Erro médio	-12555
Desvio padrão amostral	119907
Erro absoluto médio	90878
Desvio padrão amostral	60490
Erro quadrático médio	11689160941
Raiz do EQM	108116
Desvio padrão amostral	11041772381
Erro absoluto médio percentual	25,48%
Desvio padrão amostral	22,67%

k=1  
 m=5

## APÊNDICE AJ - Modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo para Montadora FCA com Fator de Sazonalidade Igual a 5

Ano	Licenciamento de automóveis nacionais	NT	Ct	St	Previsão	Erro	Erro absoluto	Erro quadrático	Erro absoluto percentual
2000	316024			0,9962					
2001	347257			1,0949					
2002	317655			1,0013					
2003	300613			0,9476					
2004	304548	317243	31466	0,9600					
2005	344901	346318	29075	0,9959	347389	-2488	2488	6191017	0,72%
2006	404079	389268	22949	1,0943	411027	-6948	6948	48268845	1,72%
2007	523043	517858	148591	1,0100	392726	130317	130317	16962512287	24,92%
2008	541888	570560	57202	0,9422	631211	-49705	49705	2466917568	16,16%
2009	559541	584540	9480	0,9572	607000	-47459	47459	2252319934	8,48%
2010	534907	539076	-45464	0,9923	591588	-56681	56681	3212754010	10,60%
2011	507500	464856	-74220	1,0918	540146	-32596	32596	1062486719	6,42%
2012	608347	594987	130130	1,0225	394547	211800	211800	45710284019	35,14%
2013	522756	560755	-34251	0,9323	683188	-160452	160452	25738452244	30,69%
2014	442728	464723	-96012	0,9527	503968	-61240	61240	3750357597	13,83%
2015	312579	316875	-147849	0,9864	365860	-53281	53281	2838830960	17,05%
2016	225798	205496	-111378	1,0988	184550	41248	41248	1701401634	18,27%
2017	253265	242384	36888	1,0449	96231	157034	157034	2465597405	62,00%
2018	260357	279272	36888	0,9323	260357	0	0	0	0,00%
2019	306301	321333	42060	0,9532	301197	5104	5104	26052970	1,67%
2020	259531	266571	-54782	0,9736	358467	-98936	98936	9788320700	38,12%

Modelo	Erro médio	Desvio padrão amostral
ALFA (solver)	0,87	
BETA (solver)	1,00	
GAMA (solver)	1,00	
<b>Erro médio</b>	<b>-3891</b>	
<b>Desvio padrão amostral</b>	<b>98516</b>	
<b>Erro absoluto médio</b>	<b>72329</b>	
<b>Desvio padrão amostral</b>	<b>64353</b>	
<b>Erro quadrático médio</b>	<b>9114049906</b>	
<b>Raiz do EQM</b>	<b>95468</b>	
<b>Desvio padrão amostral</b>	<b>12965224663</b>	
<b>Erro absoluto médio percentual</b>	<b>17,89%</b>	
<b>Desvio padrão amostral</b>	<b>36,93%</b>	

k=1  
 m=5