

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

Leandro Lima de Almeida

**A APLICAÇÃO DE MODELOS ESTATÍSTICOS BASEADOS NA PREVISÃO DA  
DEMANDA:  
o problema da linha Cidade Universitária**

Dourados

2017

Leandro Lima de Almeida

**A APLICAÇÃO DE MODELOS ESTATÍSTICOS BASEADOS NA PREVISÃO DA  
DEMANDA:  
o problema da linha Cidade Universitária**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Grande Dourados, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof. Dra. Fabiana Raupp

Dourados

2017

Leandro Lima de Almeida

**A APLICAÇÃO DE MODELOS ESTATÍSTICOS BASEADOS NA PREVISÃO DA  
DEMANDA:  
o problema da linha Cidade Universitária**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Grande Dourados, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof. Dra. Fabiana Raupp

---

Prof. Dra. Fabiana Raupp (Orientadora)

---

Prof. Me. Carlos Eduardo Soares Camparotti

---

Prof. Ms. Fernanda Cavacchioli Zola

Dourados, 28 de março de 2017.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, professora Fabiana Raupp, por ter aceitado me orientar e compartilhar seu conhecimento para a realização deste trabalho.

Aos senhores Marcelo Saccol e Edson Aragão que se dispuseram a me ajudar durante a coleta de dados na empresa Viação Dourados.

À minha família e amigos que de alguma forma foram importantes durante a minha graduação.

Aos membros da banca.

## RESUMO

A preocupação com a mobilidade em centros urbanos é um assunto que tem sido foco de discussões que buscam traçar maneiras mais eficientes de levar pessoas de um ponto a outro, considerando diferentes meios e estratégias de mobilidade. Desta forma, a fim de traçar uma estratégia mais eficiente para o transporte de pessoas, este estudo tem como objetivo a utilização de modelos de séries temporais para a previsão da demanda de usuários da linha de transporte coletivo urbano Cidade Universitária do município sul-mato-grossense de Dourados. Para tanto, foi desenvolvido um estudo de caso na empresa responsável pela operação desse serviço na cidade com o propósito de compreender melhor o comportamento da demanda dos usuários, além de prever a demanda para os três anos seguintes. A análise estatística dos dados evidenciou a presença de comportamento sazonal sem tendência na série. Obteve-se, a partir do método da sazonalidade simples, os índices sazonais para cada um dos quatro períodos e, por meio do método de *Holt-Winters*, foram obtidas as previsões para os anos seguintes. Verificou-se que para o comportamento específico da linha estudada, o método *Holt-Winters* mostrou-se adequado como ferramenta para previsão da demanda, proporcionando assim uma melhor tomada de decisão estratégica no que tange o delineamento da frota de ônibus.

Palavras-chave: Previsão de demanda. Sazonalidade. Transporte Público. Mobilidade Urbana.

**STATISTICAL MODELING APPLIED O DEMAND FORECASTING:  
The problem of Cidade Universitária bus service route**

**ABSTRACT**

The question regarding mobility in urban areas is an important subject in discussions that aim to create efficient ways to take people from a place to another, considering different transportation means and mobility strategies. This way, the objective of this study is to make use of time series to forecast the number of commuters riding the Cidade Universitária bus service route in the city of Dourados. Therefore, a case study was developed along with the public transportation operator in the city that aimed to understand better the costumers' behavior and also provide a forecast model for commuters demand for the three following years. The statistical analysis showed seasonality in the series of data, but it did not show trend. Through the ratio-to-moving-average method, it was obtained the seasonal indices for each four period and, in order to obtain the forecast for the following three years, the Holt-Winters method was used. It could be verified that for the demand curve behavior of the studied bus route, the Holt-Winters method showed to be the best option as a demand forecast technique and also a good decision making tool for bus fleet management plan.

Keywords: Demand forecasting. Seasonality. Public transportation. Urban mobility.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do modelo de previsão de demanda .....	9
Figura 2 - Crescimento do erro ao longo do horizonte de tempo. ....	10
Figura 3 - Modelo de regressão linear .....	15
Figura 4 - Etapas de desenvolvimento de um projeto de pesquisa. ....	22
Figura 5 - Etapas de execução do trabalho .....	25
Figura 6 – Localização da empresa Viação Dourados.....	27
Figura 7 - Planilha dos resultados do teste de Kruskal-Wallis obtida por meio do pacote Action Stat .....	30
Figura 8 - Planilha de cálculo do Teste de Mann-Kendall .....	30
Figura 9- Planilha de cálculo do Teste Mann-Kendall Sazonal .....	31
Figura 10- Planilha de resultados da previsão de demanda pelo método de Holt-Winters com a utilização do pacote Action Stat .....	35
Figura 11- Comportamento da série temporal em comparação ao ajuste exponencial pelo modelo de Holt-Winters .....	36

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos

APTA – *American Public Transportation Association*

CNI – Confederação Nacional da Indústria

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

IBOPE – Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística

MAD – Mean Absolute Deviation

NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

PCP – Planejamento e Controle da Produção

UEMS – Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul

UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Problema.....	2
1.2	Objetivos .....	3
1.2.1	Objetivo Geral .....	3
1.2.2	Objetivos Específicos .....	3
1.3	Justificativa.....	3
1.4	Estrutura do trabalho .....	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1	Previsão da Demanda.....	8
2.1.1	Modelo de Elaboração da Previsão de Demanda .....	9
2.1.2	Tipos de Técnicas .....	11
2.2	Testes estatísticos .....	18
2.3	Mobilidade Urbana.....	19
2.3.1	Histórico .....	19
2.3.2	Mobilidade urbana nos dias de hoje .....	20
3	METODOLOGIA.....	22
3.1	Pesquisa.....	22
3.2	Classificação da Pesquisa.....	22
3.2.1	Classificação da pesquisa quanto ao objeto .....	23
3.2.2	Classificação da pesquisa quanto à abordagem.....	23
3.2.3	Classificação da pesquisa quanto aos objetivos .....	23
3.2.4	Classificação da pesquisa quanto aos procedimentos .....	24
3.3	Desenvolvimento da Pesquisa.....	24
4	ESTUDO DE CASO .....	27
4.1	A Empresa.....	27
4.2	Coleta e Análise de Dados .....	28
4.2.1	Teste de Comportamento da Série Temporal .....	29
4.2.2	Análise Qualitativa da Série Temporal .....	32
4.2.3	Previsão da Demanda .....	33
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	38

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
APÊNDICE.....	45

## 1 INTRODUÇÃO

Muito tem-se falado em mobilidade urbana nos últimos anos. Com a vinda de grandes eventos esportivos para o Brasil, uma das maiores preocupações dos comitês organizadores foi o desenvolvimento de um sistema de transporte eficiente que ficasse como legado para as cidades sedes dos eventos. De acordo com a Agência Brasil (2014), o Governo Federal investiu em 2013 R\$ 143 bilhões em mobilidade urbana. Porém esse debate não limitou-se apenas às capitais anfitriãs. Em 2011, 61% da população brasileira utilizava alguma forma de transporte coletivo para se locomover de casa ao trabalho ou escola (CNI-IBOPE, 2011), o que evidencia a importância deste tema dentro do desenvolvimento das cidades.

Em 3 de janeiro de 2012, a Lei 12.587 foi promulgada instituindo as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Ela objetiva integrar os diferentes modos de transporte e melhorar a acessibilidade e mobilidade de pessoas e cargas dentro do território urbano (BRASIL, 2012). A promulgação dessa lei fomentou ainda mais a discussão sobre as estratégias que os governantes traçariam para resolver os problemas relacionados à mobilidade de pessoas no Brasil.

Somente no transporte coletivo feito por ônibus, no Brasil, são feitas diariamente 40 milhões de viagens (NTU, 2012). Nos Estados Unidos, esse número ultrapassa 143 milhões de viagens por dia (APTA, 2014). A população desses países é de 200 milhões e 319 milhões, respectivamente, evidenciando a diferença entre os números do transporte público no Brasil e em outros países. Portanto, desenvolver um sistema eficiente e confiável de transporte de massas é fundamental para melhorar problemas como o alto número de carros nas cidades, os níveis alarmantes de emissão de CO<sub>2</sub>, bem como a melhor fluidez no modais já existentes.

Hoje, diversas ferramentas são utilizadas com o objetivo de criar-se uma rede mais eficiente no transporte público, sejam elas simulações computadorizadas, estudos de planejamento do tráfego urbano, entre outras. Uma ferramenta que tem sua usabilidade comprovada quando se trata da elaboração de um sistema confiável de transporte de passageiros é o estudo de fatores que impactam na demanda. Ortúzar e Willumsen (2011), afirmam que o modelo tradicional de projeções da demanda para redes de transporte, que inclui variáveis como população, renda e emprego é eficiente para projetos ao longo prazo, entretanto para uma previsão a curto prazo, esse método se torna ineficiente devido ao elevado número de erros e

incertezas. Portanto, é necessário um estudo mais específico das variáveis que impactam diretamente na variação da demanda em um curto prazo, de maneira que elas sejam identificadas e traduzidas em um modelo que forneça resultados precisos em relação a demanda de usuários.

## 1.1 PROBLEMA

Com o aumento da comunidade acadêmica das universidades da cidade de Dourados, diversos problemas têm sido evidenciados na rotina de quem trabalha ou estuda na Cidade Universitária. Indubitavelmente, a mobilidade é um dos temas mais abordados entre as pessoas que se locomovem diariamente aos dois campi. São cerca de 8500 (UFGD, 2011) pessoas que fazem parte do quadro docente, discente ou administrativo da UFGD e fazem uso de algum tipo de meio de transporte para percorrer os 15 quilômetros que separam a universidade do centro da cidade.

Dá-se então um dos maiores problemas enfrentado pela empresa atualmente: a falta de conhecimento da demanda por período de clientes da linha Cidade Universitária. Um fator crucial na causa desse problema é a falta de comunicação entre a empresa prestadora de serviço e as universidades, posto que sem o conhecimento da relação demanda/horário, a empresa não consegue estabelecer quando ocorrem os horários com maior fluxo de pessoas.

Desta forma, fazendo uma rápida análise do problema, pode-se atribuir à variação da demanda de passageiros a diversos fatores como, por exemplo, o período do ano, a temperatura, a configuração do semestre letivo definido pelas universidades e a relação de acadêmicos matriculados nas unidades de ensino. Segundo Chopra e Meindl (2002), prever é a arte e a ciência de projetar cenários futuros a fim de determinar as necessidades e as condições esperadas. As previsões de demanda podem ser utilizadas em todos os níveis hierárquicos da empresa, seja para programar a produção ou seja para definir a implantação de uma nova unidade fabril. Peinado e Stevenson (2001) afirma que as previsões são partes fundamentais na redução de incertezas e na definição de planos mais realistas. Com base nessas definições, este trabalho visa estudar e compreender quais variáveis são mais influentes na flutuação da demanda de usuários da linha Cidade Universitária e como a empresa deve preparar-se para sofrer menos os efeitos dessa incerteza.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Identificar as causas da flutuação da demanda dos passageiros da linha Cidade Universitária da cidade de Dourados e aplicar um modelo estatístico que ofereça uma previsão confiável do número de usuários para o início e final dos semestres letivos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

A fim de atingir o objetivo principal, alguns objetivos específicos são parte integrante deste processo, são eles:

- Analisar o panorama atual das condições do transporte público da cidade de Dourados;
- Relacionar diferentes fatores com a variação do número de usuários da linha;
- Traçar um modelo com alcance de pelo menos três anos em conformidade com a política de expansão das universidades de Dourados;
- Analisar os resultados.

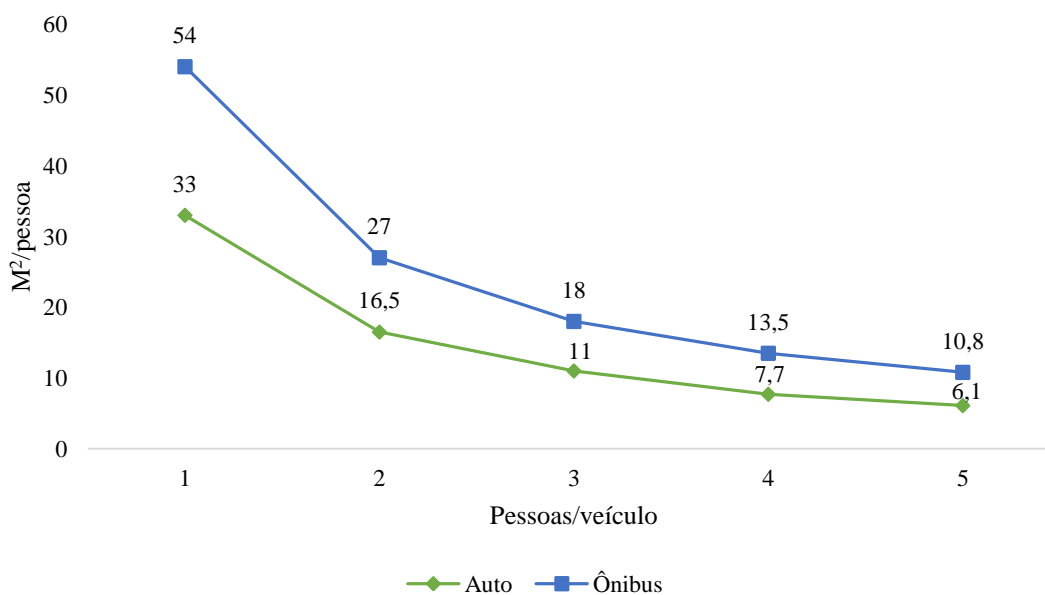
## 1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo dados da Pesquisa CNI-IBOPE de 2011 sobre mobilidade urbana no Brasil, cerca de 32% das pessoas que moram em municípios com mais de 100 mil habitantes levam mais de 1 hora por dia no percurso de sua residência até o trabalho ou escola. Ainda segundo a mesma fonte, 34% da população brasileira utiliza o ônibus como principal meio de locomoção. Esses dados mostram a importância que a mobilidade tem na vida das pessoas, não importando a que classe social elas pertencem ou de que região geográfica elas são. A partir dessa pesquisa, pode-se também perceber a relevância do ônibus no modelo atual de transportes brasileiro e mais do que isso, a importância do estabelecimento de modelos de previsão que consigam responder de forma rápida e eficiente à variação da demanda de passageiros.

Uma grande oportunidade que os modais de transporte de massas nos oferece, reside na relação de ocupação m<sup>2</sup>/pessoa nas vias de tráfego, posto que o número de veículos de transporte

individual tem crescido consideravelmente. Segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito, DENATRAN (2014), o número de automóveis licenciados no Brasil em dezembro de 2014 era de aproximadamente 48 milhões de carros, enquanto que no mesmo período do ano de 2004, esse número era 192% menor. Esse crescimento reflete diretamente na ocupação das vias urbanas e conseqüentemente no aumento do índice m<sup>2</sup>/pessoa, o que gera, especialmente em grandes centros, os congestionamentos das vias. O Gráfico 1 mostra como o transporte de massas diminui consideravelmente a área ocupada por pessoa em vias de trânsito e melhora a situação da mobilidade urbana atual.

**Gráfico 1 - Área das vias urbanas ocupada por pessoas transitando em automóveis e ônibus. 2008.**



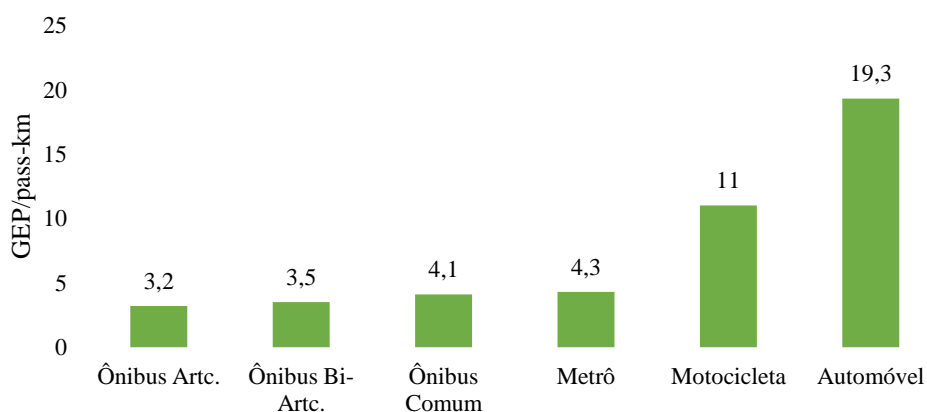
Fonte: Relatório Fretamento. ANTP, adaptado.

O Gráfico 1 mostra a diferença de ocupação das vias urbanas entre o uso de automóveis e ônibus. Pode-se notar que um passageiro em um ônibus ocupa 21m<sup>2</sup> a mais que uma pessoa sozinha em um automóvel, porém adicionando-se um passageiro ao ônibus esse número cai e fica 6m<sup>2</sup> menor quando comparado com a mesma pessoa dirigindo sozinha. Já um ônibus com 5 passageiros tem uma taxa de ocupação individual três vezes menor que um carro com apenas um passageiro. Deve-se também atentar-se ao fato de que um ônibus geralmente comporta de 40 a 60

passageiros e abaixa ainda mais a taxa de ocupação das vias urbanas, uma vez que ao utilizar o transporte coletivo, até 60 automóveis deixam de trafegar nas ruas.

O tópico ambiental é um outro ponto muito importante na questão do transporte de pessoas, seja ele individual ou coletivo. Uma forma de se conhecer o real impacto que os modos de transporte têm sobre o meio ambiente é analisando o consumo de energia por pessoa de cada tipo de veículo. A partir disso, é possível estabelecer parâmetros de eficiência e determinar os melhores modelos de transporte. O Gráfico 2 traça um comparativo entre os principais tipos de transporte e seu gasto energético.

**Gráfico 2 - Consumo de energia por passageiro por tipo de transporte.**

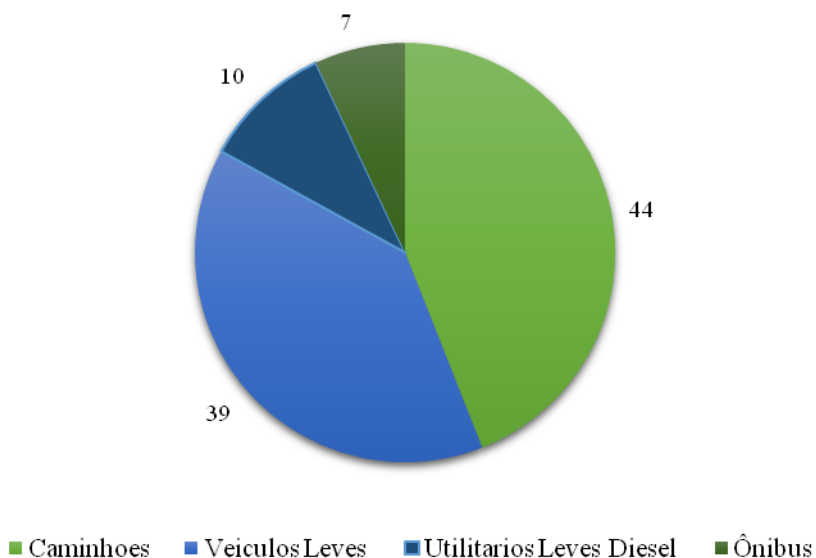


Legenda: GEP = Grama de Petróleo

Fonte: Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros. 2011.

O Gráfico 2 mostra a diferença do gasto energético dos principais tipos de transporte no Brasil. Este gráfico foi elaborado considerando uma lotação máxima nos veículos, portanto a medida que o número de passageiros diminuiu, este índice também sofre uma diminuição. Outro ponto favorável ao uso de transporte coletivo é o baixo nível de emissão de gases do efeito estufa quando comparado aos níveis de emissão do transporte individual. O Gráfico 3 mostra os níveis de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente no transporte brasileiro em 2006.

**Gráfico 3 - Níveis de emissão de Dióxido de Carbono (CO2) por tipo de transporte.**



Fonte: Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros. 2011.

Segundo dados da Pesquisa CNI-IBOPE (2011), cerca de 61% da população brasileira utilizava algum tipo de transporte coletivo e a partir do Gráfico 3, podemos notar que os ônibus, uma das principais formas de transporte coletivo no país, respondem por apenas 7% das emissões de CO<sub>2</sub>, enquanto os automóveis são responsáveis por 39% das emissões, o que mostra a importância desse tipo de transporte, bem como a necessidade de uma melhor compreensão do funcionamento do sistema de transporte coletivo brasileiro, além de melhorias gerais em todas as etapas do processo que envolve o transporte pessoas de forma coletiva.

Em Dourados, no Mato Grosso do Sul, um problema tem se tornado corriqueiro, especialmente para os usuários da linha Cidade Universitária, sob responsabilidade da empresa Viação Dourados, que é a superlotação dos ônibus. São cerca de 100 viagens diárias que ligam o campus às mais diversas partes da cidade. O problema dá-se nos horários do início e término das aulas, em que formam-se filas e o tempo de espera pode ultrapassar 30 minutos. De acordo com a empresa prestadora do serviço de transporte, a principal causa desse problema é a dificuldade em conhecer a variação da demanda diária dos usuários da linha, uma vez que a comunicação entre a



empresa e as secretarias das faculdades é inexistente e também não há um estudo que relacione outras variáveis com a flutuação da demanda.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em capítulos, sendo o primeiro capítulo uma introdução geral sobre o tema, a definição do problema, bem como a delimitação dos objetivos e justificativa demonstrando a importância do trabalho. O segundo capítulo apresentará a revisão bibliográfica de conceitos relacionados à previsão da demanda e um histórico mais detalhado sobre o tópico mobilidade urbana no Brasil. O capítulo três abordará o tipo de metodologia utilizada no trabalho. No quarto capítulo, será abordado o estudo de caso, com a definição e histórico da empresa, o procedimento de coleta e análise dos dados e a previsão da demanda para a série de dados estudada. O quinto capítulo consiste nas considerações finais do trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PREVISÃO DA DEMANDA

De acordo com Tubino (2007), as empresas, de uma forma geral, orientam suas atividades para a direção que elas acreditam que os negócios andarão a partir de previsões, sendo que a previsão da demanda é a utilizada mais amplamente.

A partir da previsão da demanda, é possível elaborar o planejamento estratégico da empresa. Kotler (2000), divide planejamento estratégico em três importantes áreas. A primeira é composta pelo desenvolvimento de um plano de ação para cada um dos negócios da empresa. A segunda compreende na análise das forças de cada negócio, levando em consideração a situação do mercado e o posicionamento competitivo da empresa. A terceira grande área é a criação de um plano de ação a fim de alcançar as metas estabelecidas a longo prazo.

Desenvolvido usualmente pelo setor de Marketing ou Vendas, as previsões são usadas de duas formas principais pelo setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP): na elaboração do sistema de produção, isto é, desenvolvendo em um nível estratégico o plano de produção, definindo a família de produtos e serviços, o layout e as instalações da empresa, bem como o equipamento necessário. E na definição do uso deste sistema, que inclui as previsões detalhadas de curto e médio prazo, a elaboração de planos de produção e logística, além do sequenciamento da produção. Vale salientar que em empresas de pequeno e médio porte, a previsão da demanda geralmente é elaborada pelo próprio departamento de PCP, que por muitas vezes é o mesmo que o de Vendas (TUBINO, 2007)

Embora os recursos computacionais estejam cada vez mais sofisticados, ainda é impossível saber com exatidão a demanda esperada por determinado produto ou serviço. Faz-se então o uso da sensibilidade e experiência do planejador, para que o resultado obtido seja uma aproximação fiel ao valor real. O uso de ferramentas mais apuradas dá uma melhor margem de decisão ao planejador que pode analisar os erros da previsão e traçar estratégias de estoque de segurança do sistema, além de utilizá-los para aprimorar o modelo de previsão (TUBINO, 2007).

### 2.1.1 Modelo de Elaboração da Previsão de Demanda

De acordo com Tubino (2007), a elaboração de um modelo de previsão de demanda pode ser dividida em cinco etapas fundamentais. A figura 1 mostra esquematicamente a divisão dessas etapas.

**Figura 1 - Etapas do modelo de previsão de demanda**



Fonte: Adaptado de TUBINO, 2007, p. 16.

A primeira etapa do modelo consiste na definição do objetivo da previsão, nela serão definidas o produto, o grau de precisão, os recursos disponíveis para a previsão. A importância desse estágio está no fato de que após a definição desses requisitos, pode-se estabelecer o grau de sofisticação e detalhamento da previsão, uma vez que produtos ou família de produtos que não tenham importância significativa aceitam uma margem de erro maior e a aplicação de técnicas mais simples para obtenção dos resultados.

Após o objetivo ter sido traçado, a etapa seguinte baseia-se na coleta e análise de dados históricos do produto. É nesse momento que a definição da técnica de previsão mais apropriada começa a ser iniciada. Tubino (2007), lista alguns dos procedimentos que devem ser realizados durante a coleta de dados:

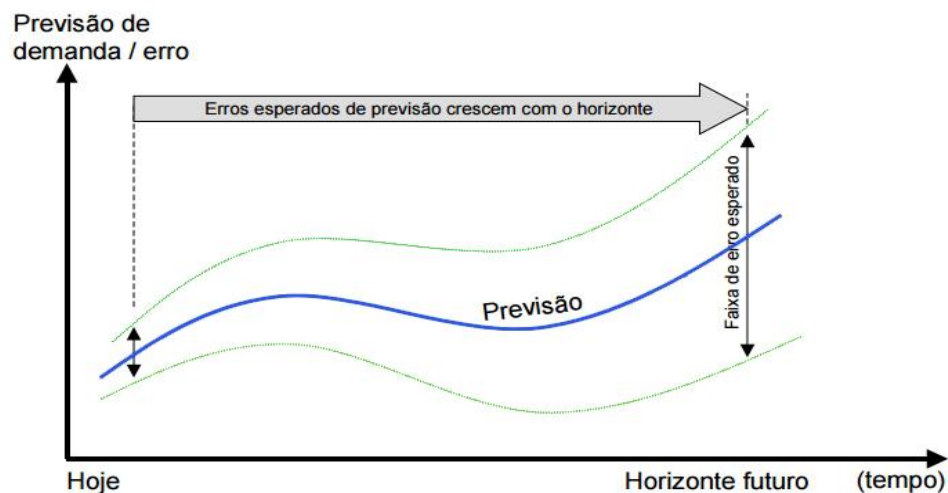
- A confiabilidade da previsão aumenta proporcionalmente à quantidade de dados históricos coletados e analisados;
- Os dados devem representar a demanda pelo produto ou serviço da empresa, que não é necessariamente dados relativos às vendas, dado que é possível que tenha havido a falta do produto, ocasionando em atrasos ou não atendimento da demanda (demanda reprimida);

- Variações incomuns da demanda devem ser substituídas por valores médios;
- O intervalo de análise dos dados (semanal, mensal, anual) influencia diretamente na escolha do modelo de previsão mais adequado, bem como no julgamento de variações extraordinárias.

A seguir, deve-se escolher qual a técnica de previsão que mais se adequa ao modelo proposto. Existem basicamente duas técnicas de previsão: qualitativa e quantitativa. Ambas técnicas possuem suas restrições e aplicabilidades, portanto não há uma fora geral de se prever a demanda que se encaixe em todas os cenários. O que se deve levar em conta nessa fase é o grau de acurácia e custo. De forma geral, técnicas mais acuradas dependem um maior investimento, entretanto nem sempre elas são as mais indicadas. Geralmente, elas são aplicadas em um nível estratégico, enquanto que as técnicas menos custosas são utilizadas em cenários operacionais (TUBINO, 2007).

As etapas finais do modelo consistem na coleta dos resultados das previsões e no monitoramento do erro. À medida que a demanda real acontecer, ela deve ser comparada com a demanda prevista a fim de determinar a validade dos parâmetros e técnicas utilizadas no modelo. Corrêa e Corrêa (2012) salienta que quanto maior for o horizonte de tempo, menor será a confiabilidade da previsão. A Figura 2 mostra o aumento do erro em relação ao alargamento do horizonte do tempo em um modelo de previsão genérico.

**Figura 2 - Crescimento do erro ao longo do horizonte de tempo.**



Fonte: CORRÊA e CORRÊA, 2012.

## 2.1.2 Tipos de Técnicas

Peinado e Graeml (2007) dividem os métodos de previsão de demanda em quatro grandes grupos:

- Modelos qualitativos;
- Modelos de decomposição de séries temporais;
- Modelos de previsão causais;
- Modelos de simulação de demanda.

Ainda de acordo com os autores, muitos autores agrupam os três últimos modelos como sendo parte da categoria Modelos quantitativos.

### 2.1.2.1 Modelos Qualitativos

A utilização dessa técnica é comumente feita por especialistas com muita experiência de mercado, posto que são análises de dados subjetivos onde muitas vezes não há dados históricos a serem estudados. Um exemplo da utilização de modelos qualitativos é no estudo da demanda de um produto novo. A seguir, alguns exemplos de técnicas qualitativas são: predição, pesquisa de mercado e associação com produtos similares (PEINADO; GRAEML, 2007).

Predição: trata-se de um método não científico e baseia-se apenas em dados subjetivos para determinação de acontecimentos futuros dependendo quase que exclusivamente da sorte. A predição é muitas vezes tratada como *feeling* ou comportamento empreendedor visionário.

Pesquisa de Mercado: “a pesquisa de mercado é uma pesquisa preditiva para levantar a intenção de compra diretamente do mercado consumidor” (Peinado e Graeml, 2007, p. 336). É uma técnica bastante utilizada no lançamento de novos produtos no mercado já que auxilia e orienta na tomada de decisões, entretanto há alguns fatores negativos a serem considerados na utilização desse método. Um dos principais problemas é que nem sempre as intenções de compra se concretizam, além disso é preciso considerar o a fase do ciclo de vida do produto. Muitas vezes um produto novo e com taxa de intenção de compra alta não necessariamente continuará fazendo sucesso após a fase de experimentação do consumidor.

Associação com produtos similares: essa técnica consiste na análise de dados históricos existentes de produtos similares ao que a empresa estuda em lançar no mercado. Peinado e

Graeml (2007), salientam que faz-se necessário considerar o grau de similaridade com o produto comparado.

### 2.1.2.2 Modelos Quantitativos

#### 2.1.2.2.1 Modelos de decomposição de séries temporais

De acordo com Peinado e Graeml (2007), o modelo de decomposição de séries temporais é um dos métodos mais difundidos e utilizados no estudo previsão da demanda. Cavalheiro (2003) define séries temporais como “uma sequência ordenada no tempo de observações de uma variável”. Os modelos que utilizam séries temporais são geralmente mais adequados para produtos ou família de produtos que tenha atingido a fase de maturidade em seu ciclo de vida, porque desta forma os dados históricos obtidos são mais confiáveis e o padrão de consumo é mais estável.

Há quatro comportamentos básicos presentes em séries temporais:

**Nível:** traduz o padrão de demandas passadas de forma a eliminar variações sazonais e aleatórias. Ele pode ser estacionário ou sofrer alterações ao longo do gráfico tempo pela demanda.

**Tendência:** representa um comportamento crescente, decrescente ou estabilizado da demanda. Pode ser tanto linear quanto não linear.

**Sazonalidade:** é o tipo de variação da demanda que revela um padrão de variação que acontece repetidamente ao longo do tempo, permitindo que seja identificada e prevista.

**Aleatoriedade:** são fatores desconhecidos e incontroláveis que afetam a demanda pelo produto ou serviço. Neste caso, o estudo e monitoramento do modelo através dos erros é fundamental para que se compreenda melhor a variação da demanda e até prever estatisticamente o erro esperado.

A seguir os principais modelos de previsão quantitativa segundo Tubino (2007) e Peinado e Graeml (2007).

- Média

Ao se auscultar os dados históricos de determinado produto, pode-se ocasionalmente observar a instabilidade dos números em certos períodos, isso porque qualquer processo sofre

com variações randômicas e é com base nesse preceito que a utilização de média atua combinando valores altos e baixos da média histórica e fornecendo uma previsão média com menos influência da variabilidade.

### **Média móvel simples**

A média móvel simples é calculada a partir de um certo número de períodos, geralmente os mais recentes. A cada novo período, substitui-se o dado mais antigo pelo mais recente. A média móvel simples é obtida através da equação 1.

$$Mm_n = \sum_{i=1}^n Di \quad (1)$$

Onde:

$Mm_n$  = Média móvel de  $n$  períodos;

$D_i$  = Demanda ocorrida no período  $i$ ;

$n$  = número de períodos;

$i$  = índice do período ( $i=1,2,3,\dots$ )

### **Média Móvel Ponderada**

O cálculo da média móvel ponderada se assemelha bastante ao da média móvel simples, porém nesse caso, associa-se pesos aos dados históricos, geralmente pesos maiores aos dados mais recentes e pesos menores aos dados mais antigos. De forma a facilitar os cálculos, o somatório dos pesos normalmente é igual a um. A partir da equação 2, obtemos a média móvel ponderada.

$$MP_n = (D_1 \times PE_1) + (D_2 \times PE_2) + (D_3 \times PE_3) + \dots + (D_n \times PE_n) \quad (2)$$

Onde:

$MP_n$  = Média móvel ponderada;

$D_i$  = Demanda do período  $i$ ;

$PE_i$  = Peso atribuído ao período  $i$ , sendo que ( $\sum_{i=1}^n PE_i = 1$ );

$i$  = índice do período ( $i=1,2,3,\dots$ )

### **Média exponencial móvel**

A média exponencial móvel também é obtida através de pesos associados aos dados, porém neste caso, eles decrescem em progressão geométrica, ou de forma exponencial. De forma bem concisa, ela é obtida pela soma da previsão anterior com o erro da previsão corrigida por um coeficiente de ponderação. A equação (3) mostra a base do cálculo para a média exponencial móvel.

$$M_t = M_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - M_{t-1}) \quad (3)$$

Onde:

$M_t$  = previsão para o período  $t$ ;

$M_{t-1}$  = previsão para o período t-1;

$\alpha$  = coeficiente de ponderação;

$D_{t-1}$  = demanda do período t-1.

O coeficiente  $\alpha$  é um valor qualquer entre 0 e 1. Ele deve ser definido de acordo com o grau de responsividade do modelo desejado. Quando mais próximo de 1, maior será a sensibilidade do modelo com a variação real da demanda, isto é, se  $\alpha$  for muito grande, os resultados da previsão serão altamente afetados com mudanças aleatórias na demanda. Caso  $\alpha$  seja muito pequeno, os resultados poderão destoar da demanda real. Um intervalo bastante aceito entre os planejadores para o valor de  $\alpha$  vai de 0,05 até 0,50. Em programas computacionais, o valor de  $\alpha$  varia de acordo com a simulação dos valores a fim de minimizar o erro de previsão.

- Regressão Linear

O modelo dos mínimos quadrados ou de regressão linear é aplicado a séries temporais com comportamento de tendência, mas não de sazonalidade. Esse método utiliza a teoria dos mínimos quadrados para fornecer a equação da reta que melhor se adequa aos dados históricos. A partir dessa equação é possível prever valores futuros para a demanda.

A equação linear desejada nesse modelo possui o formato da equação 4.

$$Y = a + bX \quad (4)$$

Onde:

$Y$  = previsão da demanda para o período  $X$ ;

$a$  = coeficiente linear, ou intercessão no eixo  $Y$ ;

$b$  = coeficiente angular

$X$  = período para previsão ( $X \geq 0$ ).

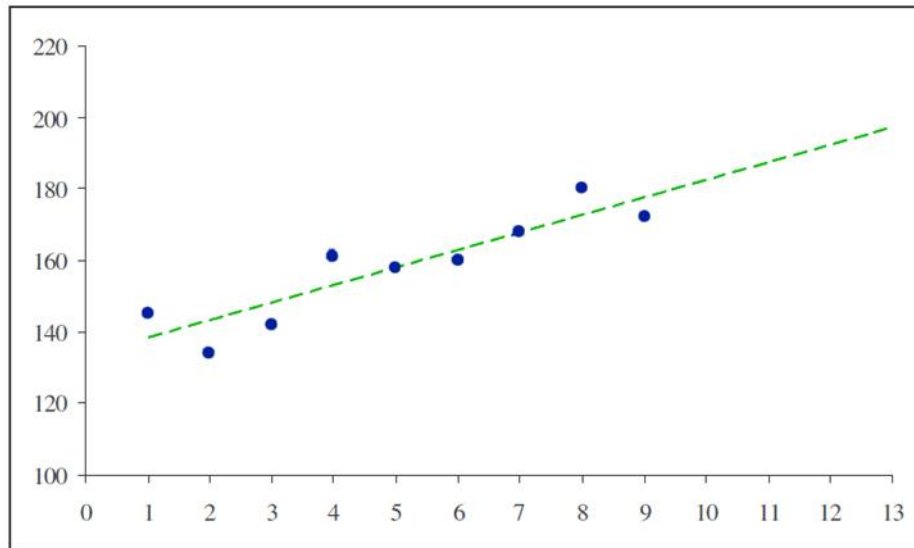
A Figura 3 representa um conjunto de dados com comportamento de tendência que pode ser previsto através do modelo de regressão linear.

- Ajustamento sazonal



**Figura 3 - Modelo de regressão linear**

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Demanda	145	134	142	161	158	160	168	180	172	188	?	?



Fonte: Peinado e Graeml, 2007, p. 353.

O ajustamento sazonal é utilizado em séries históricas com comportamento sazonal, sendo que uma das funções primárias desse método é a obtenção do índice de sazonalidade. Há dois enfoques principais para o tratamento de dados sazonais: sazonalidade simples e sazonalidade com tendência. De forma geral, o primeiro enfoque baseia-se na obtenção do índice de sazonalidade e na aplicação na previsão média, enquanto que o segundo consiste na inclusão do comportamento sazonal com tendência à previsão. A fim de obter-se uma previsão desse tipo, deve-se atentar para a execução dos seguintes passos:

- Obtenção dos índices de sazonalidade por meio da média móvel centrada;
- Retirada do índice de sazonalidade para a determinação da tendência. Esse cálculo dá-se pela divisão da demanda real do período pelo respectivo índice de sazonalidade do período;
- A partir desses dados, determina-se uma equação que represente a tendência.
- Multiplica-se então a previsão da demanda obtida através da equação da tendência pelo índice de sazonalidade.

Veríssimo et al. (2013), citam o método de Holt-Winter para efeitos sazonais aditivos, como um método adequado para modelagem de dados em que a amplitude não depende do nível

local da série, somando-se o nível, a tendência, o fator sazonal e um erro aleatório e a previsão ( $\hat{Z}_{t+n}$ ) é calculada para  $t+n$  períodos conforme a equação 5.

$$\hat{Z}_{t+n} = L_t + nT_t + S_{t-s+n} \quad (5)$$

Além da função geral para o cálculo de previsão, são utilizadas outras três funções para estimar o nível, a tendência da série e o valor do fator sazonal, conforme as equações (6), (7) e (8), respectivamente.

$$L_t = \alpha(Z_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad 0 < \alpha < 1 \quad (6)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad 0 < \beta < 1 \quad (7)$$

$$S_t = \gamma(Z_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad 0 < \gamma < 1 \quad (8)$$

Onde

$\hat{Z}_{t+n}$  é a previsão para o tempo  $n$ ;

$L_t$  é a componente de nível;

$\alpha$  é a constante de suavização da componente nível

$T_t$  é a componente de tendência;

$\beta$  é a constante de suavização da componente tendência;

$S_t$  é a componente de sazonalidade;

$\gamma$  é a constante de suavização da componente sazonalidade.

### 2.1.2.3 Critérios de avaliação de desempenho do modelo

A escolha do modelo de previsão mais apropriado é feita geralmente pelo somatório dos erros. Dentre os tipos de erro mais utilizados, pode-se destacar: MAD – Mean Absolute Deviation (Desvio médio absoluto), MSE – Mean Square Error (Erro quadrado médio) MAPE - Mean Absolute Percentual Error (Erro percentual absoluto médio) (PELLEGRINI, 2000).

### 2.1.2.3.1 Desvio médio absoluto (MAD)

Mentzer e Bienstock (1988), afirmam que o MAD mensura o distanciamento das previsões em relação aos valores observados. Seu valor ideal seria zero, uma vez que ele compensaria as variações entre os erros negativos e positivos. Seu resultado é dado na mesma unidade da série analisada e é expresso de acordo com a Equação 9.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (9)$$

Onde:

$e_t$  = diferença entre demanda real e demanda prevista no período t

n = número de períodos

### 2.1.2.3.2 Erro quadrado médio (MSE)

O erro quadrado médio pode ser descrito como sendo a média do quadrado do desvio entre os valores da demanda observada e prevista (LOPES, 2002). A Equação 10 descreve o erro:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_t)^2 \quad (10)$$

Onde:

$e_t$  = diferença entre demanda real e demanda prevista no período t

n = número de períodos

### 2.1.2.3.3 Erro percentual absoluto médio

O erro percentual absoluto médio é definido como a média de todos os erros absolutos percentuais. Ele é um bom indicativo para o tamanho do erro e é expresso em forma de porcentagem de acordo com a Equação 11 (LOPES, 2002).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{z_t} \times 100 \right| \quad (11)$$

Onde:

$e_t$  = diferença entre demanda real e demanda prevista no período  $t$

$z_t$  = demanda real no período

$n$  = número de períodos

## 2.2 TESTES ESTATÍSTICOS

O teste de Kruskal-Wallis que, segundo McDonald (2014), é um teste não paramétrico que compara três ou mais populações independentes a fim de determinar se as medianas são significativamente diferentes. Ele é comumente utilizado em testes de determinação de sazonalidade de séries temporais. Groppo (2005) e Carvalho et. al (2006), utilizaram o mesmo método para confirmar ou não a existência de comportamento sazonal em grupos de séries temporais. Para a determinação de sazonalidade, o teste de Kruskal-Wallis considera um comprimento sazonal  $n$  da série de dados.

Sneyers (1975), afirma que o teste de Mann-Kendall avalia se uma série de observações aleatórias e determina se há presença de tendência. Blain (2010) ressalta que mesmo comparado a testes paramétricos, o teste não paramétrico de Mann-Kendall possui uma robustez quanto aos desvios da normalidade e não estacionalidade dos valores em séries, o que justifica o fato de ele ser muito utilizado em análises de tendências em séries temporais.

Inicialmente, o teste tinha sua sensibilidade afetada quando eram utilizadas séries temporais que apresentavam sazonalidade ou autocorrelação significativa (BAYAZIT e ONOZ, 2010), porém objetivando a adaptação do teste para esse tipo séries temporais, Hirsch et al. (1982) e Hirsch e Slack (1984) propuseram o teste Mann-Kendall Sazonal, que conseguia absorver tais características dessas séries.

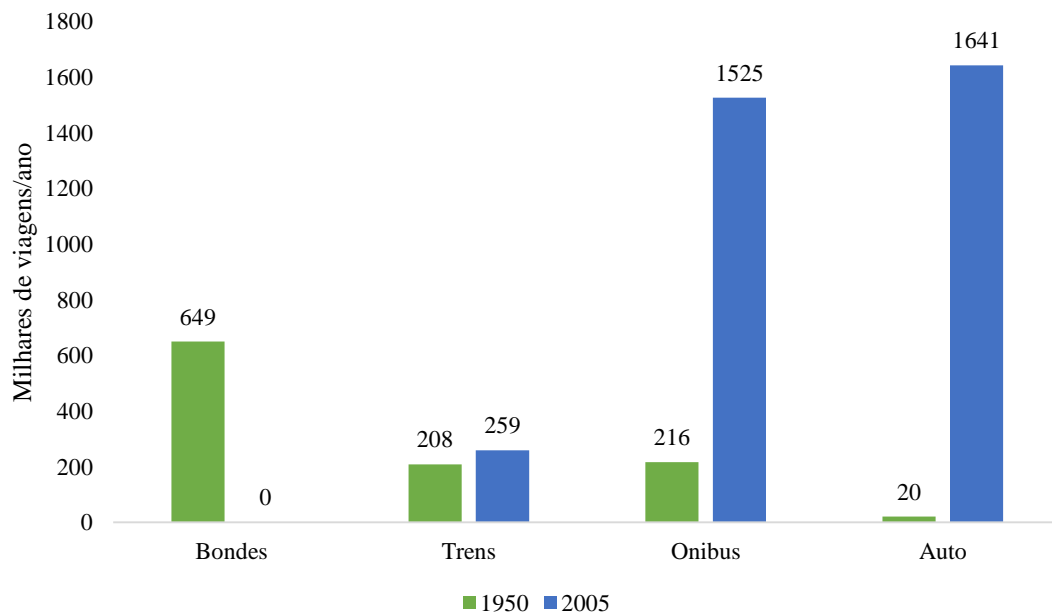
## 2.3 MOBILIDADE URBANA

### 2.3.1 Histórico

Segundo dados de 2012 da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), a frota brasileira de ônibus de transporte público é composta por cerca de 107.000 veículos que transportam diariamente 40 milhões de pessoas.

O início da história do transporte coletivo no Brasil data de 1817, no Rio de Janeiro. Nesse período, o transporte de pessoas era feito em diligências que possuíam quatro rodas e eram puxadas por cavalos ou mulas (COSTA e MONT'ALVÃO, 2006). Porém foi somente cerca de 150 anos depois que o transporte de massas começou a sofrer transformações substanciais devido ao processo de intensa urbanização dos grandes centros (VASCONCELLOS et al., 2011). O Gráfico 4 mostra a evolução dos números dos tipos de modos de transporte na cidade do Rio de Janeiro entre os anos de 1950 e 2005.

**Gráfico 4 - Mudança no perfil dos meios de transporte na cidade do Rio de Janeiro (1950-2005)**



Fonte: Associação Nacional de Transporte Pública (ANTP, 2013)

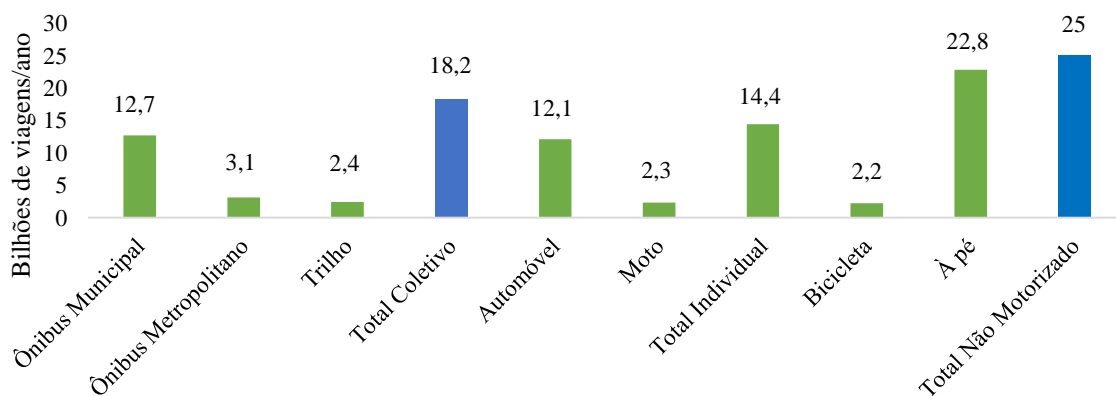
Em 55 anos, a relação entre o número de veículos utilizados para transporte coletivo e transporte individual caiu consideravelmente. Isso mostra uma mudança no perfil da cidade que foi observada no mundo todo: a troca de um modal de transporte essencialmente elétrico e coletivo para um modelo equilibrado entre transporte coletivo e individual a base de combustíveis fósseis.

### 2.3.2 Mobilidade urbana nos dias de hoje

O Sistema de Informação de Mobilidade Urbana é um banco de dados da Agência Nacional de Transportes Públicos (ANTP) que reúne e trata dados de transporte público e tráfego urbano em cidades com mais de 60 mil habitantes, que juntas respondem por 61% da população do país (ANTP, 2012). Com ele é possível estabelecer a situação do cenário atual da mobilidade urbana no Brasil e compreender melhor como ele está segmentado dentre os diversos meios de transporte utilizados nas cidades. O Gráfico 5 mostra o número de viagens realizadas por ano e como elas dividem-se entre os diferentes modos de transporte.

Em 2012, foram cerca de 62,7 bilhões de viagens feitas pela população dos municípios que compõem o grupo pesquisado. Pode-se notar a importância dos ônibus municipais na mobilidade urbana atualmente, sendo eles responsáveis por 18,8% do total de viagens feitas em 2012 e também pelos 147 bilhões de quilômetros percorridos no mesmo ano. Os automóveis foram responsáveis por 134 bilhões de quilômetros percorridos em 2012 (ANTP, 2012).

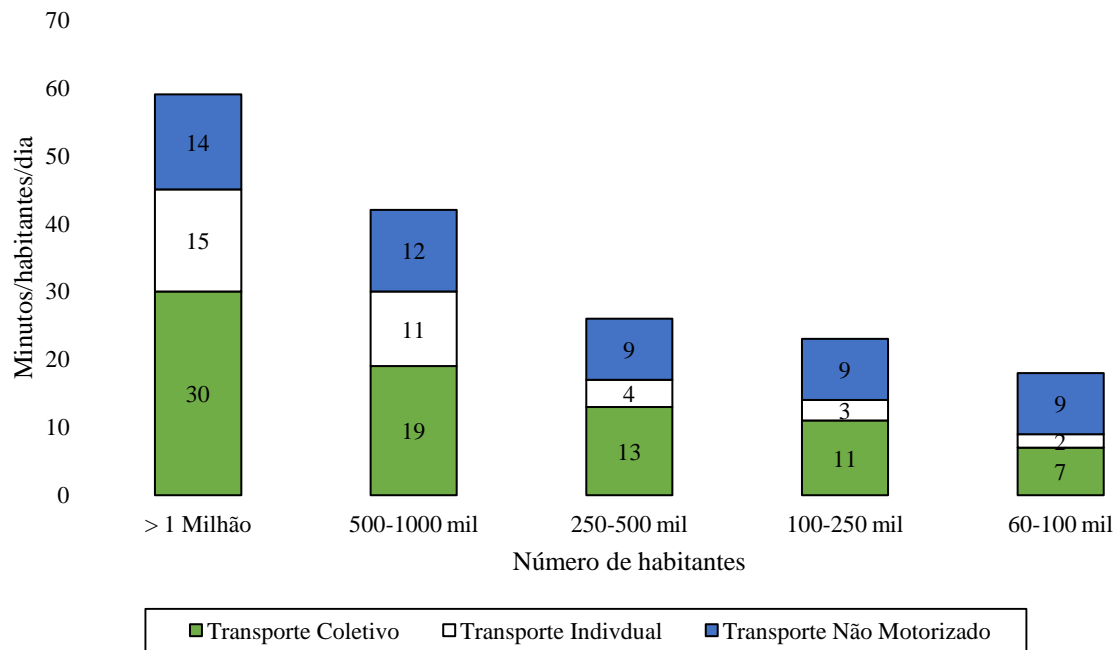
**Gráfico 5 - Total de viagens por tipo de modos de transporte em município com mais de 60 mil habitantes (2012)**



Fonte: Associação Nacional de Transporte Pública (ANTP 2012).

No que tange a quantidade de tempo gasto pelos habitantes dos municípios pesquisados, o transporte público demanda 49% das 22,4 bilhões de horas totais gastas em locomoção e representa apenas 29% do total de viagens. O tempo médio gasto nas viagens varia de acordo com o porte do município. O gráfico 6 mostra essas diferenças:

**Gráfico 6 - Tempo médio diário gasto em viagens de acordo com o modo de transporte (2012).**



Fonte: Associação Nacional de Transporte Pública (ANTP 2012).

A partir do Gráfico 6, conclui-se que a população da cidade de Dourados, que segundo o IBGE (2016) é de 215 mil pessoas, gasta em média 11 minutos por dia ao utilizar o transporte coletivo na cidade. Vale ressaltar que a pesquisa inclui amostras de pessoas que locomovem-se poucas ou nenhuma vez ao mês, portanto os números certamente seriam diferentes se a pesquisa incluísse apenas pessoas que se deslocam regularmente.

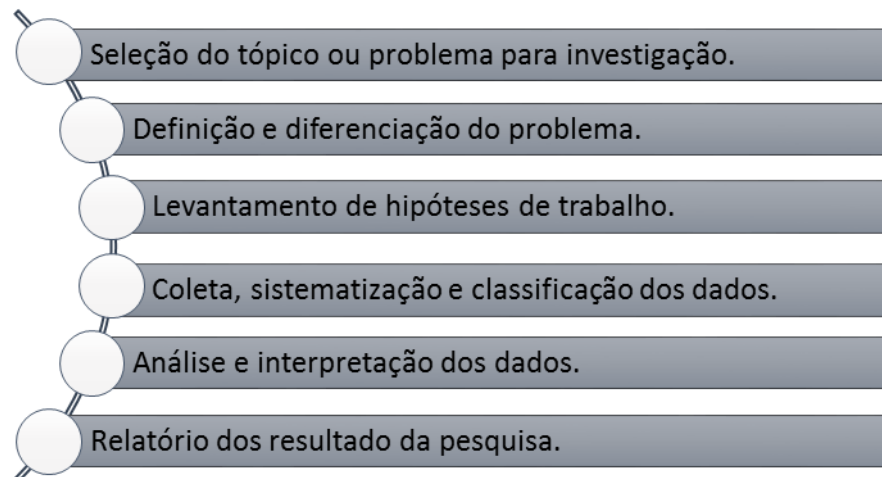
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 PESQUISA

Ander-Egg (1978), define pesquisa como “procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento”. A pesquisa é, então, um caminho percorrido de maneira formal a fim de se estabelecer novas realidades para problemas existentes.

Markoni e Lakatos (2003), dividem o procedimento de desenvolvimento de um projeto de pesquisa em seis etapas (Figura 4).

**Figura 4 - Etapas de desenvolvimento de um projeto de pesquisa.**



Fonte: Adaptado de Markoni e Lakatos, 2003, p. 155.

#### 3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Souza et al. (2013), classificam pesquisa em relação: ao objeto, aos objetivos, à abordagem e aos procedimentos.



### **3.2.1 Classificação da pesquisa quanto ao objeto**

Um dos pontos primordiais na realização de uma pesquisa é a definição do seu objeto de estudo, que é basicamente a definição do que se quer obter como resultado da pesquisa. Com relação ao objeto, a pesquisa pode ser:

- Básica: é o estudo teórico que visa compreender fenômenos e buscar conhecimentos sem ter sua aplicabilidade definida para uso imediato.
- Aplicada: objetiva adquirir conhecimentos práticos direcionados para soluções imediatas de problemas existentes. Usa a pesquisa básica como suporte.

O presente trabalho é definido como pesquisa aplicada, no qual um problema existente será estudado com base em conhecimentos teóricos.

### **3.2.2 Classificação da pesquisa quanto à abordagem**

Com relação à abordagem dos dados coletados, este trabalho enquadra-se na categoria de pesquisa quantitativa, uma vez que coletou-se informações numéricas e quantificáveis do banco de dados da empresa estudada. Abaixo as principais diferenças entre a pesquisa qualitativa e quantitativa.

- Pesquisa qualitativa: os dados coletados são subjetivos e não podem ser traduzidos em números e não requerem uso de técnicas estatísticas.
- Pesquisa quantitativa: utiliza dados numéricos e técnicas de modelos estatísticos.

### **3.2.3 Classificação da pesquisa quanto aos objetivos**

Por objetivos, entende-se sobre qual será a finalidade da pesquisa, que poderá ser exploratória, descritiva e explicativa.

- Pesquisa exploratória: objetiva criar ou aumentar a familiaridade com determinado tópico ou assunto. Geralmente são pesquisas bibliográficas ou estudos de caso.
- Pesquisa descritiva: visa identificar e relacionar variáveis de determinada população, indivíduo, local, fenômeno, etc.

- Pesquisa explicativa: tem o objetivo de explicar, analisar e avaliar variáveis que são determinantes para a ocorrência de fenômenos.

A pesquisa exploratória define melhor a finalidade deste trabalho, posto que ele aumentará o grau de conhecimento com o assunto estudado, ao mesmo tempo em que apresentará cenários que expliquem o fenômeno ocorrido.

### 3.2.4 Classificação da pesquisa quanto aos procedimentos

Existem 8 categorias no que tange os procedimentos de pesquisa. Elas estão definidas sucintamente a seguir.

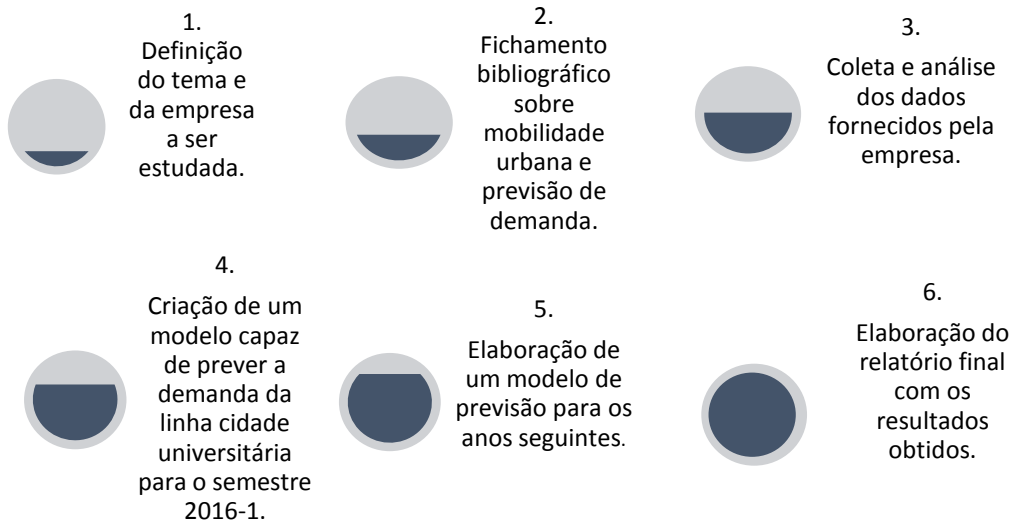
- Pesquisa bibliográfica: pesquisa realizada com base em material já publicado, como livros, revistas, etc.
- Pesquisa documental: semelhante à pesquisa bibliográfica, porém as fontes dos dados são diários, gravações e documentos não divulgados amplamente.
- Pesquisa experimental: está relacionada à inovação, teste de materiais, simulação de eventos, por exemplo. Precisa apresentar: tratamento de variáveis, amostragem aleatória, dados coletados de forma imparcial e controle de variáveis.
- Levantamento: interrogação direta de pessoas.
- Estudo de campo: coleta-se dados e realiza-se observações no local onde os fenômenos estudados ocorreram.
- Estudo de caso: estudo profundo sobre determinado processo ou acontecimento, por exemplo.
- Pesquisa *ex-post-facto*: similar à experimental, porém sobre fatos já ocorridos.
- Pesquisa-ação: pesquisa realizada com o objetivo de solucionar problemas coletivos. O pesquisador está diretamente envolvido com a situação.

A pesquisa se aprofundará na coleta de dados existentes do processo de transporte de usuários do transporte coletivo da empresa estudada, portanto se adequa na categoria estudo de caso.

## 3.3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A seguintes etapas foram executadas a fim de se obter o resultado final deste trabalho (Figura 5).

**Figura 5 - Etapas de execução do trabalho**



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do estágio 3 do plano de etapas de execução do trabalho (Figura 5), podemos estratificar ainda mais o método de desenvolvimento do modelo.

A coleta de dados foi realizada junto ao colaborador responsável pelo setor de logística. Discutiu-se, a princípio, a quantidade de dados que seria coletada no sistema da empresa. A ideia inicial era analisar os dados diários dos últimos 5 anos da linha Cidade Universitária, porém devido à dificuldade de reunir tamanho volume de dados, acordou-se que o mais viável seria que o volume de dados analisados fosse reduzido. Portanto, coletou-se os dados das duas primeiras e duas últimas semanas do semestre letivo com o intuito de conhecermos a diferença do comportamento da demanda nesses dois períodos do semestre (início e término). As semanas escolhidas compreendem o início do semestre após grandes feriados, como o carnaval, e o término do semestre, não englobando as semanas das avaliações substitutivas e exames finais. A Tabela 01 mostra os períodos analisados.

**Tabela 1 – Intervalo de tempo para coleta de dados utilizados na pesquisa**

<b>Semana</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Primeira	23/02 a 04/03	27/02 s 02/03	06/05 a 10/05	24/03 a 28/03	23/02 a 27/02
Segunda	14/03 a 18/03	05/03 s 09/03	13/05 a 17/05	31/03 a 04/04	02/03 a 06/03
Penúltima	13/06 a 17/06	24/09 s 28/09	12/08 a 16/08	30/06 a 04/07	19/10 a 23/10
Última	20/06 a 24/06	01/10 a 05/10	19/08 a 23/08	07/07 a 11/07	26/10 a 29/10

Fonte: Dados da pesquisa

As planilhas com os dados e a previsão da demanda foram elaboradas através do Microsoft Excel. A primeira análise foi feita de forma visual a partir da construção do gráfico de linhas com a evolução anual dos quatro tipos de variáveis coletadas (semanas dentro do semestre letivo). A fim de determinar estatisticamente a presença ou não de comportamento sazonal ou sazonal com tendência, os dados foram submetidos à avaliação estatística em dois *softwares*: Action Stat versão 3.1.43.724.694 e XLSTAT versão 19.01.41013.

Para o cálculo do índice de sazonalidade de cada período, os dados foram submetidos ao cálculo da média móvel centrada (Apêndice A). Como essa operação resultou em mais de um valor por período, calculou-se a média simples dos valores dos períodos iguais (Tabela 2).

O cálculo da previsão por meio da sazonalidade simples consistiu na multiplicação da demanda média pelo respectivo índice sazonal, enquanto que pelo método de Holt-Winters, os cálculos foram realizados pelo pacote do Microsoft Excel Action Stat.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 A EMPRESA

A Viação Dourados Ltda é uma operadora rodoviária de transporte coletivo urbano que opera na região de Dourados/MS, desde o ano de 2004, e é responsável por 100% do transporte coletivo urbano da cidade.

Em 2004, iniciou as atividades dispondo de 17 ônibus, atualmente a frota é composta por 61 ônibus (2017). No ano 2010 a, então Medianeira, em cumprimento ao plano estratégico, adquiriu 10 ônibus novos equipados com tecnologia de ponta, itinerário eletrônico padrão ABNT, com total acessibilidade as pessoas portadoras de necessidades físicas e 48 ônibus com motores adequados as normas Euro 3. Atualmente conta com mais 3 veículos adquiridos.

A sede da empresa está localizada em área de 8.000 m<sup>2</sup> com 1.000 m<sup>2</sup> de área construída, onde atuam Gestões Operacional, Administração e Manutenção.

A localização da sede possibilita à empresa um deslocamento de sua frota mais rápido e com mais agilidade para atender às necessidades dos clientes, posto que está na principal avenida da cidade conforme mostra a Figura 6.

**Figura 6 – Localização da empresa Viação Dourados**



Fonte: Google Maps, 2017.

A empresa define seu planejamento estratégico a cada cinco anos, sendo ele revisado anualmente. A cada evento em que o plano é definido ou revisado, discute-se as principais estratégias analisando-se o mercado de atuação, os ambientes interno e externo, além de identificar as necessidades de todas as partes interessadas. São consideradas parte interessadas: clientes, colaboradores, fornecedores, sociedade, poder concedente e acionistas.

#### 4.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A Tabela 2 apresenta os dados coletados. Decidiu-se que a análise basear-se-ia no início e no término do semestre letivo da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) de acordo com o calendário acadêmico aprovado pelo Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura da Universidade Federal da Grande Dourados. A coleta do número de usuários considerou o período entre às 12:00 e às 17:30 horas das duas primeiras e as duas últimas semanas do semestre letivo da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) de 2011 a 2015, não sendo consideradas as semanas de aplicação das avaliações substitutivas e exames. Mais uma vez é importante ressaltar que esse intervalo foi limitado à disponibilidade da empresa e a necessidade inicial desta pesquisa em poder comprovar a diferença no comportamento da demanda no início e no término do semestre. Em 2011, o período avaliado compreendeu as semanas do dia 23 de fevereiro a 04 de março, de 14 a 18 de março, de 13 a 17 de junho e de 20 a 24 de junho. Em 2012, coletou-se dados das semanas entre os dias 27 de fevereiro a 02 de março, 05 a 09 de março, 24 a 28 de setembro e 01 a 05 de outubro. No ano de 2013, avaliou-se as semanas de 06 a 10 de maio, 13 a 17 de maio, 12 a 16 de agosto e 19 a 23 de agosto. Em 2014, os dados obtidos foram entre os dias 24 a 28 de março, 31 de março a 04 abril, 30 de junho a 04 de julho e 07 a 11 de julho. Para o ano de 2015, analisou-se as semanas entre os dias 23 a 27 de fevereiro, 02 a 06 de março, 19 a 23 de outubro e 26 a 29 de outubro.

**Tabela 2 - Número de Usuários entre às 12:00 e 17:30 na Linha Cidade Universitária**

<b>Período</b>	2011	2012	2013	2014	2015
Primeira Semana do Semestre Letivo	18.339	15.419	16.174	17.988	14.420
Segunda Semana do Semestre Letivo	17.029	17.909	19.809	20.991	18.809
Penúltima Semana do Semestre Letivo	18.068	15.648	16.372	15.375	15.874
Última Semana do Semestre Letivo	15.071	16.221	15.241	13.752	15.031

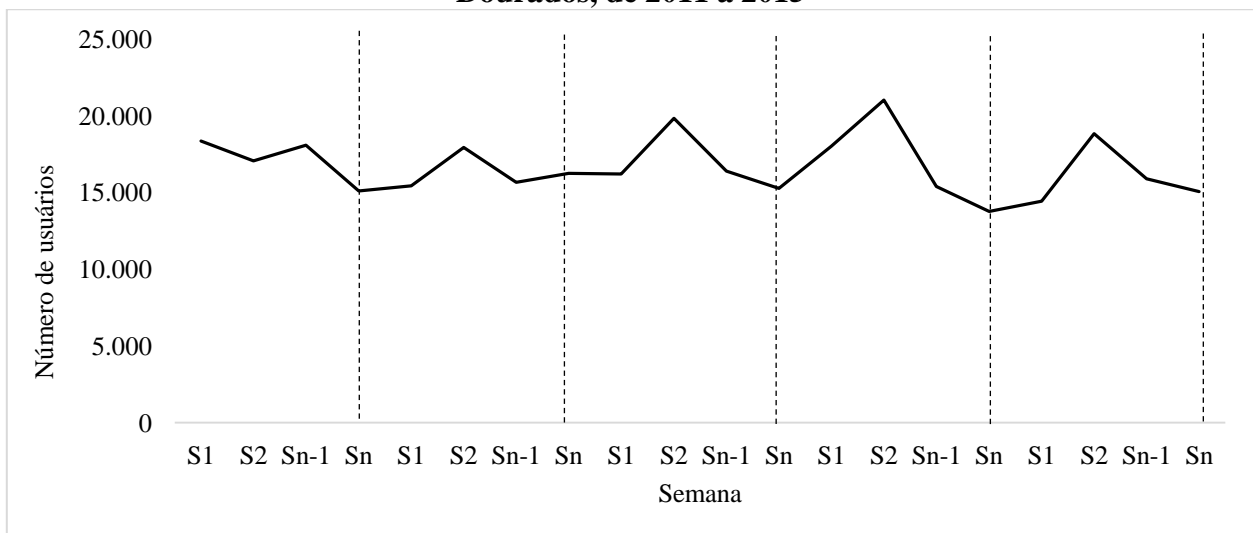
Fonte: Dados da pesquisa

#### 4.2.1 Teste de Comportamento da Série Temporal

A partir da Tabela 1, o Gráfico 7 foi elaborado. Morettin e Toloï (1987), salientam a importância da construção do gráfico em análise de séries temporais, uma vez que a análise visual facilita a identificação de características como tendência, sazonalidade, *outliers* etc. A figura é composta por cinco divisões que representam os anos em que os números de usuários foram analisados (2011-2015), enquanto que as 4 subdivisões (S1, S2, Sn-1 e Sn) representam as duas primeiras e as duas últimas semanas do primeiro semestre letivo de cada ano avaliado.

Com base no Gráfico 7, pode-se observar a presença do comportamento sazonal com picos de ocorrência na segunda semana de aulas e uma leve tendência de crescimento anual. No intuito de confirmar essa constatação visual, os dados foram submetidos a dois tratamentos estatísticos. O primeiro consistiu na determinação da existência ou não de comportamento sazonal nos dados coletados por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis presente na extensão Action Stat do Microsoft Excel. Já o segundo buscou determinar a ocorrência ou não de tendência nos dados mediante ao uso do teste de Mann-Kendall. Para a realização desse teste, foi utilizada a ferramenta XLSTAT, também uma extensão do Microsoft Excel.

**Gráfico 1 - Evolução do número de usuários de ônibus da linha Cidade Universitária em Dourados, de 2011 a 2015**



Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: S1: Primeira semana do semestre letivo. S2: Segunda semana do semestre letivo. Sn-1: Penúltima semana do semestre letivo. Sn: Última semana do semestre letivo.

Interpretando os valores obtidos no teste de Kruskal-Wallis (Figura 7), rejeita-se a hipótese nula em favor da hipótese alternativa, uma vez que temos  $P(H \geq \chi^2_{(k-1),\alpha}) = \alpha$ , sendo H a estatística, k-1 o grau de liberdade da amostra e  $\alpha$  o nível de significância do teste. Portanto, pode-se concluir que a partir do Teste de Kruskal-Wallis, a amostra apresenta comportamento sazonal.

**Figura 7 - Planilha dos resultados do teste de Kruskal-Wallis obtida por meio do pacote Action Stat**

**TESTES DE SAZONALIDADE**

**Resultados da Análise**

<i>Teste de Kruskal-Wallis</i>	
Estatística	3,411428571
P-Valor	0,332432522
Tamanho da Amostra	20
Comprimento Sazonal	4
Hipótese Nula	Não há sazonalidade determinística
Hipótese Alternativa	Há sazonalidade determinística

Fonte: Resultado da pesquisa.

Na avaliação de tendência da série temporal deste estudo, os dados foram submetidos ao teste Mann-Kendall, removendo o componente sazonalidade das observações, e também ao teste Mann-Kendall Sazonal, utilizando-se os dados originais, sem correção da sazonalidade. Os resultados podem ser observados nas Figuras 8 e 9.

**Figura 8 - Planilha de cálculo do Teste de Mann-Kendall**



---

Teste de Mann-Kendall / Teste bilateral (Tend.):

Tau de Kendall	-0,137
S	-26,000
Var(S)	0,000
p-valor (bilateral)	0,422
alfa	0,05

O p-valor é calculado utilizando um método exato.

Interpretação do teste:

H0: Não há tendência na série

Ha: Há uma tendência positiva na série

Como o p-valor calculado é maior que o nível de significância  $\alpha=0.05$ , não rejeita-se a hipótese nula H0.

O risco de rejeitar a hipótese nula H0 quando ela é verdadeira é de 42.23%.

---

Fonte: Resultado da pesquisa.

### **Figura 9- Planilha de cálculo do Teste Mann-Kendall Sazonal**

---

Teste sazonal de Mann-Kendall / Período = 4 / Independência serial / Teste bilateral (Passageiros):

Tau de Kendall	-0,150
S'	-6,000
p-valor (bilateral)	0,540
alfa	0,05

O p-valor é calculado utilizando um método exato.

Interpretação do teste:

H0: Não há tendência na série

Ha: Há uma tendência positiva na série

Como o p-valor calculado é maior que o nível de significância  $\alpha=0.05$ , não rejeita-se a hipótese nula H0.

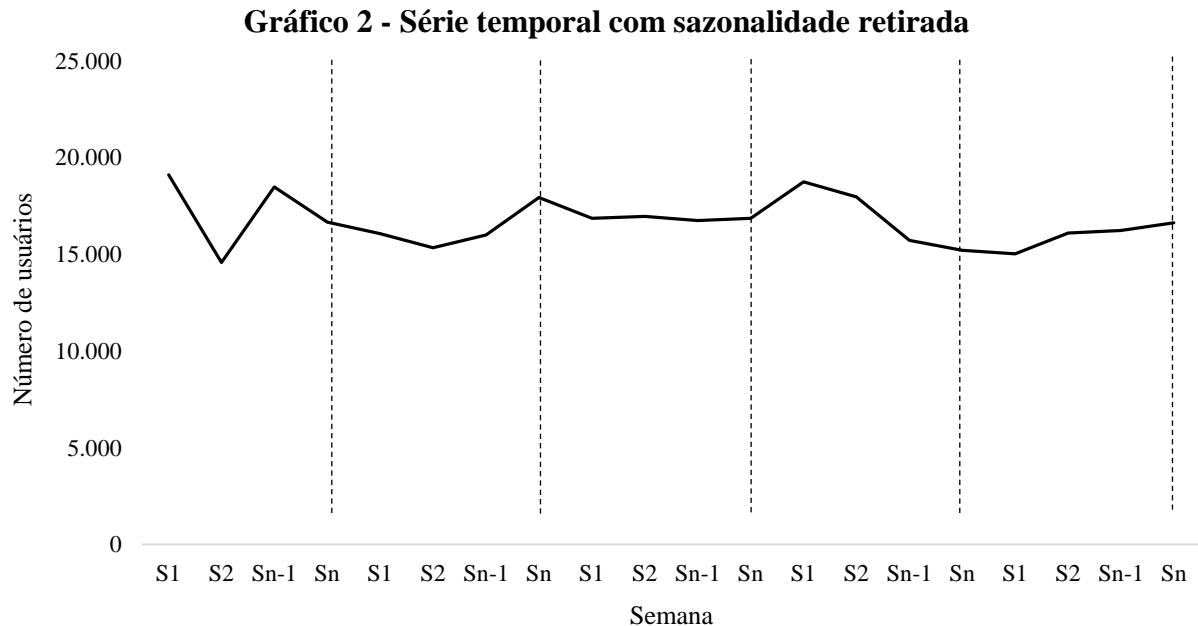
O risco de rejeitar a hipótese nula H0 quando ela é verdadeira é de 54.03%.

---

Fonte: Resultado da pesquisa.

Em ambos os testes realizados, não rejeita-se a hipótese nula de que não há tendência na série. Porém, quando analisamos o p-valor obtido no teste Mann-Kendall Sazonal, percebemos um valor relativamente alto (54,03%), o que significa que há uma grande chance de esse resultado ser consequência do acaso e de fato haver uma tendência positiva na série, mas para efeito de avaliação neste trabalho, trataremos a série apenas com comportamento sazonal e sem tendência.

Ao retirarmos a sazonalidade por meio do método descrito por Tubino (2007), podemos comprovar graficamente a ausência de tendência na série, conforme o Gráfico 8.



Fonte: Resultado da pesquisa.

Legenda: S1: Primeira semana do semestre letivo. S2: Segunda semana do semestre letivo. Sn-1: Penúltima semana do semestre letivo. Sn: Última semana do semestre letivo.

O comportamento dos dados após a retirada do componente sazonalidade apresenta certa constância, ficando evidente visualmente a falta de crescimento ou decréscimo na série.

#### 4.2.2 Análise Qualitativa da Série Temporal

Muitos fatores podem explicar a variação no número de usuários da linha Cidade Universitária entre as semanas analisadas. Esses fatores podem ter causas culturais, econômicas, climáticas, acadêmicas, além de inúmeras causas pontuais

De forma geral, a demanda da primeira semana do semestre apresenta-se menor ao comparada com a segunda, porque por se tratar de um período de transição entre férias e início das aulas, há uma defasagem natural para a adaptação do novo acadêmico na cidade. Há também eventos de recepção aos calouros que alteram a rotina na universidade, bem como o período de realização de matrículas dos veteranos que em alguns anos se estendia até o início das aulas. A

demanda da segunda semana apresenta-se como o maior valor da série em cada ano analisado, isso porque ao contrário do que acontece na primeira semana, a demanda encontra-se mais estabilizada e não há adição de grandes grupos oriundos de outras chamadas do vestibular.

A penúltima ( $S_{n-1}$ ) e última ( $S_n$ ) semanas apresentam comportamento similar ao das duas primeiras semanas do semestre, sendo a demanda da penúltima semana de aulas maior que a demanda da última semana e ambas menores que as duas primeiras semanas do semestre. Isso pode ser explicado majoritariamente pelo número de desistências observadas durante o semestre, sejam elas totais ou parciais. Outro fator determinante para essa redução de usuários é a variabilidade na aplicação das avaliações finais em cada curso, isto é, cada disciplina ministrada na universidade pode ser finalizada em uma data diferente. Ainda que seja um fator pontual, esse término variável influencia na demanda quando encarado de forma sistêmica.

Outro aspecto não considerado neste estudo, mas que certamente possui influência nessa flutuação, é o calendário acadêmico da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS), que também compõe a cidade universitária, e o calendário de Pós-Graduação da UFGD, que devido a alterações sofridas no calendário de graduação da UFGD em virtude de duas greves dos servidores federais, não possui sincronia nas datas de início e término do semestre, sendo então mais um fator na variação da demanda. Essa situação pode ser observada no término do primeiro semestre de 2012, início e término do primeiro semestre de 2013, início do primeiro semestre de 2014 e término do primeiro semestre de 2015.

#### **4.2.3 Previsão da Demanda**

Após a determinação do comportamento da série temporal, foram-se obtidos os índices de sazonalidade respectivos de cada período. Os índices foram obtidos dividindo-se a demanda real no período pela média móvel centrada, também do período. Como obtivemos mais de um índice para cada período (Apêndice A), calculou-se uma média entre os índices dos períodos iguais. Os quatro índices são mostrados na Tabela 3. O valor percentual na terceira coluna da Tabela 3 representa a variação do número de usuários com relação a demanda média obtida no Apêndice A.

É importante ressaltar que para a previsão da demanda de usuários para o período subsequente à coleta de dados, foram utilizados dois métodos com o intuito de comparar os

resultados: o método da sazonalidade simples e o método de suavização exponencial de Holt-Winters. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos. Enquanto o primeiro método consistiu na multiplicação da demanda média obtida (Apêndice A) pelo índice sazonal de cada período, o segundo foi feito por meio do pacote de análise estatística Action Stat do Microsoft Excel.

**Tabela 3 - Índices de sazonalidade médios para os quatro períodos analisados**

Índice por Período	Índice de Sazonalidade Médio	%
IS <sub>1</sub>	0,960	-3,97%
IS <sub>2</sub>	1,169	16,92%
IS <sub>n-1</sub>	0,979	-2,11%
IS <sub>n</sub>	0,905	-9,48%

Fonte: Resultado da pesquisa

Legenda: IS<sub>1</sub>: Índice sazonal da primeira semana do semestre letivo. IS<sub>2</sub>: Índice sazonal da segunda semana do semestre letivo. IS<sub>n-1</sub>: Índice sazonal da penúltima semana do semestre letivo. IS<sub>n</sub>: Índice sazonal da última semana do semestre letivo.

**Tabela 4 - Previsão da demanda para o período subsequente à coleta de dados**

Período	Sazonalidade Simples	Holt-Winters
S <sub>1</sub>	15.990	15.777
S <sub>2</sub>	19.468	19.126
S <sub>n-1</sub>	16.282	16.298
S <sub>n</sub>	15.056	15.390
MAD	986	1.030

Fonte: Resultado da pesquisa.

Legenda: MAD: Mean Absolute Deviation (Desvio Médio Absoluto). S<sub>1</sub>: Primeira semana do semestre letivo. S<sub>2</sub>: Segunda semana do semestre letivo. S<sub>n-1</sub>: Penúltima semana do semestre letivo. S<sub>n</sub>: Última semana do semestre letivo.

Podemos observar que ambos os testes apresentaram valores similares quanto à previsão da demanda para os quatro períodos do semestre, porém ao analisarmos os desvios médios absolutos (MAD), encontramos um valor menor para o teste de sazonalidade simples, tornando-o a ferramenta mais confiável para a previsão do comportamento da demanda no próximo período.

Para a previsão dos três anos seguintes (Figura 10), decidiu-se pelo uso do método Holt-Winters, devido a impossibilidade do cálculo da previsão para n+k períodos por meio do método

de sazonalidade simples. Tubino (2007), ressalta que o horizonte da previsão não deve ser muito longo, posto que a acurácia das previsões diminui à medida que aumenta-se o período estudado, portanto um horizonte de três anos nos oferece um cenário confiável para cenários futuros.

**Figura 10- Planilha de resultados da previsão de demanda pelo método de Holt-Winters com a utilização do pacote Action Stat**

<i>Previsões</i>				
<i>Ano</i>	<i>Período</i>	<i>Limite Inferior da Previsão</i>	<i>Previsão</i>	<i>Limite Superior da Previsão</i>
2016	S <sub>1</sub>	13.239	15.777	18.315
	S <sub>2</sub>	16.533	19.126	21.719
	S <sub>n-1</sub>	13.650	16.298	18.945
	S <sub>n</sub>	12.690	15.390	18.091
2017	S <sub>1</sub>	13.204	16.064	18.923
	S <sub>2</sub>	16.505	19.413	22.321
	S <sub>n-1</sub>	13.628	16.585	19.541
	S <sub>n</sub>	12.673	15.677	18.681
2018	S <sub>1</sub>	13.203	16.350	19.498
	S <sub>2</sub>	16.507	19.700	22.892
	S <sub>n-1</sub>	13.635	16.871	20.108
	S <sub>n</sub>	12.684	15.964	19.244

<i>Medidas de Acurácia</i>	
MAPE	6,12497
MAD	1029,55
MSD	1631365

<i>Constantes da Suavização</i>	
Nível	0,20984
Tendência	0
Sazonalidade	0,20262

Fonte: Resultado da pesquisa.

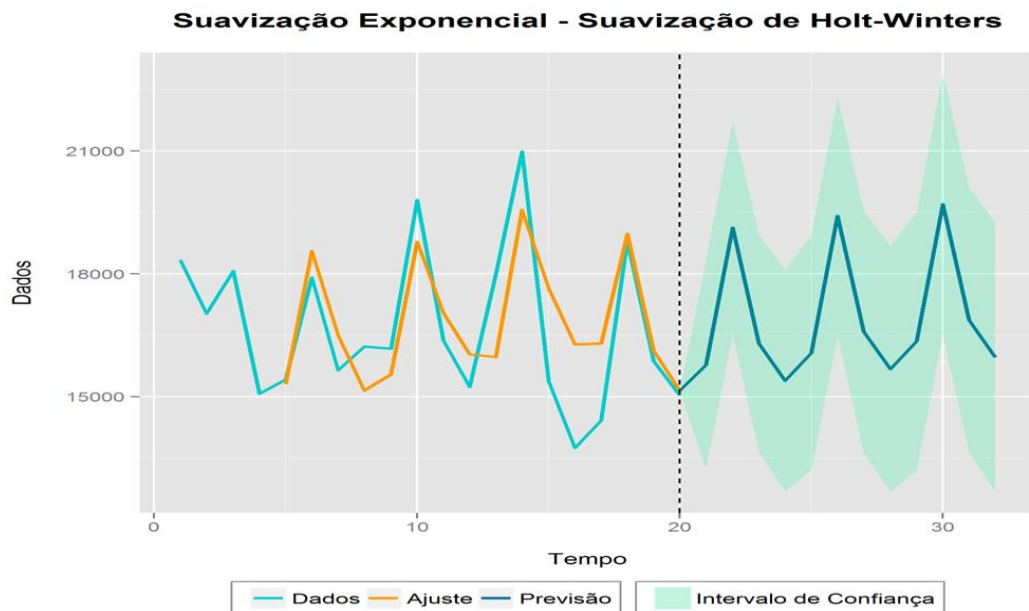
Legenda: S<sub>1</sub>: Primeira semana do semestre letivo. S<sub>2</sub>: Segunda semana do semestre letivo. S<sub>n-1</sub>: Penúltima semana do semestre letivo. S<sub>n</sub>: Última semana do semestre letivo.

A Figura 11 mostra o comportamento da suavização exponencial da série de dados e a previsão para os três períodos seguintes. Podemos perceber que o ajuste exponencial mantém-se próximo a demanda real registrada e a previsão apresenta uma leve tendência de crescimento quando analisada graficamente. Portanto, é importante a atualização deste modelo com dados atuais a fim de determinar ou não a presença de tendência na série, já que seria natural o comportamento de tendência positiva na série ao considerar-se a expansão da universidade nos últimos anos, e como já discutido, não houve comprovação estatística da presença de tendência na série de dados.

A aplicação de técnicas de previsão de demanda deve sempre levar em consideração a finalidade da previsão, os recursos humanos disponíveis, bem como a disponibilidade de investimento. Para este estudo, por exemplo, o único investimento seria com a compra da licença do pacote Action Stat, caso houvesse interesse da empresa. Este software facilita o tratamento

dos dados e a visualização dos resultados, além de possuir uma interface de comunicação com o usuário relativamente simples. A sazonalidade simples, desenvolvida através de uma pasta de trabalho do Microsoft Excel, também ofereceu resultados tão confiáveis quanto aos do software Action Stat, porém limitando-se a previsão a  $n+1$  períodos. O investimento nessa situação seria zero, se a empresa já possuir o pacote office instalado em suas máquinas. O nível de interação do usuário com a planilha seria mais direto, podendo ter o grau de dificuldade de comunicação levemente aumentado.

**Figura 11- Comportamento da série temporal em comparação ao ajuste exponencial pelo modelo de Holt-Winters**



Fonte: Resultado da pesquisa.

Os dados obtidos através dos cálculos de previsão podem ser utilizados como ferramenta decisiva no planejamento da frota para o semestre. Os quatro pontos utilizados para a previsão oferecem um panorama geral do comportamento da demanda de usuários, porém é importante a análise do semestre em mais pontos entre o início e o término das aulas. Com os dados utilizados neste estudo, sabe-se que a demanda semanal no início do semestre é 13% maior que a demanda no término das aulas, o que representa aproximadamente 40 ônibus articulados que são necessários nas primeiras semanas do primeiro semestre letivo para atender à essa demanda, mas não têm a sua capacidade utilizada no final do semestre. Portanto, fica evidente o impacto que o

conhecimento do comportamento da demanda tem sobre as decisões estratégicas da empresa, afetando diretamente o uso dos recursos, além da percepção da qualidade do serviço oferecido aos clientes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo conseguiu, por meio de técnicas bastantes difundidas de previsão de demanda, realizar um levantamento de dados, além de entender o comportamento de uma das linhas do transporte coletivo mais utilizadas na cidade de Dourados em dois períodos distintos do semestre letivo.

Os testes estatísticos de Mann-Kendall e Kruskal-Wallis mostraram-se ferramentas fundamentais durante as primeiras etapas do tratamento dos dados, comprovando a existência de sazonalidade na série temporal, conforme já havia sido constatado graficamente, além de provar a não existência de tendência nos dados. Tanto o modelo de ajuste sazonal simples, quanto o método de suavização exponencial de Holt-Winters apresentaram previsões com baixos desvios médios absolutos (MAD), sendo que o segundo apresentou um erro percentual absoluto médio (MAPE) de 6%, comprovando sua eficácia para o tipo de série temporal analisada, porém o método de Holt-Winters se mostrou uma ferramenta mais completa para previsões com alcances maiores.

Vale frisar que o resultado do modelo está diretamente ligado à quantidade de dados analisadas no período, portanto para um resultado que se aproximasse ainda mais do que se poderia esperar de uma demanda real, a análise de dados durante mais períodos do semestre é de grande importância, já que a partir desse volume, tornar-se-ia mais fácil a compreensão dos fenômenos relacionados à flutuação da demanda, bem como, a determinação de índices que pudessem representar matematicamente essa variação.

Este estudo buscou, além da compreensão quantitativa dos fenômenos da variação na demanda do transporte coletivo, o entendimento de que fatores estariam ligados à essa variabilidade. Por ser um tópico mais abrangente, a discussão deve envolver todas as esferas da universidade, porém sabe-se que a evasão acadêmica e a não unicidade do calendário acadêmico dentro da UFGD, assim como entre outras universidades, são fatores preponderantes nessa situação.

Com base neste estudo, torna-se possível a viabilização da criação de estratégias que consigam criar uma ligação entre os dados históricos do número de usuários da linha Cidade Universitária com os fenômenos inerentes à rotina acadêmica que interfiram nessa quantidade, a fim de incluir no plano estratégico da empresa as técnicas de previsão de demanda,



possibilitando, então, a disponibilização de uma frota de veículos que atenda tanto aos interesses da empresa quanto às necessidades dos usuários.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDER-EGG, Ezequiel. **Introducción a las técnicas de investigación social**: para trabajadores sociales. 7ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978. P. 28.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Relatório Fretamento. Vantagens diretas para a sociedade**. Disponível em: <<http://www.antp.org.br/website/produtos/relatorio-fretamento/show.asp?ppgCode=EFB234EC-08B6-4178-BA4F-3500E8CEAAB1>>. Acesso em: 01 mai. 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Sistemas de Informações da Mobilidade Urbana. Relatório Geral 2012**. 2014. 94p. Disponível em: <[http://antp.org.br/\\_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/01/CB06D67E-03DD-400E-8B86-D64D78AFC553.pdf](http://antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/01/CB06D67E-03DD-400E-8B86-D64D78AFC553.pdf)> Acesso em: 11 mar. 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Fique por Dentro do Transporte Público Urbano por Ônibus no Brasil**. 2012. Disponível em: <<http://www.ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

APTA, American Public Transportation Association. **Economic Impact of Public Transportation Investment**. Washington, DC. 2014. P. 17. Disponível em: <<http://www.apta.com/resources/reportsandpublications/Documents/Economic-Impact-Public-Transportation-Investment-APTA.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2015

BLAIN, Gabriel Constantino. Detecção de tendências monótonas em séries mensais de precipitação pluvial do estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p.1027-1033, 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.587**, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm)>. Acesso em: 05 abr. 2015.

BAYAZIT, M.; ONOZ, B. To prewhiten or not prewhiten in trend analysis? **Hydrological Science Journal**, v.52, p.611-624, 2007.

CAMPOS, Ana Cristina. **Dilma: governo investe R\$ 143 bilhões em mobilidade urbana**. Agência Brasil. Brasília. 2014. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2014-02/dilma-governo-investe-r-143-bilhoes-em-mobilidade-urbana>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Brasília, DF: IPEA. 2011. 39p. Disponível em: <[http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_1606.pdf](http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_1606.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2015.

CARVALHO, Pedro Luiz Costa; FERRAZ, Marcelo Inácio Ferreira; SÁFADI, Thelma. Verificação da Existência da Componente Sazonal na Série do Custo da Cesta Básica de Município de Lavras, MG, Utilizando o Método X-12 ARIMA. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 268-278, 2006

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operações**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

CNI-IBOPE: **Retratos da sociedade brasileira: locomoção urbana – (agosto 2011)**. Brasília, DF: CNI. 2011. 49p.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA Carlos A. **Administração da produção e operações: Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3ed. São Paulo: Atlas, 2012. 704 p.

COSTA, Elisângela A.V.G.; MONT'ALVÃO, Claudia. **Estudos dos Constrangimentos Físicos e Mentais dos Motoristas de Ônibus Urbanos da Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro,

2006. 154 p Dissertação de Mestrado – Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

DENATRAN. **Frota Nacional de Trânsito**. 2014. Disponível em: <[http://www.denatran.gov.br/download/frota/Frota\\_Por\\_UF\\_e\\_Tipo\\_DEZ\\_2014.rar](http://www.denatran.gov.br/download/frota/Frota_Por_UF_e_Tipo_DEZ_2014.rar)>. Acesso em: 30 abr. 2015.

GROPPO, Juliano Daniel. **Estudo de Tendências nas Séries Temporais de Qualidade de Água de Rios do Estado de São Paulo com Diferentes Graus de Intervenção Antrópica**. 2005. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP.

HIRSCH, Robert M.; SLACK, James R. **A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence**. Water Resources Research, v.20, p.727-732, 1984.

HIRSCH, R.M.; SLACK J.R.; SMITH, Richard A. **Techniques of trend analysis for monthly water quality data**. Water Resources Research, v.18, p.107-121, 1982.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Cidades@**, 2016. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/BKK>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

LOPES, Ricardo Dantas. **Previsão de Autopeças: Estudo de Caso em uma Concessionária de Veículos**. 2002. Dissertação de Mestrado. UFSC. Santa Catarina, Brasil.

KOTLER, Philip. Administração de Marketing. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

MCDONALD, John H. **Handbook of Biological Statistics**. 3 ed. Baltimore: Sparky House Publishing, 2014. 296 p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MENTZER, John T.; BIENSTOCK, Carol C. **Sales Forecasting Management**. California: Sage, 1998.

MORETTIN, Pedro Alberto; TOLOI, Célia Maria de Castro. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual Editora, 1987.

ORTÚZAR, Juan Dios., WILLUMSEN, Luis G. **Modeling Transport**. 4ed. Nova Iorque: Wiley, 2011. 607 p.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R., **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PELLEGRINI, Fernando Rezende. **Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda**. 2000. Tese de M.Sc., UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

SNEYERS, Raymond. Sur l' analyse statistique des series d' observations. **Organisation Météorologique Mondial**. v. 143, p.189, 1975.

SOUZA, Dalva Inês de et al. **Manual de orientações de pesquisa**. Novo Hamburgo: FESLSVC, 2013. 55 p.

STEVENSON, Willian J. **Administração da Produção e Operações**. 6ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 701 p.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2007.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de; CARVALHO, Carlos Henrique R.C.; PEREIRA, Rafael Henrique Moraes. **Transporte e Mobilidade Urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA. 2011. 74p Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 34. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1373/1/TD\\_1552.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1373/1/TD_1552.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2015.

VERÍSSIMO, Andrey Jonas; ALVES, Custodio da Cunha; HENNING, Elisa; AMARAL, Cleiton Emílio do; CRUZ, Altair Carlos da. Métodos Estatísticos de Suavização Exponencial Holt-Winters para Previsão de Demanda em uma Empresa do Setor Metal Mecânico. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, n. 4, p.154-171, 2013.

## APÊNDICE

Apêndice A. Cálculo dos índices de sazonalidade para cada período analisado utilizando média móvel centrada. Fonte: Elaborado pelo autor.

Período	Demanda Real	MMC $_{(1/2)}$	MMC	IS
S <sub>1</sub>	18.339			
S <sub>2</sub>	17.029			
		17.127		
S <sub>n-1</sub>	18.068		16.761,8	1,078
		16.397		
S <sub>n</sub>	15.071		16.506,8	0,913
		16.617		
S <sub>1</sub>	15.419		16.314,3	0,945
		16.012		
S <sub>2</sub>	17.909		16.155,5	1,109
		16.299		
S <sub>n-1</sub>	15.648		16.393,6	0,955
		16.488		
S <sub>n</sub>	16.221		16.725,5	0,970
		16.963		
S <sub>1</sub>	16.174		17.053,5	0,948
		17.144		
S <sub>2</sub>	19.809		17.021,5	1,164
		16.899		
S <sub>n-1</sub>	16.372		17.125,8	0,956
		17.353		
S <sub>n</sub>	15.241		17.500,3	0,871
		17.648		
S <sub>1</sub>	17.988		17.523,4	1,027
		17.399		
S <sub>2</sub>	20.991		17.212,6	1,220
		17.027		
S <sub>n-1</sub>	15.375		16.580,5	0,927
		16.135		
S <sub>n</sub>	13.752		15.861,8	0,867
		15.589		
S <sub>1</sub>	14.420		15.651,4	0,921
		15.714		
S <sub>2</sub>	18.809		15.873,6	1,185
		16.034		
S <sub>n-1</sub>	15.874			
S <sub>n</sub>	15.031			
Demanda Média			16.641,4	