



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE

NÚCLEO DE TECNOLOGIA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**COMPARAÇÃO E ANÁLISE DE MÉTODOS DE PREVISÃO
DE DEMANDA: ESTUDOS DE CASO EM PEQUENAS
EMPRESAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO

POR

DANIELE ALVES DE FREITAS

Orientador: Prof. DSc. Marina Dantas de Oliveira Duarte

CARUARU, 2016

DANIELE ALVES DE FREITAS

**COMPARAÇÃO E ANÁLISE DE MÉTODOS DE PREVISÃO
DE DEMANDA: ESTUDOS DE CASO EM PEQUENAS
EMPRESAS**

Proposta de trabalho a ser apresentado ao
Curso de Engenharia de Produção do Centro
Acadêmico do Agreste - CAA, da
Universidade Federal de Pernambuco -
UFPE, como requisito para a disciplina
Projeto Final de Curso.

Área de concentração: Gestão da Produção
Orientador: Prof. DSc. Marina Dantas de
Oliveira Duarte

Caruaru, 2016

F866c	Freitas, Daniele Alves de. Comparação e análise de métodos de previsão de demanda : estudos de caso em pequenas empresas. / Daniele Alves de Freitas. – 2016. 60f. : il. ; 30 cm. Orientadora: Marina Dantas de Oliveira Duarte. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, Engenharia de Produção, 2016. Inclui Referências. 1. Logística empresarial. 2. Análise de séries temporais. 3. Pequenas e médias empresas. I. Duarte, Marina Dantas de Oliveira (Orientadora). II. Título.
658.5 CDD (23. ed.)	UFPE (CAA 2016-336)

DANIELE ALVES DE FREITAS

**COMPARAÇÃO E ANÁLISE DE MÉTODOS DE PREVISÃO
DE DEMANDA: ESTUDOS DE CASO EM PEQUENAS
EMPRESAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do
Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade
Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para a
disciplina **Projeto Final de Curso**.

Área de concentração: Gestão da Produção

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera o candidato ALUNO
APROVADO COM NOTA_____.

Caruaru, de dezembro de 2016.

Banca examinadora:

Prof. DSc. Marina Dantas de Oliveira Duarte _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof. MSc. José Leão e Silva Filho _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof. DSc. Thalles Vitelli Garcez _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof. DSc. Thalles Vitelli Garcez _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenador da disciplina)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ser meu guia e minha força em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional, esforço e dedicação. E por sempre me incentivarem a estudar e a buscar meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu irmão, por ser um grande amigo e pelo apoio em todos estes anos.

Ao meu esposo, pelo apoio e incentivo em toda esta trajetória e pelos 8 anos de companheirismo.

A minha amiga, Jéssyca Paz, por sua amizade e apoio durante toda a graduação.

A todos os professores que fizeram partes desta minha caminhada. E em especial a minha orientadora, Marina Duarte, pelo apoio, paciência e atenção aos meus questionamentos.

Por fim, as empresas que forneceram os dados necessários para a execução deste trabalho.

*A nossa maior glória não reside no
fato de nunca cairmos, mas sim em
levantarmo-nos sempre depois de
cada queda.*

Oliver Goldsmith

RESUMO

As organizações estão inseridas em um ambiente dinâmico e competitivo. Desta maneira, as empresas devem estar preparadas para enfrentá-las, ou seja, devem agir de forma proativa. Dentro deste cenário, a administração da demanda e sua função previsão de demanda auxiliam as organizações no seu planejamento produtivo e na gestão de seus estoques. Com base em previsões de demanda acuradas as organizações podem se antecipar as demandas futuras, obtendo vantagens competitivas frente as suas concorrentes. Este trabalho tem como objetivo geral identificar um método de previsão de demanda que apresente o melhor ajuste a demanda observada de duas pequenas empresas, uma do ramo de artefatos cerâmicos e uma do ramo de confecções, que atualmente realizam seus planejamentos produtivos com base exclusivamente na demanda recebida pelos seus setores de vendas. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os diversos métodos de previsão, metodologias de implementação e seleção de métodos de previsão de demanda e medidas de erro, também chamadas medidas de acurácia. E posteriormente, os métodos foram aplicados e foi realizada uma análise comparativa entre seus resultados, visando identificar o método com maior capacidade preditiva para cada um dos casos em estudo.

Palavras-chaves: Previsão de demanda; Métodos de previsão; Séries temporais

ABSTRACT

Organizations are inserted into a dynamic and competitive environment. In such a way, companies must be prepared to face them, in other words, they must act proactively. Within this scenario, demand management and its demand forecasting function help organizations in their productive planning and stock management. Based on demand forecast accuracy, organizations can anticipate future demands by gaining competitive advantage over their competitors. This work has as main objective to identify a demand forecasting method, with the best fit observed demand of two small companies, a ceramic artifacts branch and a clothing industry, which currently carry out their production plans based solely on demand received by its sales sectors. Therefore, a bibliographic review was performed on the various forecasting methods, methodologies for implementation and selection of forecasting methods and error measures, also called accuracy measurements... Afterwards, the methods were applied and a comparative analysis was carried out to identify the method with the greatest predictive capacity for each of the studied cases

Keywords: Demand forecast; Forecasting methods; Time series

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1– Metodologia de seleção de métodos de previsão de demanda.....	28
Figura 4.1 – Série histórica da demanda observada de janeiro de 2014 a abril de 2016 da empresa A	31
Figura 4.2 – Série histórica da demanda observada de janeiro de 2014 a junho de 2016 da empresa B	33
Figura 5.1 – Demanda real e prevista da empresa A – Média Móvel	35
Figura 5.2 – Demanda real e prevista da empresa A – Média Móvel Ponderada	36
Figura 5.3 – Demanda real e prevista da empresa A – Suavização Exponencial Simples	37
Figura 5.4 – Demanda real e prevista da empresa A – Suavização Exponencial de Holt.....	38
Figura 5.5 – Demanda real e prevista da empresa A – Suavização Exponencial de Holt-Winters	
Aditiva.....	39
Figura 5.6 – Demanda real e prevista da empresa A – Suavização Exponencial de Holt-Winters	
Multiplicativa	40
Figura 5.7 – Demanda real e prevista para os últimos quatros meses da série da empresa A.....	42
Figura 5.8 – Demanda real e prevista da empresa B – Média Móvel	44
Figura 5.9 – Demanda real e prevista da empresa B – Média Móvel Ponderada.....	45
Figura 5.10 – Demanda real e prevista da empresa B – Suavização Exponencial Simples	46
Figura 5.11 – Demanda real e prevista da empresa B – Suavização Exponencial de Holt	47
Figura 5.12 – Demanda real e prevista da empresa B – Suavização Exponencial de Holt-Winters	
Aditiva.....	48
Figura 5.13 – Demanda real e prevista da empresa B – Suavização Exponencial de Holt-Winters	
Multiplicativa	49
Figura 5.14 – Demanda real e prevista para os últimos seis meses da série da empresa B.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Medidas de acurácia	24
Tabela 5.1 – Medidas de erro da empresa A – Média Móvel.....	35
Tabela 5.2 – Medidas de erro da empresa A – Média Móvel Ponderada.....	36
Tabela 5.3 – Medidas de erro da empresa A – Suavização Exponencial Simples	37
Tabela 5.4 – Medidas de erro da empresa A – Suavização Exponencial de Holt	38
Tabela 5.5 – Medidas de erro da empresa A – Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditiva	39
Tabela 5.6 – Medidas de erro da empresa A – Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativa	40
Tabela 5.7 – Medidas de erro da empresa A – Comparação entre os métodos	41
Tabela 5.8 – Demanda real e previsão para os últimos quatro meses da empresa A	42
Tabela 5.9 – Medidas de erro dos últimos quatro meses da empresa A.....	42
Tabela 5.10 – Medidas de erro da empresa B – Média Móvel.....	43
Tabela 5.11 – Medidas de erro da empresa B – Média Móvel Ponderada.....	44
Tabela 5.12 – Medidas de erro da empresa B – Suavização Exponencial Simples	45
Tabela 5.13 – Medidas de erro da empresa B – Suavização Exponencial de Holt	46
Tabela 5.14 – Medidas de erro da empresa B – Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditiva	47
Tabela 5.15 – Medidas de erro da empresa B – Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativa	48
Tabela 5.16 – Medidas de erro da empresa B – Comparação entre os métodos	49
Tabela 5.17 – Demanda real e previsão para os últimos seis meses da empresa B.....	50
Tabela 5.18 – Medidas de erro dos últimos seis meses da empresa B	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivos	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	Problemática	13
1.4	Estruturação do trabalho	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Administração da demanda	15
2.2	Previsão de demanda	15
2.2.1	Características das previsões	16
2.2.2	Métodos qualitativos	17
2.2.2.1	Análise do ciclo de vida	17
2.2.2.2	Analogia histórica	17
2.2.2.3	Opinião da força de vendas	17
2.2.2.4	Opinião de especialistas	18
2.2.2.5	Pesquisa de intenções	18
2.2.2.6	Jogo de representação	18
2.2.3	Métodos quantitativos	18
2.2.3.1	Box-Jenkins	19
2.2.3.2	Decomposição Clássica das Séries Temporais	19
2.2.3.3	Média Móvel (MM)	19
2.2.3.4	Média Móvel Ponderada (MMP)	20
2.2.3.5	Suavização Exponencial Simples (SES)	20
2.2.3.6	Suavização Exponencial de Holt (SEH)	21
2.2.3.7	Suavização Exponencial de Holt-Winters (SEHW)	21
2.2.4	Etapas para a realização de previsão de demanda	22
2.3	Erros de previsão e medidas de acurácia	23
2.4	Metodologias de implementação e seleção de métodos de previsão	25
3	METODOLOGIA	27
4	ESTUDO DE CASO	29
4.1	Apresentação da empresa A	29
4.1.1	Aplicação na empresa A	29

4.2	Apresentação da empresa B	31
4.2.1	Aplicação na empresa B	32
5	RESULTADOS	34
5.1	Resultados da empresa A	34
5.1.1	Média Móvel	34
5.1.2	Média Móvel Ponderada	35
5.1.3	Suavização Exponencial Simples	36
5.1.4	Suavização Exponencial de Holt	37
5.1.5	Suavização Exponencial de Holt-Winters	38
5.1.5.1	Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditiva	38
5.1.5.2	Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativa	39
5.1.6	Comparação dos resultados	40
5.1.7	Validação do método de previsão	41
5.2	Resultados da empresa B	42
5.2.1	Média Móvel	43
5.2.2	Média Móvel Ponderada	44
5.2.3	Suavização Exponencial Simples	45
5.2.4	Suavização Exponencial de Holt	46
5.2.5	Suavização Exponencial de Holt-Winters	47
5.2.5.1	Aditiva	47
5.2.5.2	Multiplicativa	48
5.2.6	Comparação dos resultados	49
5.2.7	Validação	50
6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	APÊNDICE A	58
	APÊNDICE B	59
	ANEXO A	60

1 INTRODUÇÃO

A competitividade cada dia mais acirrada entre as empresas e a presente situação da economia brasileira, são alguns dos inúmeros indicadores para os gestores de todas as empresas, independente do porte e setor, voltarem suas atenções para a administração da demanda.

No entanto, gerir seus estoques de forma eficiente, sem altos investimentos em estoques ociosos e atender a demanda de seus clientes com alto nível de serviço não é uma tarefa fácil. Diante disso, a previsão de demanda está ganhando uma importância cada vez maior, auxiliando, quando aplicada da maneira correta, os gestores na tomada de decisão.

Os estoques representam um investimento empresarial voltado ao atendimento da demanda dos clientes. Por esta razão, há uma grande dificuldade e necessidade em mantê-los ajustados as necessidades da empresa. Visto que este investimento pode trazer maior rentabilidade se aplicado a outro setor (MANCUZO, 2003).

Dentro deste cenário, o mercado exige que as empresas tenham a capacidade de monitorar e perceber as mudanças ocorridas que têm impacto sobre a demanda (RODRIGUES & PINHEIRO, 2005). E de acordo com Slack, Chambers & Johnston (2009), os desvios entre oferta e demanda comprometem o nível de estoque e o nível de serviço ao cliente. Uma administração de materiais eficiente permite à empresa redução de custos e investimentos e o melhor atendimento às necessidades dos clientes (GONÇALVES, 2004).

Nas micro e pequenas empresas a administração de materiais é ainda mais difícil, influenciada negativamente por diversos fatores, como a falta de pessoal qualificado e visão de curto prazo (TERENCE & ESCRIVÃO FILHO, 2001). Além disso, muitas destas empresas negligenciam a importância do planejamento para o seu crescimento sustentável.

A administração de materiais compreende quatro funções: previsão de demanda, processamento de pedidos, promessas de remessas e estabelecimento de interface entre o planejamento e controle de produção e o mercado (ARNOLD, 1999). Dentre as quatro funções da administração de materiais a função previsão de demanda é o tema em estudo no presente trabalho.

1.1 Justificativa

Tendo em vista a importância do gerenciamento da produção e dos estoques de maneira eficiente e o apoio que a previsão de demanda concede as empresas, a realização deste

trabalho é justificada por buscar confrontar métodos de previsão visando identificar o método mais adequado à empresa em estudo.

Isto porque, os métodos de previsão apresentam variações entre si. Eles foram desenvolvidos com características e para situações distintas vividas pelas empresas. As variações existentes devem ser levadas em conta no momento da seleção do método (PELLEGRINI, 2000). Além disso, o número de trabalhos voltados à orientação no momento da seleção do método adequado é limitado (LYNN; SCHNAARS & SKOV, 1999).

Uma vez que a previsão atua como base para o planejamento empresarial e que um pequeno desvio nos dados de entrada para as previsões ou suposições errôneas, por exemplo, podem causar um prejuízo grave para a empresa é fundamental que os gestores busquem os métodos mais adequados à realidade da empresa, compreendam seus objetivos e os implementem do modo correto, para que resultem em previsões mais acuradas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Identificar um método de previsão de demanda que apresente uma maior capacidade preditiva para cada uma das empresas em estudo, haja vista que as mesmas atualmente realizam seu planejamento produtivo apenas com base nos pedidos recebidos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Fazer um levantamento bibliográfico sobre a previsão de demanda, sua importância para as empresas e métodos de previsão, quantitativos e qualitativos;
- Buscar na literatura metodologias de implementação e seleção de métodos de previsão e medidas de acurácia;
- Aplicar métodos de previsão de demanda de acordo com uma metodologia implementação de métodos;
- Fazer uma comparação entre os métodos aplicados, e com base nesta comparação identificar o mais adequado à realidade de cada empresa.

1.3 Problemática

A previsão de demanda é um importante indicador para planejamento da produção e capacidade, para a mão de obra, equipamentos e espaço físico. Uma excelente ferramenta para a gestão da produção e estoque. Segundo Makridakis, Wheelwright & Hyndman (1998) *apud*

Werner (2004), se trata de uma ferramenta capaz de auxiliar no dimensionamento dos recursos.

Considerando a influência da previsão sobre a gestão empresarial, é importante conhecer os diversos métodos de previsão e com o auxílio das medidas de acurácia verificar quais apresentaram o menor desvio entre a demanda prevista e a observada. E buscar na literatura metodologias que indicam quais os métodos se adequam melhor a situações e critérios distintos.

1.4 Estruturação do trabalho

O presente trabalho é composto por sete capítulos e está estruturado da maneira apresentada a seguir.

O capítulo 1 apresenta a introdução, justificativa, problemática e os objetivos do estudo.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica, que compreende os conceitos de administração da demanda e previsão de demanda. São apresentados os principais métodos de previsão de demanda e as etapas para a realização de previsão. Além disso, comenta-se sobre os erros de previsão, as medidas de acurácia e metodologias de implementação de métodos de previsão.

O capítulo 3 apresenta a metodologia do trabalho, os passos seguidos para a realização do estudo.

O capítulo 4 compreende o estudo de caso, nele são apresentadas descrições das empresas estudadas e os passos seguidos para gerar a previsão.

No capítulo 5 os resultados das previsões são apresentados e comentados. Em seguida são apresentadas as comparações entre os métodos e a validação dos mesmos.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões e considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Administração da demanda

As empresas têm como objetivo principal atender as necessidades de seus clientes. Para tanto, as áreas de *marketing* e operações devem executar suas atividades de forma coordenada. Esta coordenação constitui a administração da demanda (ARNOLD, 1999).

Administrar a demanda consiste em identificar as necessidades dos clientes sobre seus produtos e administrá-las de maneira eficiente nos três horizontes de planejamento, que compreendem o longo, o médio e o curto prazo. A administração de longo prazo busca projeções para o planejamento estratégico dos elementos, como as instalações. A de médio prazo visa projetar a demanda agregada para o planejamento da produção. Enquanto, a de curto prazo é necessária para cada item e está associada ao Plano Mestre da Produção (MPS) (ARNOLD, 1999).

Essa administração compreende quatro funções: previsão de demanda, processamento de pedidos, promessas de remessas e estabelecimento de interface entre o planejamento e controle de produção e o mercado, sendo abordada neste trabalho a função previsão de demanda (ARNOLD, 1999). A previsão de demanda é descrita com mais detalhes a seguir.

2.2 Previsão de demanda

A previsão de demanda é uma ferramenta de grande valor para os gestores no planejamento da produção (ARNOLD, 1999). Segundo Tubino (2008), a previsão de demanda é de fundamental importância para as organizações no processo de planejamento da produção. Pode ser elaborada através de métodos qualitativos, quantitativos ou ainda pela integração dos dois anteriores (PELLEGRINI & FOGLIATTO, 2001).

A previsão é importante para o planejamento da capacidade das máquinas, para administração de materiais e demais atividades da administração da demanda (MARTINS & LAUGENI, 2002). A previsão é um auxílio para o planejamento eficiente e eficaz em qualquer circunstância e para qualquer horizonte de tempo (HYNDMAN & ATHANASOPOULOS, 2012).

Além disso, quando a previsão é realizada com certo grau de confiança e com os métodos adequados a sua realidade, o planejamento empresarial se torna mais adequado ao seu dia-a-dia (JACOBS, 2011).

De acordo com Arnold (1999), diversos fatores influenciam a demanda por produtos e serviços de uma empresa. Desta maneira, é de suma importância identificá-los e os seus possíveis efeitos. Alguns destes fatores podem ser citados, como: influências políticas, influências sazonais, alterações no comportamento dos clientes, inovações técnicas, alterações da produção e preços competitivos dos concorrentes (DIAS, 2010).

Para realizar a previsão de demanda deve-se considerar a sua variação de acordo com o tempo. Estas variações são: tendência, que é o resultado do crescimento ou decréscimo nas taxas de vendas; sazonalidade, que consiste em padrões de demanda que se repetem em períodos de tempo; e aleatoriedade, que pode ser entendida como flutuações gerais causadas por inúmeros fatores (BALLOU, 2006).

A implementação dos métodos de previsão requer do atendimento de três condições, a saber: (1) disponibilidade de base de dados históricos; (2) possibilidade de transformação destas informações em dados numéricos; e (3) suposição de que há repetição do passado no futuro (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT & HYNDMAN, 1998 *apud* PELLEGRINI & FOGLIATTO, 2001).

Tendo em vista a importância das previsões, nos estágios iniciais de um projeto de previsão é necessário identificar o que deve ser previsto, se estas serão para linhas de produtos ou para produtos individuais, para uma região específica ou de forma geral, o horizonte de planejamento e a frequência das previsões, haja vista que para cada situação há métodos distintos. É necessário também compreender qual a necessidade da previsão, para o que será utilizada e buscar os dados disponíveis que podem ser utilizados (HYNDMAN & ATHANASOPOULOS, 2012).

2.2.1 Características das previsões

Segundo Chopra & Meindl (2011), as previsões apresentam características que devem ser consideradas pela empresa e seus gestores:

- As previsões são sempre imprecisas;
- Previsões de longo prazo, geralmente, apresentam uma menor precisão, quando comparadas com as de curto prazo;
- As previsões feitas para grupos de produtos apresentam maior precisão.

Arnold (1999) corrobora com as características levantadas por Chopra & Meindl (2011), afirmando que as previsões têm quatro características ou princípios fundamentais:

- As previsões geralmente estão erradas. Os erros são inevitáveis pela incerteza inerente ao processo;

- Todas as previsões devem incluir uma estimativa de erro;
- As previsões apresentam resultados mais próximos da realidade quando são feitas para grupos de produtos;
- Previsões para curto prazo apresentam resultados mais acurados.

De acordo com Ballou (2006), Slack, Chambers & Johnston (2009) e Dias (2010), os métodos são classificados em duas categorias: métodos quantitativos e qualitativos.

Alguns dos diversos métodos de previsão encontrados na literatura são apresentados nos itens 2.2.2 e 2.2.3 a seguir, categorizados de acordo com a classificação destes autores.

2.2.2 Métodos qualitativos

São os métodos que se fundamentam no julgamento de especialistas que detêm conhecimento sobre o comportamento da demanda. São muito úteis, por exemplo, no lançamento de novos produtos (MOREIRA, 2008). A seguir são elencados os principais métodos que compõem esta categoria.

2.2.2.1 Análise do ciclo de vida

Este método consiste em uma análise e previsão do crescimento de um produto novo com base na curva do ciclo de vida do produto (KOTLER, 1998 *apud* BALLOU, 2006). De acordo com o Kotler & Keller (2006), esta curva apresenta as quatro fases do ciclo de vida do produto: introdução, crescimento, maturidade e declínio. Estas fases são representadas pelo aumento, estabilidade e diminuição na procura do produto ao longo do tempo.

2.2.2.2 Analogia histórica

Este método consiste em prever a demanda de um produto novo tomando como base uma análise comparativa das fases do ciclo de vida de introdução e crescimento de um produto de características similares a ele (SPENCER; CLARK & HOGUET, 1961 *apud* BALLOU, 2006).

2.2.2.3 Opinião da força de vendas

Os vendedores têm um contato maior com o mercado. Tendo isto em vista, eles podem auxiliar a previsão de demanda a partir de estimativas de procura dos produtos (LIN, 2000).

No entanto, há desvantagens relacionadas, por exemplo, a uma grande parte dos vendedores não ter nenhum treinamento formal de previsão e há casos em que eles podem enviar os dados por motivos pessoais, produzindo previsões ineficientes (HYNDMAN & ATHANASOPOULOS, 2012).

2.2.2.4 Opinião de especialistas

Em muitas situações, o primeiro passo para a previsão é pedir a opinião dos especialistas. Às vezes, isto é suficiente. Entretanto, o parecer dos especialistas está sujeito a preconceitos e deficiências (ARMSTRONG, 2001).

Nesses casos, o método Delphi é indicado, visto que ele foi desenvolvido para reduzir os conflitos normalmente encontrados em reuniões de grupo e comparado com os procedimentos tradicionais fornece previsões mais acuradas para previsões com a opinião de especialistas (ROWE & WRIGHT, 2001).

2.2.2.5 Pesquisa de intenções

Pesquisas de intenções são realizadas, por exemplo, quando a organização está introduzindo um produto novo no mercado. E devido à ausência de dados ela busca conhecer a intenção de procura do produto através de entrevistas realizadas com clientes (ARMSTRONG, 2001).

Na aplicação do método, questionários são preenchidos pelos clientes sobre suas intenções de aquisição do produto (HYNDMAN & ATHANASOPOULOS, 2012). Segundo Armstrong (2001), a pesquisa normalmente é feita individualmente, evitando que o entrevistado se influencie pela resposta de outro indivíduo.

2.2.2.6 Jogo de representação

O Jogo de representação é indicado para a tomada de decisão em situações de conflito entre pessoas ou grupos, que envolvem grandes mudanças e quando se tem poucas informações sobre eventos passados similares. Por exemplo, como um país reagiria à ameaça de uma guerra? Como gestores responderiam à ameaça de uma greve? A decisão tomada por uma parte provoca uma reação na outra. Este método é útil nesses casos, pois ele simula as interações entre as partes conflitantes (ARMSTRONG, 2001).

De acordo com Armstrong (2001), evidências de cinco situações reais mostraram que ele foi mais preciso do que o método de Opinião de especialistas (2.2.2.4.) para prever a demanda quando havia conflitos entre grupos e quando grandes mudanças estavam envolvidas.

2.2.3 Métodos quantitativos

Estes métodos, diferentemente dos qualitativos, não se fundamentam no julgamento das pessoas, mas em modelos matemáticos. Para a implementação dos mesmos é necessário que a

empresa disponha de uma série histórica das demandas observadas (MOREIRA, 2008). Segundo Higuchi (2006), consistem em uma análise de dados históricos, visando realizar projeções das demandas futuras, por meio da aplicação de modelos matemáticos.

2.2.3.1 Box-Jenkins

Box & Jenkins (1970), propuseram um procedimento iterativo para a modelagem de uma série temporal, que segue três passos apresentados a seguir:

- Identificação, onde se deve examinar as características e estatísticas das séries temporais e tentar relacioná-las com os modelos específicos;
- Estimativa, onde os parâmetros para os modelos identificados no passo anterior são estimados;
- Diagnóstico, em que se examinam os modelos e resíduos dos modelos ajustados, objetivando verificar se os modelos apresentam uma previsão mais próxima da realidade.

Os modelos de Box-Jenkins se fundamentam no princípio de que os dados de série temporal apresentam alta correlação entre si. Eles necessitam de uma série histórica com no mínimo 50 observações (PELLEGRINI, 2000). Estes modelos podem ser encontrados com mais detalhes em LEMOS (2006).

2.2.3.2 Decomposição Clássica das Séries Temporais

Este método consiste em dividir uma série temporal em componentes sazonais, de tendência, variação cíclica e variação residual (BOWERMAN & O'CONNELL, 1987).

Ele combina as variações da demanda segundo a equação a seguir (BALLOU, 2006):

$$F = T \times S \times C \times R \quad (2.1)$$

Onde:

F : Demanda prevista.

T : Nível de tendência.

S : Índice sazonal.

C : Índice cíclico.

R : Índice residual.

2.2.3.3 Média Móvel (MM)

Este método é indicado para situações onde a demanda não possui tendência ou sazonalidade. A de demanda no período t é estimado como a demanda média dos m períodos mais recentes (CHOPRA & MEINDL, 2011).

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{t=1}^m Y_t}{m} \quad (2.2)$$

Onde:

F_{t+1} : Previsão de demanda para o período $t+1$.

Y_t : Demanda no período t .

m : Quantidade de períodos considerados.

As demandas dos novos períodos são encontradas, a partir da eliminação do período mais antigo e introdução do mais recente. Quanto maior o m mais a média se torna distante da demanda observada mais recente (CHOPRA & MEINDL, 2011).

2.2.3.4 Média Móvel Ponderada (MMP)

Neste método, as demandas dos períodos mais recentes recebem um peso maior que as demandas mais antigas (DIAS, 2010).

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{t=1}^m Y_t p_t}{\sum_{t=1}^m p_t} \quad (2.3)$$

$$\sum_{t=1}^m p_t = 1 \quad (2.4)$$

Onde:

F_{t+1} : Previsão de demanda para o período $t+1$.

Y_t : Demanda real no período t .

p_t : Peso atribuído a demanda no período t .

m : Quantidade de períodos considerados.

A escolha da quantidade de períodos m é arbitrária, assim como a escolha dos pesos, no entanto a soma dos pesos deve ser igual a 1. Os períodos mais recentes recebem maior importância neste método. Entretanto, o efeito do m maior é semelhante ao citado na Média Móvel (seção 2.2.3.3) (MOREIRA, 2001).

2.2.3.5 Suavização Exponencial Simples (SES)

Este método é indicado para situações nas quais a série temporal não apresenta tendência e sazonalidade (SAMOHYL; SOUZA & MIRANDA, 2008). A previsão é realizada

a partir da equação a seguir (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT & HYNDMAN, 1998 *apud* LEMOS, 2006):

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t \quad (2.5)$$

Onde:

F_{t+1} : Previsão para o período desejado.

F_t : Previsão do período t .

Y_t : Demanda real do período t .

α : Constante de suavização com valor entre 0 e 1.

O valor de α determina o ajuste do modelo em relação à demanda. Desta maneira, ele se torna mais sensível ao último valor observado da demanda, à medida que se aproxima de 1 (SLACK; CHAMBERS & JOHNSTON, 2009).

2.2.3.6 Suavização Exponencial de Holt (SEH)

O presente método é apropriado para séries históricas que apresentam componentes de nível e tendência e não apresentam sazonalidade (CHOPRA & MEINDL, 2011).

A previsão para o período futuro é obtida com a aplicação das equações a seguir (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT & HYNDMAN, 1998 *apud* LEMOS, 2006):

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (2.6)$$

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.7)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.8)$$

Onde:

F_{t+m} : Previsão para o período $t+m$.

m : Horizonte de previsão.

L_t : Estimativa do nível da série temporal no período t .

Y_t : Demanda real do período t .

b_t : Estimativa de tendência da série temporal para o período t .

α e β : Constantes de suavização, com valores entre 0 e 1 e não relacionados.

2.2.3.7 Suavização Exponencial de Holt-Winters (SEHW)

Os modelos de Holt-Winters, ou também conhecidos por modelos de Winters, são adequados para séries históricas que apresentam tendência e sazonalidade. Apresenta-se de

duas formas: o modelo multiplicativo que pressupõe que os períodos sazonais variam ao longo do tempo e o aditivo que eles permanecem constantes (PELLEGRINI, 2000). A seguir são apresentadas as equações para o cálculo da previsão no método multiplicativo (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT & HYNDMAN, 1998 *apud* LEMOS, 2006):

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m} \quad (2.9)$$

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.10)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.11)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.12)$$

Onde:

F_{t+m} : Previsão para o período $t+m$.

m : Horizonte de previsão.

L_t : Estimativa do nível da série temporal no período t .

Y_t : Demanda real do período t .

b_t : Estimativa de tendência da série temporal para o período t .

s : Número de períodos por ciclo sazonal.

S_t : Estimativa do componente sazonal da série temporal no período t .

S_{t-s} : Sazonalidade do período analisado do ciclo sazonal anterior.

α , β e γ : Constantes de suavização, como valores entre 0 e 1 e não relacionados.

E as equações seguintes representam o modelo de Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditivo (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT & HYNDMAN, 1998 *apud* LEMOS, 2006):

$$F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad (2.13)$$

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.14)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.15)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.16)$$

2.2.4 Etapas para a realização de previsão de demanda

Chopra & Meindl (2011), afirmam que a técnica básica divide-se em seis etapas, apresentada a seguir, auxilia as organizações a realizarem previsões eficazes:

- Entender o objetivo da previsão: toda previsão tem o objetivo de apoiar as decisões empresariais, desta forma é de suma importância identificá-las;
- Integrar o planejamento da demanda e a previsão por toda a cadeia de suprimentos: a previsão deverá ser repassada a todas as áreas da empresa. De maneira, que todas elas trabalhem de forma integrada e consigam atender a demanda de seus clientes;
- Entender e identificar os segmentos de clientes: é necessário identificar estes segmentos, para agrupá-los por semelhanças de requisitos. O que facilita o processo de seleção do método e simplifica a previsão;
- Identificar os principais fatores que influenciam a previsão de demanda. Por exemplo, alterações nos preços dos concorrentes;
- Determinar a técnica de previsão apropriada: para isso a organização deverá inicialmente identificar e entender dimensões relevantes à previsão, como grupo de clientes e unidades de negócios. E escolher métodos apropriados para cada situação;
- Estabelecer medidas de desempenho e erro para a previsão: deve-se avaliar periodicamente a acurácia das previsões.

2.3 Erros de previsão e medidas de acurácia

Um dos princípios das previsões, citado na seção 2.2, é que elas são imprecisas. Há vários motivos para isto, alguns dos quais se relacionam com envolvimento humano e outros com o comportamento da economia. Com base neste cenário, para se obter previsões mais acuradas, é imprescindível acompanhar o seu desempenho, isto é, comparar a demanda real com a prevista (ARNOLD, 1999). Segundo Jardini (2010), as previsões estão sujeitas ao erro.

Segundo Arnold (1999), erros são inevitáveis nas previsões. Tendo em vista esta afirmação, é crucial verificar a acurácia das previsões (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT & HYNDMAN, 1998 *apud* LEMOS, 2006).

As medidas de acurácia podem ser utilizadas para verificar a precisão de um método ou para realizar a comparação entre métodos, auxiliando na escolha do método de previsão adequado (KAHN, 1998). Algumas delas são apresentadas na tabela 2.1.

Sigla	Significado	Equação
ME	<i>Mean error</i> Erro médio	$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i - \hat{Y}_i$
MAE	<i>Mean absolute error</i> Erro absoluto médio	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i - \hat{Y}_i $
MPE	<i>Mean percentual error</i> Erro percentual médio	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(Y_i - \hat{Y}_i)/Y_i]$
APE	<i>Absolute percentual error</i> Erro percentual absoluto	$APE = \left \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right $
MAPE	<i>Mean absolute percentual error</i> Média dos erros percentuais absolutos	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right $
MSE	<i>Mean squared error</i> Erro quadrático médio	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$
RMSE	<i>Root mean squared error</i> Raiz do erro quadrático médio	$RMSE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$
GRMSE	<i>Geometric root mean squared error</i> Raiz da média geométrica do erro quadrático	$GRMSE = \left(\prod_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \right)^{\frac{1}{2n}}$
MRAE	<i>Mean relative absolute error</i> Média do erro absoluto relativo	$MRAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left \frac{Y_i - \hat{Y}_{i,A}}{Y_i - \hat{Y}_{i,B}} \right $

Tabela 2.1 – Medidas de acurácia
Fonte: Adaptado de Lemos (2006)

A acurácia das previsões pode ser calculada a partir da utilização de diversas medidas, no entanto, para resultados relevantes, deve-se considerar o que está sendo previsto, a medida de acurácia que está sendo aplicada e o conjunto de dados utilizado (HYNDMAN & ATHANASOPOULOS, 2012).

Deste modo, de acordo com Hyndman & Athanasopoulos (2012), a MAE pode ser usada para comparação entre métodos, quando todas as previsões estão na mesma escala, além disso, segundo ele a MAPE também pode ser usada em comparações entre métodos.

Ainda para a comparação entre métodos, Carbone & Armstrong (1982), recomendam o uso da RMSE.

2.4 Metodologias de implementação e seleção de métodos de previsão

A geração de projeções de demanda e a seleção dos métodos adequados às empresas requerem atenção e conhecimento dos mesmos, de suas características, aplicabilidade e limitações.

A fim de auxiliar os gestores na escolha do método adequado para gerar a previsão de demanda e na aplicação correta do método ou métodos selecionados. Diversos autores propuseram metodologias com os passos necessários para gerar a previsão (*e.g.* Dias, 2010; Fernandes, Anzanello & Miorando (2011) e Staudt, Gonçalves & Rodriguez (2016) enquanto outros, além dos passos necessários, propuseram ainda, uma metodologia de seleção de métodos adequados para situações distintas (*e.g.* Armstrong, 2001; Lemos, 2006). Além dos modelos apresentados, Demirtas & Anagün (2007) propuseram um método de seleção voltado às empresas prestadoras de serviço. A seguir estas metodologias são apresentadas de maneira resumida.

A metodologia de Dias (2010), é representada por um fluxograma que exhibe o comportamento dinâmico do processo de previsão. A partir da análise desse fluxograma é possível identificar que a previsão é um processo cíclico, iniciado pela análise do histórico de consumo, seguida pela formulação do modelo, avaliação do modelo e comparação dos valores previstos com os reais. Caso os resultados não se apresentem satisfatórios, um novo modelo deve ser formulado.

Fernandes, Anzanello & Miorando (2011), propuseram uma metodologia composta por três etapas. A primeira delas está relacionada ao levantamento de informações e de base quantitativa. Posteriormente, os especialistas são selecionados e é feito o ajuste qualitativo. Na etapa final, os fatores quantitativos e qualitativos são integrados.

Staudt, Gonçalves & Rodriguez (2016), propuseram um modelo que inclui a incorporação de julgamento de especialistas, baseada em cinco etapas, são elas: definição do problema, obtenção e tratamento dos dados, previsão quantitativa, incorporação de julgamentos e monitoramento das previsões, a partir de medidas de erros e do *feedback* aos especialistas.

Armstrong (2001), apresenta uma metodologia com seis etapas para a geração de previsões, e ainda com base em uma revisão de pesquisas anteriores desenvolveu um fluxograma para orientar os gestores na escolha entre dez métodos selecionados, de acordo

com alguns critérios, como tipos de dados disponíveis e grau de conhecimento dos especialistas. Também apresenta cinco formas de integrar as previsões quantitativas ao julgamento dos especialistas. Segundo o autor, esta integração é necessária dada a imprecisão dos métodos quantitativos e a tendenciosidade eminente ao julgamento dos especialistas.

Demirtas & Anagün (2007), propuseram um método, o *Expert Forecasting Method Selector* (EFMS), para auxiliar as empresas prestadoras de serviços na escolha do método de previsão adequado, quantitativo ou qualitativo. O método é indicado a partir de respostas a algumas perguntas feitas aos gestores de acordo com alguns critérios, como custo e horizonte de tempo. Ele ainda fornece informações sobre os métodos de previsão e permite a realização de cálculos.

O presente trabalho adota a metodologia de seleção de métodos proposta por Lemos (2006) para a geração das projeções de demanda das empresas em estudo. A escolha por essa metodologia se deu a partir da análise das diversas metodologias de seleção citadas anteriormente neste trabalho. A metodologia escolhida se destaca dentre as demais, por se apresentar como uma metodologia mais abrangente, de fácil entendimento, com passos bem definidos, indicações de pacotes computacionais e de métodos, integração entre métodos quantitativos e qualitativos e a validação dos mesmos, reforçando a importância do acompanhamento dos resultados das previsões periodicamente.

A metodologia proposta por Lemos (2006) é baseada nas metodologias propostas por Armstrong (2001), Georgoff & Murdick (1986) e Chambers, Mullick & Smith (1971) (LEMOS, 2006). Apresenta um fluxograma das etapas que devem ser seguidas, segundo o autor, para prever a demanda e ainda um fluxograma de seleção dos métodos, de acordo com diversos critérios relevantes, como nível industrial da previsão, ciclo de vida do produto e tipos de dados disponíveis. Além disso, como citado acima, ela propõe a integração entre métodos quantitativos e qualitativos e esta integração, ou também chamada combinação, normalmente, resulta em previsões mais acuradas, quando comparadas às previsões geradas com a implementação de um método apenas (WERNER, 2004; CHOPRA & MEINDL, 2011). Esta metodologia será apresentada em detalhes no capítulo seguinte.

3 METODOLOGIA

Para a elaboração deste estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico a respeito da importância da previsão de demanda para as organizações, dos métodos de previsão de demanda, das suas características, aplicabilidade e limitações, metodologias de implementação e seleção de métodos de previsão e medidas de acurácia.

Em seguida, com base no levantamento bibliográfico, foi realizada a coleta de dados nas empresas em estudo. Posteriormente as previsões foram realizadas, seguindo a metodologia de Lemos (2006), apresentada na figura 3.1 e no Anexo A.

A metodologia de Lemos (2006) é composta por seis etapas. A primeira delas é a definição do problema. Nesta fase são identificados quais itens devem ser previstos e qual o objetivo da previsão.

A segunda é a obtenção dos dados, ela é composta por seis sub-etapas, são elas: (1) definição do nível industrial da previsão, é uma sub-etapa essencial, haja vista que diferentes métodos são adequados para diferentes níveis, os níveis são: setorial, corporativo, de unidade estratégica de negócios, de unidade de manutenção de estoque e local; (2) definição dos fatores temporais, são eles: período, intervalo e horizonte da previsão, deve-se defini-los, visto que com base neles as previsões serão realizadas e consequentemente o planejamento empresarial; (3) priorização dos itens a serem previsto, visa identificar os itens com maior impacto sob a empresa, isto porque na maior parte dos casos não há disponibilidade de recursos e tempo, por exemplo, para gerar previsões para todos os itens; (4) a análise do ciclo de vida do item a ser previsto, fases diferentes requerem diferentes métodos de previsão; (5) definição dos dados de entrada e saída, esta sub-etapa tem um impacto significativo na escolha do método adequado, por exemplo, no caso da ausência do histórico da demanda, métodos qualitativos poderão ser indicados; e (6) coleta e preparação de dados, deve-se reunir todos os dados relevantes disponíveis para a previsão, nesta sub-etapa a série histórica pode ser plotada em gráficos, para uma análise do perfil da demanda, a fim de identificar se há sazonalidade, por exemplo.

A terceira etapa é a escolha do método de previsão, é composta por duas sub-etapas: (1) análise de fatores de seleção de métodos de previsão, a metodologia de Lemos (2006), apresenta um fluxograma (Anexo A), e com base nos critérios nela apresentados, segue-se o fluxograma e ao final o método adequado é indicado; e (2) integração de métodos qualitativos e quantitativos, após a seleção do método verifica-se se há a necessidade de integração de métodos.

A quarta etapa é a seleção do pacote computacional. A implementação dos métodos e a validação dos mesmos são a última e a penúltima etapa da metodologia, respectivamente. Esta última tem como objetivo comprovar se o método foi capaz de gerar uma previsão acurada, a partir dos resultados das medidas de acurácia. Bem como acompanhar a acurácia das previsões periodicamente. Visto que o método pode se tornar inadequado ao longo do tempo.

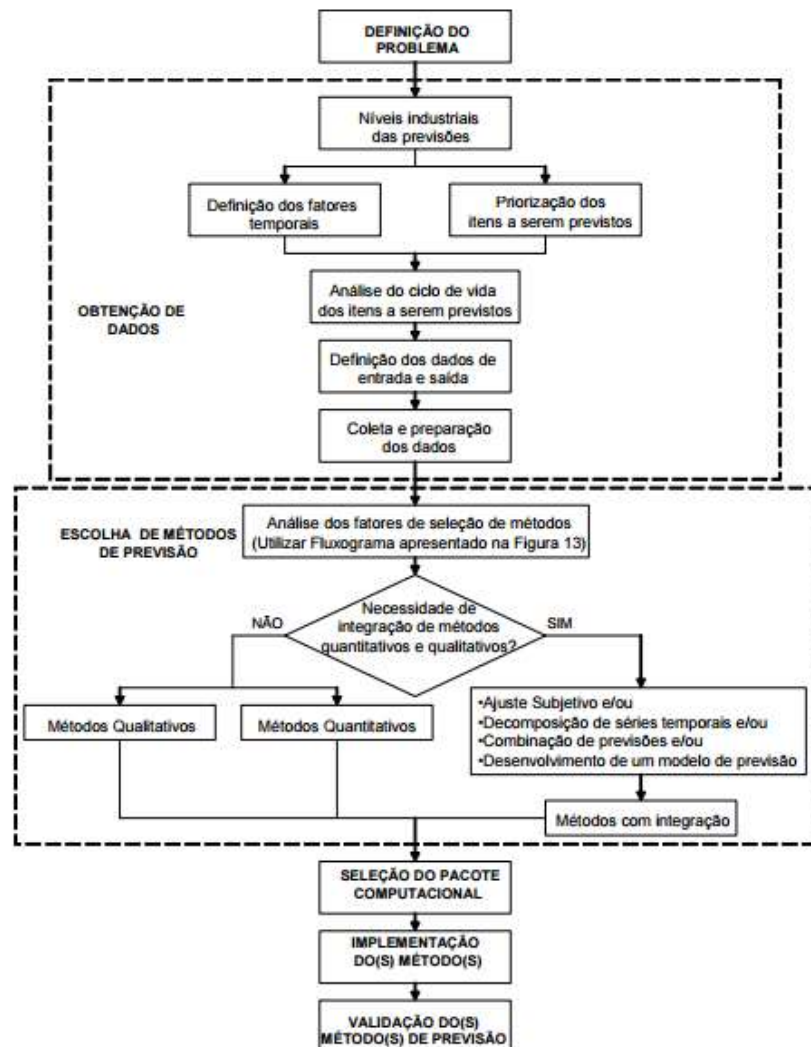


Figura 3.1– Metodologia de seleção de métodos de previsão de demanda
Fonte: Lemos (2006)

Após as aplicações, os resultados obtidos foram comparados, com a aplicação das medidas de acurácia, visando identificar os métodos que apresentaram melhor aderência à realidade de cada empresa.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Apresentação da empresa A

A empresa em estudo foi fundada em 1980, localizada no município de Ribeirão, na região da Mata Sul do Estado de Pernambuco. Atua no setor cerâmico produzindo artefatos de cerâmica e barro cozido e conta com um quadro de 70 funcionários.

Atualmente a empresa tem como alguns de seus produtos as cunhas refratárias, lajotas, lajes e os tijolos, que são os principais produtos. Mensalmente são produzidos em média um milhão de itens.

A missão da empresa é produzir e comercializar produtos de artefatos de Cerâmica Vermelha com qualidade e sustentabilidade ambiental para uso na construção. E a visão é consolidar a empresa como referência no mercado de Cerâmica Vermelha na região nordeste com prioridade na qualidade de seus produtos e pontualidade de atendimento dos seus clientes com compromisso social e ambiental.

O seu planejamento produtivo é feito com base nos pedidos recebidos pela área de vendas, ou seja, são produzidas as quantidades pedidas pelos clientes, caracterizando uma produção sob encomenda.

Entretanto, de acordo com os diversos conceitos abordados neste estudo, é interessante que as empresas apliquem os métodos de previsão para se antecipar à demanda, visto que devem estar preparadas para atender esta demanda e para resolver possíveis problemas que possam vir a acontecer ou adaptarem-se aos ajustes necessários, considerando a capacidade produtiva, o quadro de funcionários, a necessidade ou não de horas extras e todos os processos e *inputs* envolvidos na produção.

4.1.1 Aplicação na empresa A

Nesta seção, a série histórica da demanda disponibilizada pela empresa composta por 28 meses, de janeiro de 2014 a abril de 2016, é utilizada para a aplicação da metodologia de Lemos (2006). Esta série histórica é apresentada no Apêndice A.

Seguindo a metodologia de Lemos (2006), a primeira etapa para a previsão é a definição do problema. Neste caso, o que se busca é a identificação do método mais adequado, haja vista que a empresa, como citado anteriormente, não realiza previsão de demanda.

A segunda é a obtenção dos dados, composta por seis sub-etapas, citadas no capítulo 3. A primeira delas é o nível industrial da previsão, para a presente empresa o nível é

corporativo, haja vista que a previsão será realizada de maneira agregada, ou seja, para a demanda global da empresa.

A sub-etapa seguinte é a definição dos fatores temporais: período, intervalo e horizonte da previsão. A série histórica da empresa está distribuída mensalmente, sendo assim, o período de previsão será mensal. O intervalo entre as previsões é definido como mensal com base no sistema de planejamento da empresa. E o horizonte de planejamento foi definido em um mês, visto que alguns dos métodos de previsão necessitam da demanda do mês anterior, sendo necessária a inclusão de dados mensalmente. Além disso, a inclusão de dados recentes torna a previsão mais ajustada.

A terceira sub-etapa é a priorização dos itens a serem previsto, uma vez que foi disponibilizada apenas a demanda global e não de cada item ou grupos de itens específicos, esta etapa não é aplicável neste caso.

A quarta é a análise do ciclo de vida do item a ser previsto. Os produtos ofertados e pertencentes à série histórica estuda estão na fase de estabilidade do ciclo de vida do produto, haja vista que o volume de vendas entre os anos não apresenta uma tendência de crescimento ou decréscimo acentuada

A quinta é a definição dos dados de entrada e saída. Os dados de entrada são os primeiros 24 meses da série histórica, a partir deles os métodos foram inicializados, visando identificar o que apresenta resultado mais acurado. Os quatro últimos meses foram reservados para a validação dos métodos.

A última sub-etapa é a coleta e preparação de dados. Os dados foram passados pelo setor de vendas da empresa e estão distribuídos graficamente na figura 4.1. Foi possível verificar a partir de uma análise visual da figura, um aumento no volume de vendas nos últimos quatro meses de cada ano, o que demonstra um padrão de demanda e caracteriza a demanda como sazonal.

A terceira etapa da metodologia é a escolha do método de previsão. Neste momento o Anexo A é consultado. Nesta etapa está inserida também a sub-etapa de integração de métodos qualitativos e quantitativos, que no presente estudo não foi explorada, uma vez que requer uma análise mais aprofundada e disponibilidade de especialistas e gestores do processo.

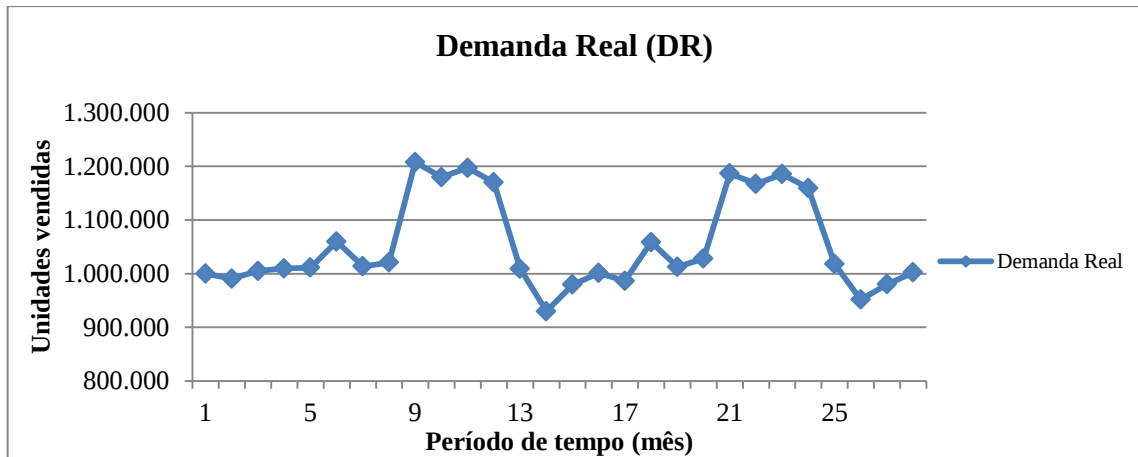


Figura 4.1 – Série histórica da demanda observada de janeiro de 2014 a abril de 2016 da empresa A
Fonte: O autor

Iniciando a seleção do método pelo fluxograma de seleção de métodos de previsão de Lemos (2006) (Anexo A), foi rapidamente percebido que método adequado seria quantitativo, tendo em vista que o nível de previsão é corporativo, que os produtos, que fazem parte da série temporal estão na fase de estabilidade do ciclo de vida e que há disponibilidade de dados históricos.

Devido à ausência de conhecimento sobre as variáveis que influenciam a previsão, da disponibilidade somente de séries temporais e da falta de conhecimento contextual, chega-se a indicação de métodos de extrapolação.

Os recursos para implementação dos métodos são limitados, desta maneira é necessário realizar uma análise dos componentes da série temporal, para verificar se há tendência, elementos sazonais, ou ambos, ou ausência dos mesmos. Uma vez que para cada situação métodos distintos são indicados.

A série temporal da empresa apresenta elementos sazonais. Por esta razão, o método de Holt-Winters é sugerido como o mais adequado na metodologia. Para efeito de teste foram aplicados os quatro métodos de extrapolação apresentados no fluxograma de seleção de Lemos (2006) e ainda o método de Média Móvel Ponderada.

A quarta etapa é a seleção do pacote computacional. As aplicações dos métodos no presente trabalho foram realizadas no Microsoft Excel, devido a sua disponibilidade e ampla opção de métodos passíveis de utilização neste *software*.

A implementação dos métodos e a validação dos mesmos são a última e a penúltima etapa da metodologia, respectivamente. Estas estão apresentadas no capítulo destinado aos resultados (capítulo 5).

4.2 Apresentação da empresa B

A empresa foi fundada no ano de 1996, localizada na cidade de Santa Cruz do Capibaribe no Estado de Pernambuco. Atua no ramo de confecções. E conta com o quadro de 94 funcionários.

A sua missão é desenvolver, produzir e comercializar moda, com excelência na entrega e na satisfação de seus clientes.

Seu diferencial é atender a todos os públicos e se destacar no mercado pela alta qualidade dos produtos e preços diferenciados

4.2.1 Aplicação na empresa B

A série histórica de 30 meses da empresa B, de janeiro de 2014 a junho de 2016, é apresentada no Apêndice B. A seguir são descritos os passos da aplicação da metodologia de Lemos (2006) nesta empresa.

A primeira etapa da metodologia é a definição do problema, neste caso o busca-se encontrar um método que melhor se ajuste a situação, visto que a empresa que antes aplicava a média móvel parou de realizar previsões de demanda, alegando como motivo a atual crise financeira enfrentada no país.

A segunda etapa é a obtenção dos dados, que compreende seis sub-etapas. O nível industrial de previsão para a presente empresa é corporativo. Uma vez que ela faz o planejamento mensalmente a partir das vendas.

O período, o intervalo e horizonte de planejamento foram definidos mensais, com base no planejamento da empresa. A priorização dos itens, semelhante à empresa A, não se aplica.

Considerando que a demanda entre os anos apresenta uma tendência de crescimento, porém não acentuada, pode-se concluir, que os produtos da série histórica estudada se encontram no estágio de estabilidade do ciclo de vida do produto.

Os dados de entrada são os primeiros 24 meses da série histórica, para inicialização dos métodos e os seis últimos foram reservados para a validação dos métodos. A série histórica foi disponibilizada pela área de vendas da empresa e é apresentada graficamente na figura 4.2 para a análise visual preliminar.

A partir da análise visual da figura 4.2, constata-se que a demanda apresenta elementos sazonais. Há uma elevação no volume de vendas nos meses de janeiro, fevereiro, maio, junho, novembro e dezembro, impulsionada por diversos fatores, como início de ano, Carnaval, São João e festas de final de ano.

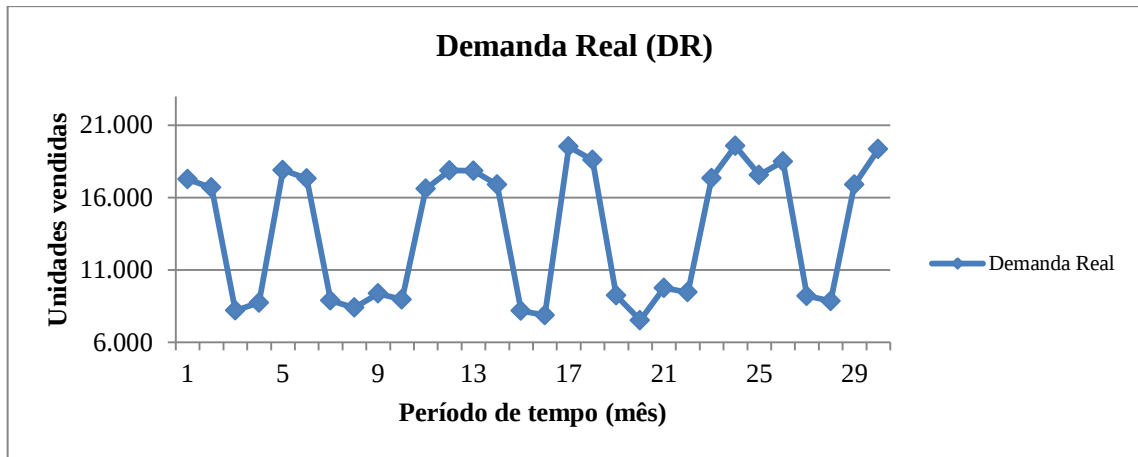


Figura 4.2 – Série histórica da demanda observada de janeiro de 2014 a junho de 2016 da empresa B
Fonte: O autor

A terceira etapa da metodologia é a escolha do método de previsão. Como mencionado anteriormente o Anexo A apresenta o fluxograma para a seleção. Assim como na empresa A, a integração entre os métodos não será aplicada, devido a necessidade de uma análise mais aprofundada e disponibilidade de especialistas e gestores do processo. De acordo com os dados disponíveis e com as características da previsão o método de Suavização Exponencial de Holt-Winters foi sugerido pela metodologia de Lemos (2006).

Semelhante ao que foi realizado na aplicação da empresa A, foram aplicados os quatro métodos de extrapolação presentes no fluxograma e ainda o método de Média Móvel Ponderada.

A quarta etapa é a seleção do pacote computacional. Assim como para a empresa A, os métodos foram aplicados no Microsoft Excel, devido a sua disponibilidade e ampla opção de métodos passíveis de utilização.

A quinta etapa é a implementação dos métodos e última a validação dos mesmos, os resultados da implementação e a validação são apresentados no capítulo 5.

5 RESULTADOS

Neste capítulo os resultados da aplicação de cada método são apresentados em subitens específicos, mostrando os melhores resultados encontrados em cada método plotados em gráficos, bem como suas respectivas medidas de acurácia, que são a base para comparação, análise e validação dos mesmos.

As medidas utilizadas para os testes dos métodos e para a comparação entre eles foram a MAE (erro absoluto médio), a MAPE (média dos erros percentuais absolutos) e a RMSE (raiz do erro quadrático médio), medidas estas sugeridas na literatura para este fim.

5.1 Resultados da empresa A

O método adequado para esta empresa de acordo com a metodologia de Lemos (2006), é o método de Suavização Exponencial de Holt-Winters. Todavia, para efeito de teste e confirmação, foram aplicados os métodos quantitativos: Média Móvel, Média Móvel Ponderada, Suavização Exponencial Simples, de Holt e de Holt-Winters. Cada um dos quais foi testado com a variação de seus parâmetros objetivando encontrar o menor erro.

Posteriormente, as menores medidas de erro de cada método, encontradas a partir desta variação foram comparadas, desta maneira foi possível identificar os três métodos que melhor se ajustaram a série histórica da empresa. Estes foram aplicados novamente, neste momento, na fase de validação do método (seção 5.1.7) para os últimos quatro meses da série reservados para este fim, com os parâmetros que apresentaram melhores resultados na fase de comparação (seção 5.1.6), para a confirmação do método mais adequado para a situação atual da empresa.

5.1.1 Média Móvel

O método da média móvel foi aplicado para diferentes valores de m . E a partir destas variações, o valor de m que resultou em uma maior acurácia, a partir da comparação entre as medidas de erro foi $m = 2$. Corroborando com o que foi citado na revisão bibliográfica, quanto maior o m , mais a previsão se distancia da média observada mais recente.

As medidas de erros para cada valor de m testado são apresentadas na tabela 5.1, em negrito estão as menores medidas erro em cada uma das três medidas de acurácia utilizadas como critério para os testes das variações de parâmetros e comparação entre os métodos.

Os resultados da previsão para $m = 2$ foram plotados (figura 5.1) para melhor visualização do ajuste da demanda prevista a demanda real.

	m = 2	m = 3	m = 4
MAE	50.882	63.247	72.725
MAPE	0,05	0,06	0,07
RMSE	79.347	87.671	98.276

Tabela 5.1 – Medidas de erro da empresa A – Média Móvel
Fonte: O autor

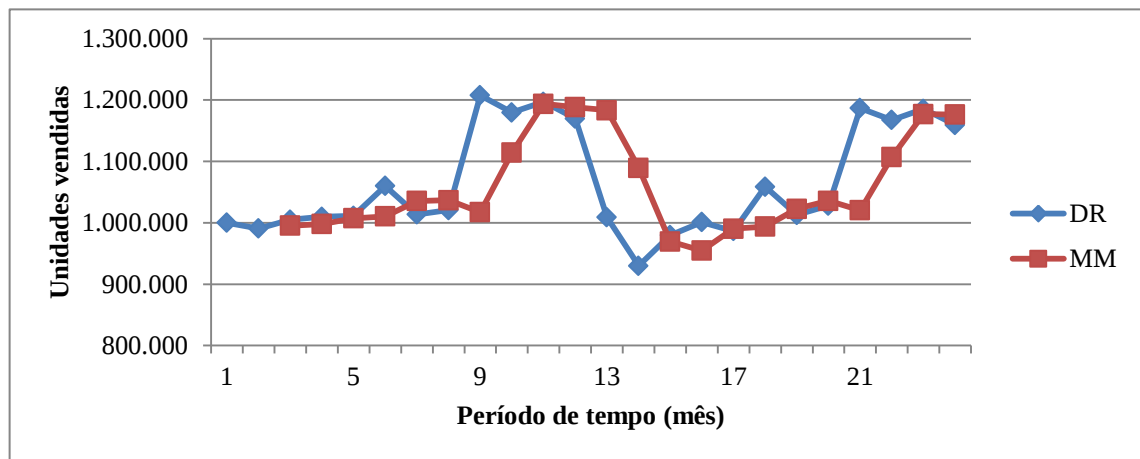


Figura 5.1 – Demanda real e prevista da empresa A – Média Móvel
Fonte: O autor

5.1.2 Média Móvel Ponderada

A média móvel ponderada, assim como a média móvel, requer que um valor de m seja especificado, o qual apresente o menor erro, e ainda requer pesos que são multiplicados pelas demandas dos meses anteriores. A quantidade de pesos deve ser igual a m e a soma dos pesos igual a 1, sempre multiplicando o peso maior pela demanda mais recente.

Desta maneira, o teste foi iniciado com os seguintes parâmetros $m = 2$, $p_1 = 0,2$ e $p_2 = 0,8$, resultando em medidas de erros menores do que as menores medidas de erro do método MM, no entanto, mais testes foram realizados, buscando resultados ainda melhores.

Para tanto, o suplemento Solver do Microsoft Excel foi utilizado e apresentou valores de p_i que resultaram em medidas de erro menores, conforme explicitado na tabela 5.2. O objetivo em todos os testes feitos no presente trabalho no Solver foi a minimização do MAE.

A fim de confirmar que o m menor torna a previsão mais acurada, os cálculos foram refeitos para $m = 3$ e valores de p_i arbitrários. Posteriormente o procedimento para minimização de erro foi novamente aplicado. E novamente o m menor, em negrito na tabela 5.2, proporcionou um menor desvio entre a previsão e a demanda observada.

A figura 5.2 apresenta a demanda real e a demanda prevista por este método a partir dos parâmetros, $m = 2$, $p_1 = 0,15$ e $p_2 = 0,85$, que melhor se adequaram a série observada.

	m = 2 $p_1 = 0,20$ $p_2 = 0,80$	m = 2 $p_1 = 0,15$ $p_2 = 0,85$	m = 3 $p_1 = 0,10$ $p_2 = 0,30$ $p_3 = 0,60$	m = 3 $p_1 = 0,00$ $p_2 = 0,15$ $p_3 = 0,85$
MAE	46.097	45.423	51.156	46.964
MAPE	0,04	0,04	0,05	0,04
RMSE	72.414	71.806	77.564	73.439

Tabela 5.2 – Medidas de erro da empresa A – Média Móvel Ponderada

Fonte: O autor

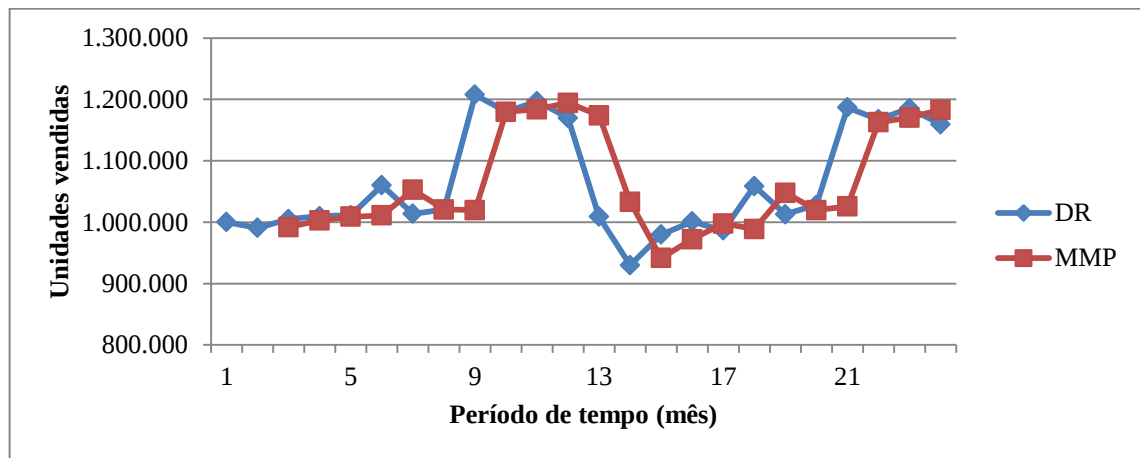


Figura 5.2 – Demanda real e prevista da empresa A – Média Móvel Ponderada

Fonte: O autor

5.1.3 Suavização Exponencial Simples

Este método necessita de um valor inicial para F_t (previsão para o período t) e uma estimativa de α (constante de suavização). Existem algumas formas de inicializar o F_t , neste trabalho ele foi testado a partir da média dos primeiros meses da série.

O α pode assumir valores entre 0 e 1, se inicia com um valor arbitrário. O valor foi iniciado em 0,5 e posteriormente o procedimento de minimização de erro foi aplicado, visando encontrar o valor de α que produz o menor erro. A tabela 5.3 apresenta os resultados das medidas de erro dos testes realizados e o melhor resultado encontrado em negrito.

A maior acurácia foi gerada pelo teste com a média dos primeiros dois períodos da demanda real e $\alpha = 0,85$. A demanda prevista com estes parâmetros é apresentada na figura 5.3.

	$F_t = (1/2)*(Y_1 + Y_2)$ $\alpha = 0,50$	$F_t = (1/2)*(Y_1 + Y_2)$ $\alpha = 0,85$	$F_t = (1/3)*(Y_1 + Y_2 + Y_3)$ $\alpha = 0,50$	$F_t = (1/3)*(Y_1 + Y_2 + Y_3)$ $\alpha = 0,85$
MAE	71.360	43.974	70.863	43.992
MAPE	0,06	0,04	0,06	0,04
RMSE	92.551	70.059	92.149	70.061

Tabela 5.3 – Medidas de erro da empresa A – Suavização Exponencial Simples
Fonte: O autor

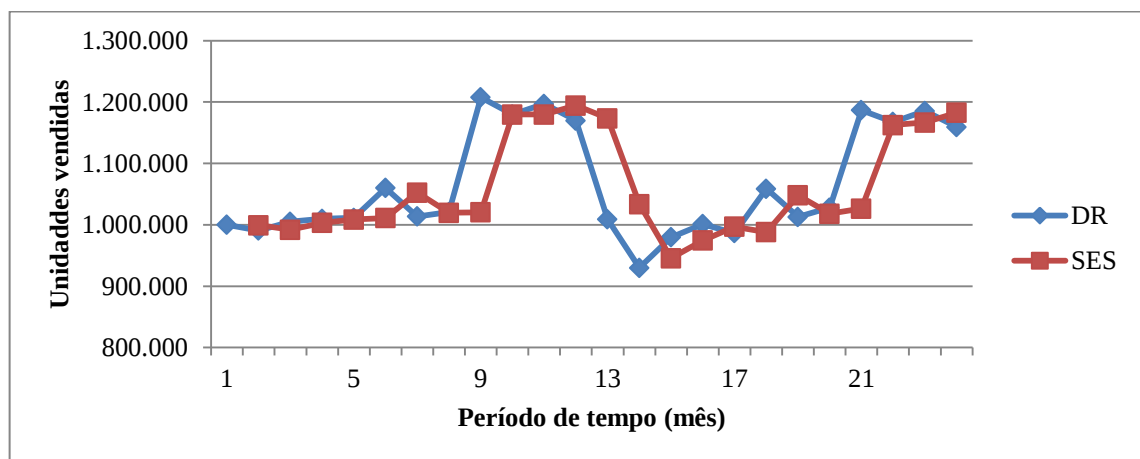


Figura 5.3 – Demanda real e prevista da empresa A – Suavização Exponencial Simples
Fonte: O autor

Os valores das medidas na tabela 5.3 são muito próximos para $\alpha = 0,85$ e as duas situações testadas de F_t , ele assumindo a média dos dois e três primeiros meses da série histórica. Isto porque a variação entre os primeiros valores da série é pequena.

5.1.4 Suavização Exponencial de Holt

A SEH considera que há nível L_t e tendência b_t na série. Os testes para este método foram feitos variando os valores de m , α e β , visando o encontrar o menor erro, as medidas de erro são apresentadas na tabela 5.4, com os melhores resultados em negrito.

A figura 5.4 exibe as demandas real e prevista. A prevista calculada com os parâmetros que geraram menores erros para este método, são eles: $m = 1$, $\alpha = 0,81$ e $\beta = 0,10$.

	$m = 1$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$	$m = 1$ $\alpha = 0,81$ $\beta = 0,10$	$m = 2$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$	$m = 2$ $\alpha = 0,65$ $\beta = 0,10$	$m = 3$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$	$m = 3$ $\alpha = 0,58$ $\beta = 0,10$
MAE	63.316	49.169	84.943	50.931	113.214	59.104
MAPE	0,06	0,05	0,08	0,05	0,11	0,06
RMSE	91.195	75.397	106.917	80.063	130.832	87.766

Tabela 5.4 – Medidas de erro da empresa A – Suavização Exponencial de Holt
Fonte: O autor

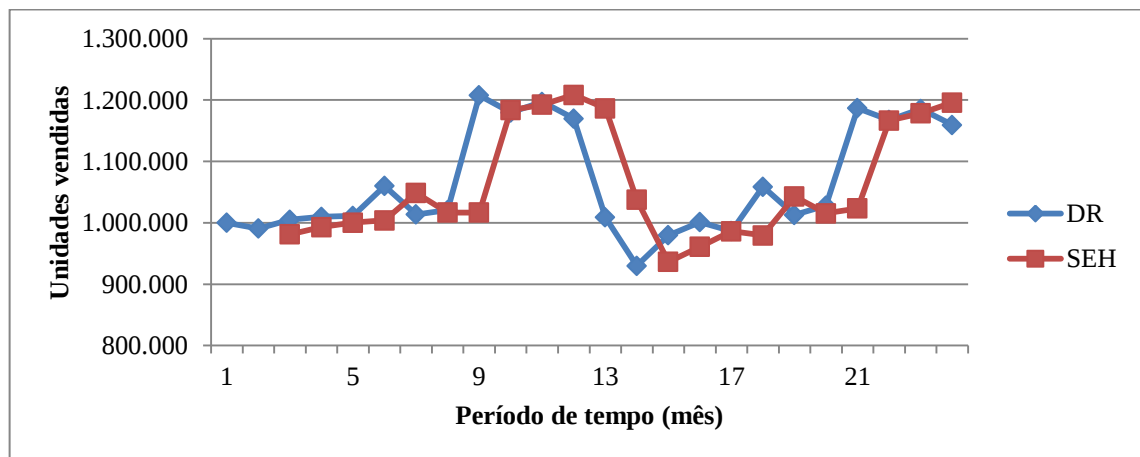


Figura 5.4 – Demanda real e prevista da empresa A – Suavização Exponencial de Holt
Fonte: O autor

5.1.5 Suavização Exponencial de Holt-Winters

Este método, conforme apresentado na revisão bibliográfica, apresenta dois modelos distintos, o aditivo e o multiplicativo. Eles consideram que há nível, tendência e sazonalidade na série.

Inicialmente foram realizados testes para diferentes números de períodos por ciclo sazonal (s). Após a comparação dos erros gerados por estes testes, $s = 12$ se mostrou o mais ajustado à demanda da empresa. Isto porque o padrão da demanda se repete ano a ano. A série apresenta uma estabilidade nos primeiros meses dos dois anos e uma elevação nas vendas apenas nos últimos quatro meses, o que caracteriza padrão sazonal anual.

Em seguida, novos testes foram realizados, neste momento, com a variação de m , α , β e γ , objetivando encontrar os valores que incorrem em um menor erro. E nos dois casos, aditivo e multiplicativo, as previsões que incorreram em menor erro foram as feitas com o menor m entre os testados (tabelas 5.5 e 5.6).

5.1.5.1 Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditiva

A tabela 5.5 apresenta as medidas de erro dos testes realizados para este método com os melhores resultados em negrito.

O melhor ajuste foi encontrado para o teste realizado com os seguintes parâmetros, $m = 1$, $\alpha = 0,81$, $\beta = 0,10$ e $\gamma = 0,50$. E a demanda resultante da previsão com estes parâmetros está plotada na figura 6.5, bem como a demanda real.

	$m = 1$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$ $\gamma = 0,50$	$m = 1$ $\alpha = 0,81$ $\beta = 0,10$ $\gamma = 0,50$	$m = 2$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$ $\gamma = 0,50$	$m = 2$ $\alpha = 0,75$ $\beta = 0,10$ $\gamma = 0,50$
MAE	56.712	46.726	74.947	49.495
MAPE	0,05	0,04	0,07	0,05
RMSE	69.013	64.376	81.497	66.684

Tabela 5.5 – Medidas de erro da empresa A – Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditiva
Fonte: O autor

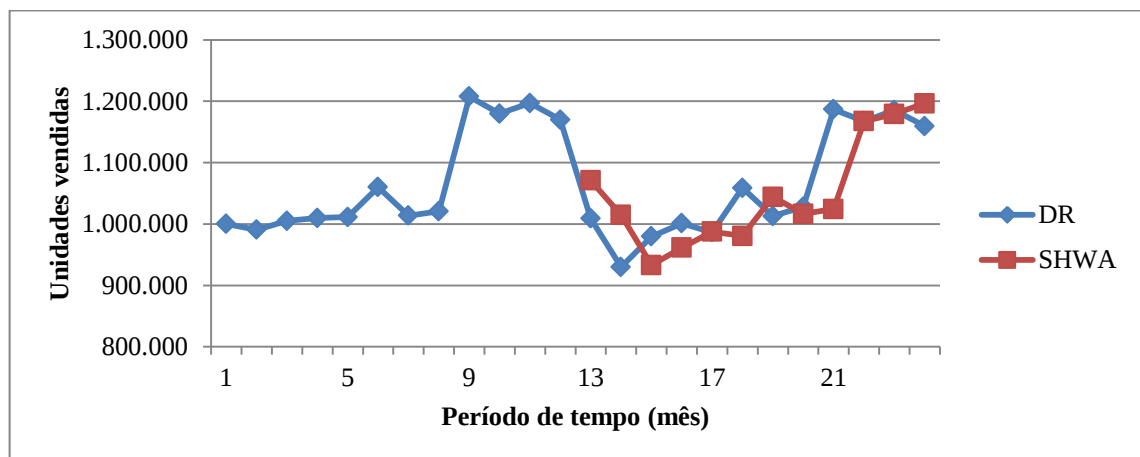


Figura 5.5 – Demanda real e prevista da empresa A – Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditiva
Fonte: O autor

5.1.5.2 Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativa

Os resultados dos testes realizados com a variação dos parâmetros são exibidos na tabela 5.6, em negrito estão os melhores resultados das medidas de erro encontrados para os parâmetros: $m = 1$, $\alpha = 0,38$, $\beta = 0,10$ e $\gamma = 0,50$. A demanda resultante da previsão para estes parâmetros e a demanda observada estão plotadas na figura 5.6.

	$m = 1$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$ $\gamma = 0,50$	$m = 1$ $\alpha = 0,38$ $\beta = 0,10$ $\gamma = 0,50$	$m = 2$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$ $\gamma = 0,50$	$m = 2$ $\alpha = 0,10$ $\beta = 0,10$ $\gamma = 0,50$
MAE	18.977	14.733	22.058	16.055
MAPE	0,02	0,01	0,02	0,02
RMSE	26.711	22.508	30.839	21.465

Tabela 5.6 – Medidas de erro da empresa A – Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativa
Fonte: O autor

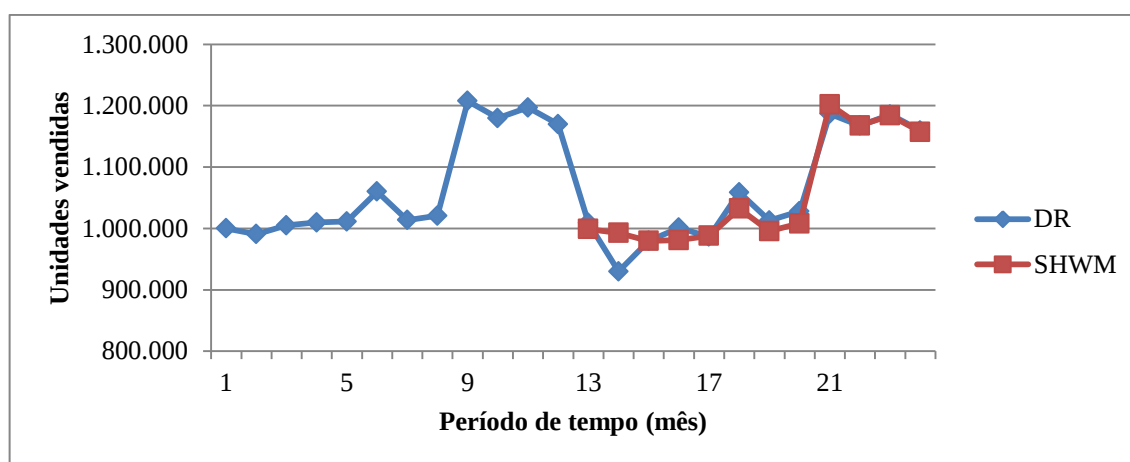


Figura 5.6 – Demanda real e prevista da empresa A – Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativa
Fonte: O autor

Como pode ser concluído através da comparação das tabelas 5.5 e 5.6, o modelo multiplicativo se ajustou melhor a demanda da empresa em relação ao aditivo. Isto ocorreu devido às pequenas variações encontradas na amplitude sazonal.

5.1.6 Comparação dos resultados

Este subitem apresenta a comparação entre os resultados das menores medidas de erro dos métodos aplicados à empresa A (tabela 5.7), visando identificar o método mais adequado para a empresa. Em negrito os melhores resultados para cada critério (medidas de acurácia).

O método de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo foi o que apresentou maior capacidade preditiva para a situação em estudo entre os métodos aplicados, corroborando com a sugestão de método encontrada na metodologia de Lemos (2006), segundo a qual foi sugerido o método de Suavização Exponencial de Holt-Winters, de acordo com as características da empresa e os dados disponibilizados. Como citado anteriormente, este método é composto por dois modelos com características distintas.

	MM	MMP	SES	SEH	SHWA	SHWM
	m = 2	m = 2 $p_1 = 0,15$ $p_2 = 0,85$	$F_t =$ $(1/2)*(Y_1$ $+ Y_2)$ $\alpha = 0,85$	m = 1 $\alpha = 0,81$ $\beta = 0,10$	m = 1 $\alpha = 0,81$ $\beta = 0,1$ $\gamma = 0,5$	m = 1 $\alpha = 0,38$ $\beta = 0,1$ $\gamma = 0,5$
MAE	50.882	45.423	43.974	49.169	46.726	14.733
MAPE	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,01
RMSE	79.347	71.806	70.059	75.397	64.376	22.508

Tabela 5.7 – Medidas de erro da empresa A – Comparação entre os métodos

Fonte: O autor

Com a aplicação dos métodos e a comparação dos resultados, foi possível identificar as diferenças entre eles. O modelo multiplicativo responde mais rapidamente a demanda. Desta maneira, para a série em estudo apresentou um ajuste superior ao aditivo.

A razão para esta resposta mais rápida advém da capacidade do modelo de considerar as variações existentes ao longo do tempo. Segundo Morettin & Toloi (2006), ele é indicado para casos onde a diferença entre o maior e o menor ponto da série nos ciclos varia com o tempo.

Os demais métodos resultaram em medidas de erro próximas entre si, ressaltando a dificuldade que eles apresentam em responder mais rapidamente às oscilações da demanda.

5.1.7 Validação do método de previsão

Na tabela 5.8 as previsões para os últimos quatro meses da série gerados pelos três métodos que apresentaram menores erros de previsão (tabela 5.7) são apresentadas, com os valores mais próximos da demanda real realçados em negrito. Em seguida, estes valores são exibidos na figura 5.7 para a melhor visualização do comportamento dos métodos. A partir de uma análise da figura 5.7 é possível verificar a capacidade de ajuste do método SHWM.

A tabela 5.9 exhibe as medidas de acurácia de cada um dos três métodos aplicados apenas para os últimos quatro meses da série. E corroborando com os resultados da seção de comparação entre os métodos (5.1.6), na qual o método SHWM foi identificado como o método que gerou resultados mais ajustados aos valores observados. Desta maneira, o método de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo é o método indicado, com base na série estudada para implementação na empresa. Entretanto é importante salientar que os resultados das previsões devem ser acompanhados periodicamente, visto que alterações na demanda ao longo do tempo podem tornar o método inadequado.

	DR	MMP	SES	SHWM
Jan/16	1.018.053	1.163.280	1.162.863	992.513
Fev/16	951.503	1.039.212	1.039.775	970.583
Mar/16	980.216	961.467	964.744	997.068
Abr/16	1.002.362	975.917	977.895	1.000.496

Tabela 5.8 – Demanda real e previsão para os últimos quatro meses da empresa A

Fonte: O autor

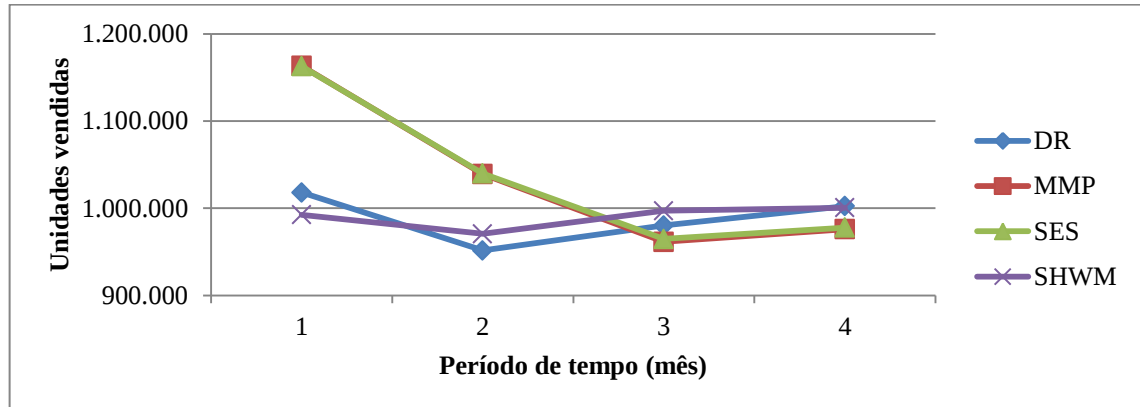


Figura 5.7 – Demanda real e prevista para os últimos quatros meses da série da empresa A

Fonte: O autor

	MMP	SES	SHWM
	$m = 2$ $p_1 = 0,15$ $p_2 = 0,85$	$F_t = (1/2) * (Y_1 + Y_2)$ $\alpha = 0,85$	$m = 1$ $\alpha = 0,38$ $\beta = 0,10$ $\gamma = 0,50$
MAE	69.532	68.255	15.834
MAPE	0,07	0,07	0,02
RMSE	86.363	86.023	18.054

Tabela 5.9 – Medidas de erro dos últimos quatro meses da empresa A

Fonte: O autor

5.2 Resultados da empresa B

De acordo com as características da empresa e a metodologia de Lemos (2006), o método de Suavização Exponencial de Holt-Winters foi sugerido como o mais adequado. No entanto, para confirmação do melhor ajuste deste método a série histórica da empresa B, foram aplicados os métodos quantitativos: Média Móvel, Média Móvel Ponderada, Suavização Exponencial Simples, de Holt e de Holt-Winters.

Para cada um dos quais foram realizados testes alterando seus parâmetros, visando identificar o melhor ajuste a demanda observada. Ao final dos testes, as melhores medidas de erro foram comparadas para a identificação dos três métodos mais ajustados. Em seguida, foi realizada a validação dos métodos com os três métodos identificados na etapa na seção 5.2.6.

5.2.1 Média Móvel

Foram realizados testes para diferentes valores de m , objetivando identificar qual deles é capaz de gerar um menor desvio entre a demanda observada e a prevista. Na tabela 5.10 os resultados das medidas de acurácia podem ser visualizados, com as menores medidas realçadas em negrito.

Diferentemente do que ocorreu na empresa A, o menor valor de m não foi o que apresentou medidas de erros menores. O menor valor de MAE foi encontrado para $m = 2$ e o MAPE e o RMSE menores foram encontrados para $m = 4$.

	m = 2	m = 3	m = 4
MAE	5.310	5.417	5.367
MAPE	0,46	0,46	0,45
RMSE	6.314	6.077	5.794

Tabela 5.10 – Medidas de erro da empresa B – Média Móvel

Fonte: O autor

Entretanto, a partir da análise da figura 5.8, que ilustra a demanda real e as duas situações, demanda prevista com $m = 2$ e $m = 4$, é perceptível que o melhor ajuste a demanda observada é encontrado para $m = 2$. Haja vista que as previsões geradas com $m = 4$ foram levadas para a média na maior parte dos meses enquanto as geradas por $m = 2$ acompanharam as variações ocorridas ao longo dos meses, mesmo que de maneira lenta. Além disso, os valores das medidas de erro não são muito distantes entre si. Sendo assim, o m considerado como mais ajustado e utilizado para a comparação entre os métodos posteriormente é o $m = 2$.

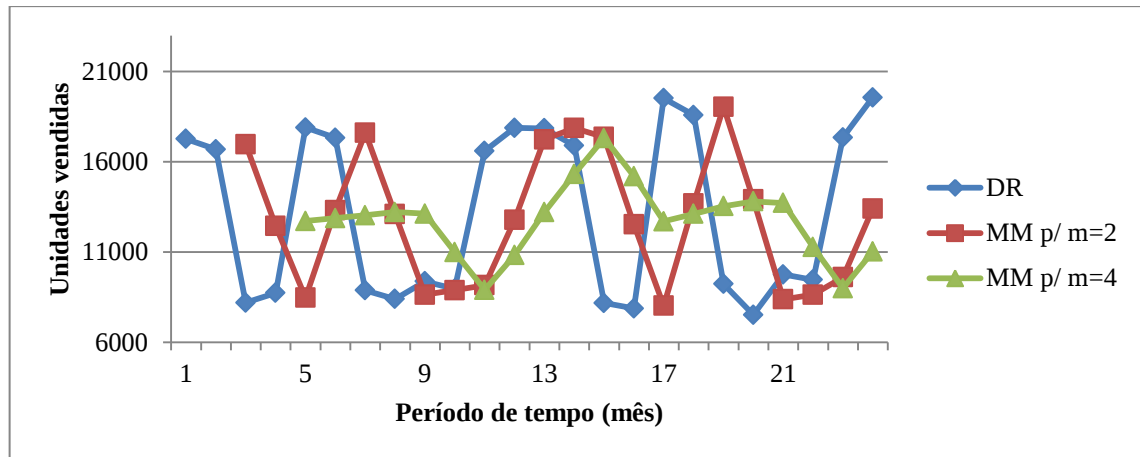


Figura 5.8 – Demanda real e prevista da empresa B – Média Móvel
Fonte: O autor

5.2.2 Média Móvel Ponderada

Os testes para este método foram feitos com a variação de m e dos pesos p_i . Os valores iniciais utilizados para os testes foram $m = 2$, $p_1 = 0,20$ e $p_2 = 0,80$. O procedimento de minimização de erro foi aplicado. Posteriormente, o teste foi refeito para diferentes valores de m e p_i . A tabela 5.11, exibe as medidas de erro geradas para cada um dos testes realizados neste método. Os melhores resultados encontrados a partir dos testes estão em negrito, com seguintes parâmetros: $m = 3$, $p_1 = 0,04$, $p_2 = 0,00$ e $p_3 = 0,96$.

A figura 5.9 apresenta a demanda real e a prevista plotadas no gráfico. A prevista é resultante do teste que proporcionou o melhor ajuste a demanda real.

	m = 2 $p_1 = 0,20$ $p_2 = 0,80$	m = 2 $p_1 = 0,00$ $p_2 = 1,00$	m = 3 $p_1 = 0,10$ $p_2 = 0,30$ $p_3 = 0,60$	m = 3 $p_1 = 0,06$ $p_2 = 0,00$ $p_3 = 0,94$	m = 4 $p_1 = 0,10$ $p_2 = 0,20$ $p_3 = 0,30$ $p_4 = 0,40$	m = 4 $p_1 = 0,07$ $p_2 = 0,05$ $p_3 = 0,00$ $p_4 = 0,88$
MAE	4.291	3.830	4.580	3.515	5.019	3.642
MAPE	0,37	0,33	0,38	0,29	0,42	0,30
RMSE	5.682	5.498	5.634	5.158	5.718	5.168

Tabela 5.11 – Medidas de erro da empresa B – Média Móvel Ponderada
Fonte: O autor

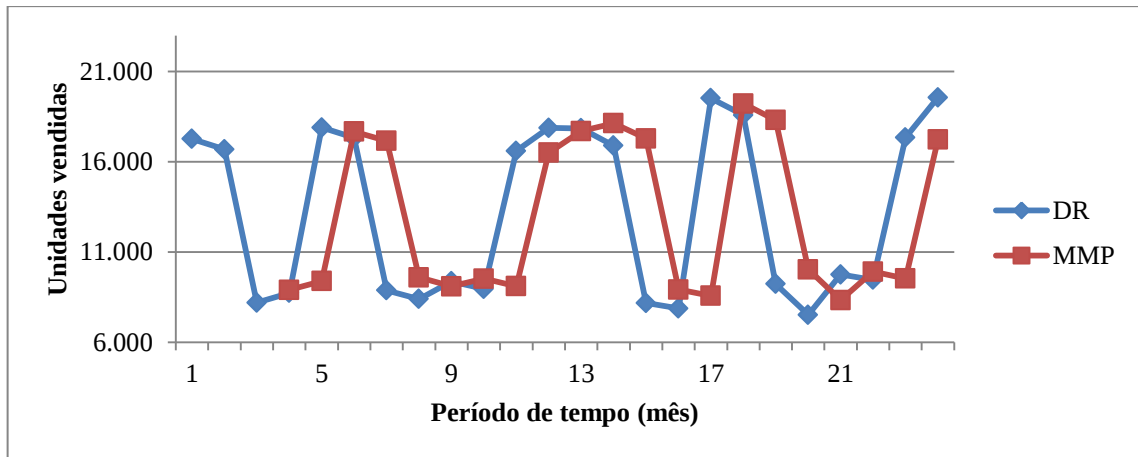


Figura 5.9 – Demanda real e prevista da empresa B – Média Móvel Ponderada
Fonte: O autor

5.2.3 Suavização Exponencial Simples

Os testes foram realizados com a variação de F_t e α , de maneira semelhante à empresa A. Novamente o método de minimização de erro foi aplicado, visando encontrar o valor ótimo de α . Os resultados das medidas erro são apresentados na tabela 5.12, com as menores medidas em negrito. Os parâmetros que geraram o menor erro foram: $\alpha = 0,90$ e F_t calculado como a média dos últimos três períodos.

O comportamento da demanda prevista por este método calculada com os parâmetros que geraram o melhor resultado é apresentada na figura 5.10, bem como a demanda real da empresa.

	$F_t = (1/2)*(Y_1 + Y_2)$ $\alpha = 0,50$	$F_t = (1/2)*(Y_1 + Y_2)$ $\alpha = 0,90$	$F_t = (1/3)*(Y_1 + Y_2 + Y_3)$ $\alpha = 0,50$	$F_t = (1/3)*(Y_1 + Y_2 + Y_3)$ $\alpha = 0,90$
MAE	4.549	3.792	4.535	3.778
MAPE	0,40	0,33	0,39	0,33
RMSE	5.420	5.413	5.374	5.410

Tabela 5.12 – Medidas de erro da empresa B – Suavização Exponencial Simples
Fonte: O autor

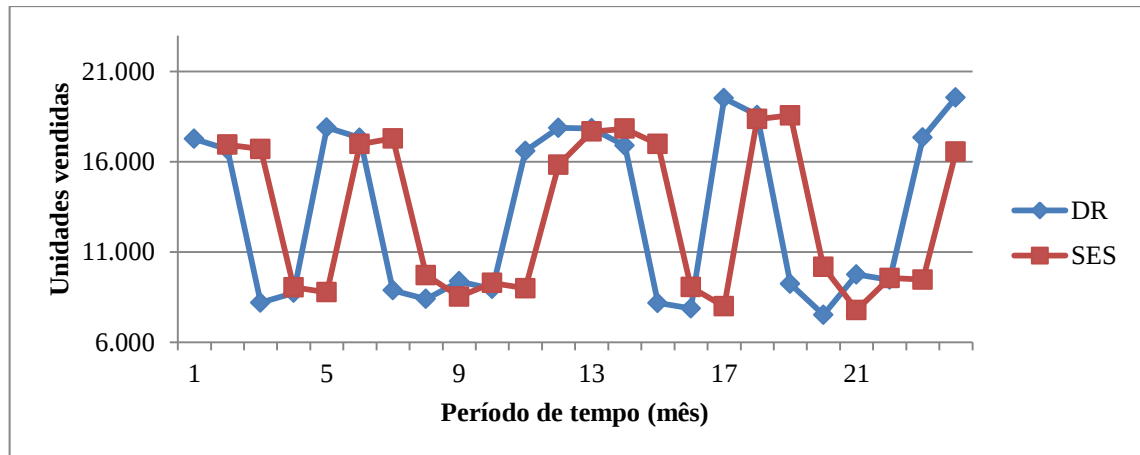


Figura 5.10 – Demanda real e prevista da empresa B – Suavização Exponencial Simples
Fonte: O autor

5.2.4 Suavização Exponencial de Holt

Os testes para este método foram feitos modificando os valores de m , α e β , visando o menor erro. A tabela 5.13 apresenta as medidas de erro encontradas para cada um dos testes realizados, com os melhores resultados realçados em negrito.

A partir da análise da figura 5.11 é possível verificar o ajuste alcançado com este método e os parâmetros que geraram os menores erros de previsão, estes parâmetros foram: $m = 1$, $\alpha = 0,49$ e $\beta = 0,18$.

	$m = 1$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$	$m = 1$ $\alpha = 0,49$ $\beta = 0,18$	$m = 2$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$	$m = 2$ $\alpha = 0,40$ $\beta = 0,27$	$m = 3$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$	$m = 3$ $\alpha = 0,39$ $\beta = 0,23$
MAE	5.505	5.037	6.358	5.535	7.211	6.181
MAPE	0,46	0,40	0,52	0,44	0,59	0,49
RMSE	6.678	6.205	7.642	6.938	8.869	7.753

Tabela 5.13 – Medidas de erro da empresa B – Suavização Exponencial de Holt
Fonte: O autor

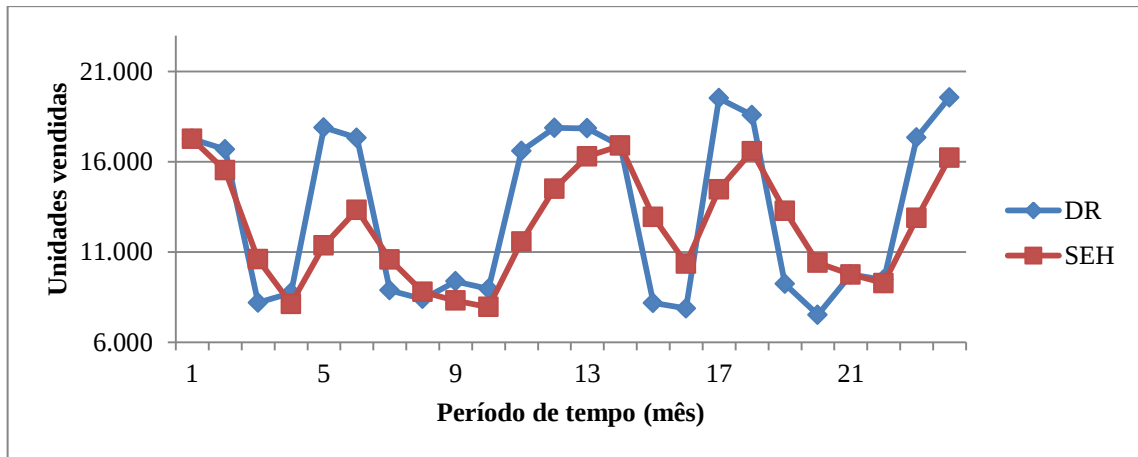


Figura 5.11 – Demanda real e prevista da empresa B – Suavização Exponencial de Holt
Fonte: O autor

5.2.5 Suavização Exponencial de Holt-Winters

Os dois modelos de SEHW, o aditivo e o multiplicativo foram testados inicialmente com a variação de s , de modo que o valor de s ótimo encontrado foi 12. A razão para isto é que a série não apresenta ciclos sazonais de tamanhos padrões entre os meses, ou seja, seus ciclos são de 2 e 4 meses. Desta maneira, o padrão sazonal se repete anualmente. Posteriormente os testes foram feitos com a variação de m , α , β e γ .

5.2.5.1 Aditiva

Os resultados das medidas de erro dos testes realizados para este método são exibidos na tabela 5.14. Em negrito os melhores resultados encontrados nos testes.

A melhor adequação a demanda da empresa foi encontrada para o teste realizado com os seguintes parâmetros: $m = 1$, $\alpha = 0,90$, $\beta = 0,01$ e $\gamma = 0,50$. Para visualização do comportamento da previsão, ela está plotada na figura 5.12, bem como a série histórica da empresa.

	$m = 1$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$ $\gamma = 0,50$	$m = 1$ $\alpha = 0,90$ $\beta = 0,01$ $\gamma = 0,50$	$m = 2$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$ $\gamma = 0,50$	$m = 2$ $\alpha = 1,00$ $\beta = 0,00$ $\gamma = 0,26$
MAE	5.730	4.505	6.308	4.706
MAPE	0,48	0,37	0,53	0,39
RMSE	6.760	6.055	7.506	6.304

Tabela 5.14 – Medidas de erro da empresa B – Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditiva
Fonte: O autor

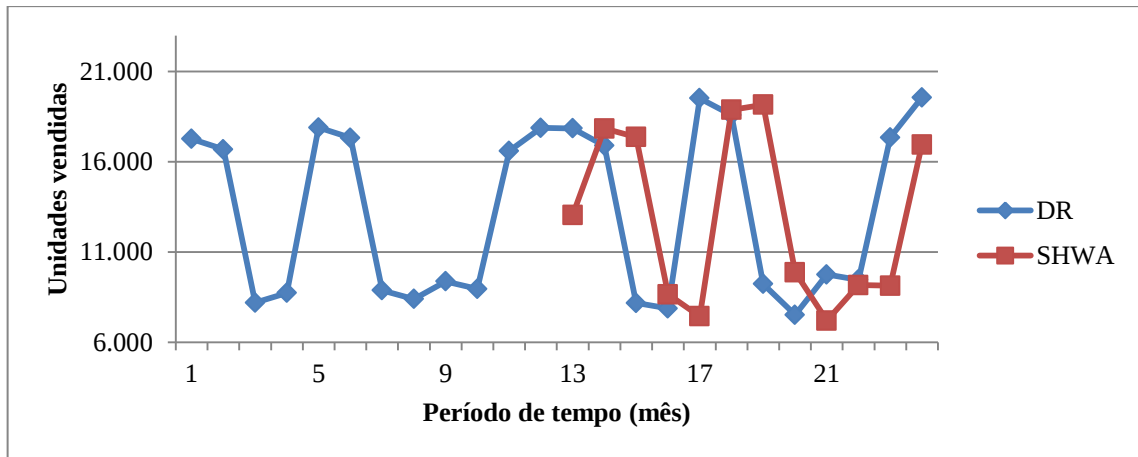


Figura 5.12 – Demanda real e prevista da empresa B – Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditiva
Fonte: O autor

5.2.5.2 Multiplicativa

A tabela 5.15 apresenta os resultados dos testes realizados com a variação dos seus parâmetros, estão realçados em negrito os menores resultados das medidas de erro encontrados para os parâmetros: $m = 2$, $\alpha = 0,01$, $\beta = 0,01$ e $\gamma = 0,50$.

A demanda resultante da previsão com os parâmetros que geraram os menores erros e a demanda observada estão plotadas na figura 5.13.

	m = 1 $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$ $\gamma = 0,50$	m = 1 $\alpha = 0,01$ $\beta = 0,01$ $\gamma = 0,50$	m = 2 $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,50$ $\gamma = 0,50$	m = 2 $\alpha = 0,01$ $\beta = 0,01$ $\gamma = 0,50$
MAE	826	605	891	583
MAPE	0,07	0,05	0,07	0,05
RMSE	1.099	775	1.235	759

Tabela 5.15 – Medidas de erro da empresa B – Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativa
Fonte: O autor

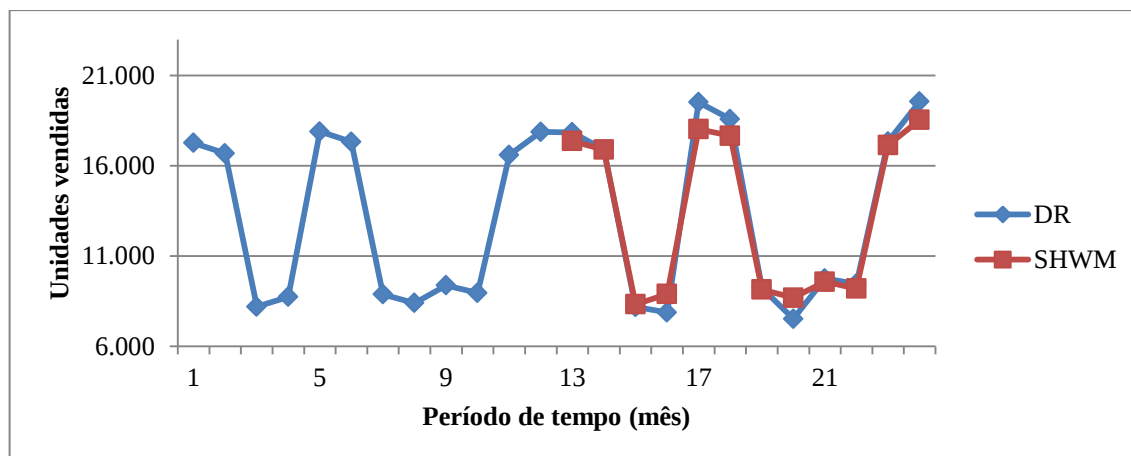


Figura 5.13 – Demanda real e prevista da empresa B – Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativa
Fonte: O autor

5.2.6 Comparação dos resultados

Nesta seção são apresentados os resultados das melhores medidas de erro encontradas em cada método aplicado à empresa B para a comparação entre eles e identificação dos três métodos que apresentaram os melhores resultados.

	MM	MMP	SES	SEH	SHWA	SHWM
	m = 2	m = 3 p ₁ = 0,06 p ₂ = 0,00 p ₃ = 0,94	F _t = (1/3)*(Y ₁ + Y ₂ + Y ₃) α = 0,90	m = 1 α = 0,49 β = 0,18	m = 1 α = 0,90 β = 0,01 γ = 0,50	m = 2 α = 0,01 β = 0,01 γ = 0,50
MAE	5.310	3.515	3.778	5.037	4.505	583
MAPE	0,46	0,29	0,33	0,40	0,37	0,05
RMSE	6.314	5.158	5.410	6.205	6.055	759

Tabela 5.16 – Medidas de erro da empresa B – Comparação entre os métodos

Fonte: O autor

O método de suavização exponencial de Holt-Winters multiplicativo gerou resultados mais ajustados (tabela 5.16) à demanda observada da empresa B. Corroborando, assim como a empresa A, com a sugestão de método encontrada na metodologia de Lemos (2006).

O modelo multiplicativo apresentou maior capacidade preditiva e de resposta rápida à demanda. Isto porque, este modelo considera as variações ocorridas ao longo do tempo.

As medidas de erro dos demais métodos apresentaram resultados próximos entre si, o que confirma a menor capacidade dos mesmos em responder rapidamente as oscilações da demanda.

5.2.7 Validação

São apresentados a seguir os resultados da aplicação dos três métodos com os parâmetros que geraram os menores erros de previsão encontrados na comparação dos resultados da aplicação na empresa B.

Novamente o método SHWM gerou resultados muito próximos aos valores da demanda real (tabela 5.17), confirmando desta forma sua maior capacidade preditiva para os dados da empresa estudada e sendo apresentado com o método indicado para a empresa.

A confirmação do melhor ajuste do método SHWM pode ser visualizada na tabela 5.18, na qual se verifica que as medidas de erro deste método são inferiores aos demais.

A figura 5.14 exibe o comportamento da demanda para cada um dos três métodos utilizados para a validação dos métodos.

	DR	MMP	SES	SHWM
Jan/16	17.567	19.355	19.269	18.343
Fev/16	18.495	17.905	17.737	17.483
Mar/16	9.213	18.929	18.419	8.609
Abr/16	8.850	9.899	10.134	8.878
Mai/16	16.892	9.606	8.978	19.964
Jun/16	19.350	16.769	16.101	18.821

Tabela 5.17 – Demanda real e previsão para os últimos seis meses da empresa B

Fonte: O autor

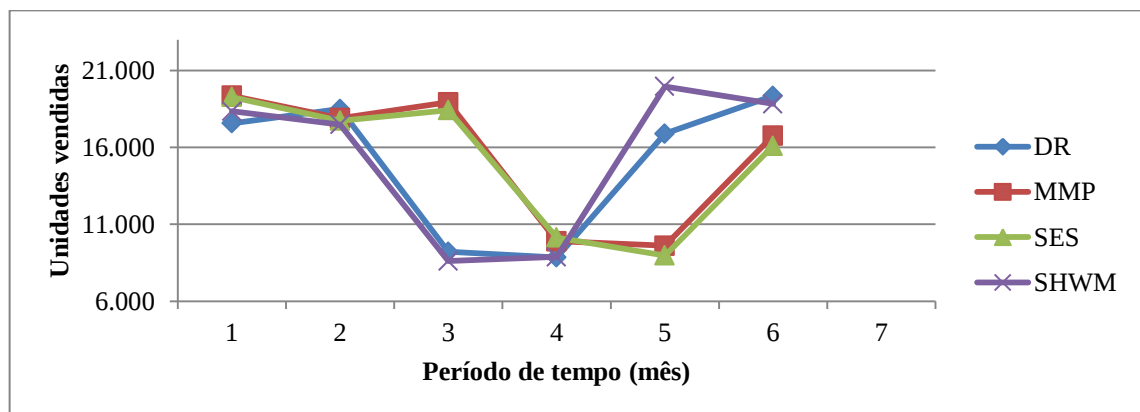


Figura 5.14 – Demanda real e prevista para os últimos seis meses da série da empresa B

Fonte: O autor

	MMP	SES	SHWM
	$m = 3$ $p_1 = 0,06$ $p_2 = 0,00$ $p_3 = 0,94$	$F_t = (1/3)*(Y_1 + Y_2 + Y_3)$ $\alpha = 0,90$	$m = 2$ $\alpha = 0,01$ $\beta = 0,01$ $\gamma = 0,50$
MAE	3.835	4.019	1.004
MAPE	0,31	0,32	0,06
RMSE	5.145	5.213	1.397

Tabela 5.18 – Medidas de erro dos últimos seis meses da empresa B

Fonte: O autor

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como mencionado anteriormente, as empresas estudadas não realizam previsão de demanda, elas produzem de acordo com os pedidos recebidos pelo setor de vendas. Considerando este fato e a importância das previsões para o planejamento empresarial, o objetivo geral do presente trabalho foi identificar o método de previsão com maior aderência para cada uma das séries históricas em estudo, ou seja, o método que gera previsões com um menor erro.

As empresas veem alcançando bons resultados com esta política de produção. Entretanto, uma geração de previsões acuradas auxilia as empresas, independente de seu porte e setor, no seu planejamento empresarial, haja vista que com base nela é possível se antecipar a demanda dos clientes, tornando possível uma melhor preparação para o recebimento das demandas.

O objetivo do trabalho foi alcançado, visto que após a aplicação dos métodos e a comparação entre eles, realizada com base nas medidas de acurácia, que foram os critérios estabelecidos para esta comparação, o método de Suavização Exponencial de Holt-Winters Multiplicativo foi identificado nos dois casos como o que apresentou as menores medidas de erro na fase de inicialização dos métodos e novamente na validação dos mesmos, se apresentando como o método com maior capacidade preditiva.

O SHWM gerou resultados consideráveis, medidas de erro que podem ser consideradas relativamente pequenas em relação ao número de peças produzidas pelas empresas. Reforçando, deste modo, a contribuição que este método pode proporcioná-las, se implementado do modo correto e com dados confiáveis, que condizem com a realidade. No entanto, ainda que estes resultados se mostrem satisfatórios, o processo de previsão é cíclico e dinâmico. Sendo assim, as verificações de erro periodicamente são indispensáveis. Visto que, mudanças na demanda, inerentes ao dia-a-dia das empresas, podem tornar este método menos ajustado. O que pode representar a necessidade da busca por outro método.

Além disso, é importante observar no caso da empresa A que embora os demais métodos tenham gerado previsões menos ajustadas aos dados observados, não devem ser descartados, haja vista que os valores das suas medidas de erro, embora maiores que as do SHWM, são pequenas comparados ao volume de peças produzido por ela e ainda, o método de média móvel ponderada, o que apresentou como os terceiros melhores resultados, se apresenta como um método de fácil entendimento e aplicação, podendo ser utilizado sem grandes prejuízos caso a empresa não deseje investir em um modelo de previsão de demanda

mais elaborado. Entretanto o mesmo não ocorre com a empresa B. Os erros encontrados trazem um impacto maior, visto que a sua demanda varia em torno de 8 mil e 19 mil peças.

A aplicação dos métodos corroborou com os conceitos citados na revisão bibliográfica, quanto a melhor adequação dos métodos que consideram tendência e sazonalidade a séries históricas que apresentam estas características e com a metodologia de Lemos (2006). Além disso, foi possível verificar as variações ocorridas nas aplicações dos métodos a partir de pequenas alterações em seus parâmetros.

Como sugestão para trabalhos futuros sugere-se o levantamento de uma base de dados maior, com mais componentes, que permita a aplicação do método de Box-Jenkins. Visto que de acordo com as características das empresas e com o fluxograma de seleção, este seria indicado para as duas, caso não houvesse limitação dos recursos para implementação.

Sugere-se também a inclusão de fatores subjetivos para a integração entre métodos quantitativos e qualitativos, uma vez que esta integração de acordo com a literatura apresenta previsões mais acuradas quando comparadas com as previsões que utilizam apenas métodos quantitativos ou qualitativos.

Bem como o desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie as empresas no momento da implementação e seleção de métodos de previsão de demanda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, J. S. **Principles of Forecasting: a Handbook for Researchers and Practitioners**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.

ARNOLD, J. R. T. **Administração de Materiais: uma introdução**. São Paulo: Atlas, 1999.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos / logística empresarial**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOWERMAN, B. L.; O'CONNELL, R. T. **Time series forecasting**. Boston: Duxbury Press, 1987.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time Series Analysis, Forecasting and Control**. San Francisco: Holden-Day, 1970.

CARBONE, R.; ARMSTRONG, J. S. Evaluation of Extrapolative Forecasting Methods: Results of a Survey of Academicians and Practitioners. **Journal of Forecasting**, v. 1, n. 2, p. 215-217, 1982.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, planejamento e operações**. 4 ed. São Paulo: Pearson, 2011.

DEMIRTAS, E. A.; ANAGÜN, A. S. Forecasting Method Selection for Capacity Planning in Service Systems, **Eskisehir Osmangazi University Journal da Faculdade de Engenharia e Arquitetura**, v. 20, n. 1, p. 137-150, 2007.

DIAS, M. A. R. **Administração de materiais: uma abordagem logística**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

FERNANDES, F.; ANZANELLO, M.; MIORANDO, R. F. **Integração de métodos quantitativos e qualitativos para previsão de demanda no setor de autopeças**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 31, Belo Horizonte, 2011.

GONÇALVES, P. S. **Administração de Materiais**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

HIGUCHI, A. K. A previsão de demanda de produtos alimentícios perecíveis: três estudos de caso. **REA-Revista Eletrônica de Administração**. v. 5, n. 2, p. 1-15, 2006.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. (2012). *Forecasting: principles and practice*. Disponível em: <<https://www.otexts.org/fpp/>>. Acesso em: 26 de setembro de 2016.

JACOBS, W. **Modelos de suavização exponencial, ARIMA e redes neurais artificiais: um estudo comparativo para a previsão de demanda de produtos**. 2011. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2011.

JARDINI, P. H. R. **Previsão de demanda em uma rede de varejo de eletrodoméstico como apoio ao gerenciamento de estoque**. 2010. 59 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

KAHN, K. B. Benchmarking sales forecasting performance measures. **The Journal of Business Forecasting Methods & Systems**, v. 17, n. 4, p. 19-23, 1998.

KOTLER, P. KELLER, K. L. **Administração de Marketing: A Bíblia do Marketing**. 12 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2006.

LEMOS, F. O. **Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda**. 2006. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

LIN, T. Y. Estudo de modelos de previsão de demanda. Núcleo de Pesquisas e Publicações da FGV-EAESP, 2000.

LYNN, G.; SCHNAARS, S.; SKOV, R. Survey of New Product Forecasting Practices in Industrial High Technology and Low Technology Businesses. **Industrial Marketing Management**. v. 28, n. 6, p. 565-571, 1999.

MANCUZO, F. **Análise e previsão de demanda: Estudo de caso em uma empresa distribuidora de rolamentos**. 2003. 142 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia – Ênfase em Logística) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2002.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

PELLEGRINI, F. R. **Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda**. 2000. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PELLEGRINI, F. R; FOGLIATTO, F. S. Passos para implementação de sistemas de previsões de demanda: Técnicas e estudo de caso. **Revista Produção**. v. 11, n. 1, p. 43-64, 2001.

RODRIGUES, E.; PINHEIRO, M. A. S. Tecnologia da Informação e Mudanças Organizacionais. **Revista de Informática Aplicada**, v. 1, n. 2, p. 101-112, 2005.

ROWE, G.; WRIGHT, G. **Expert Opinions in Forecasting**: the Role of the Delphi Technique. In: ARMSTRONG, J. S. *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.

SAMOHYL, R. W.; SOUZA, G.; MIRANDA, R. **Métodos Simplificados de Previsão Empresarial**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

STAUDT, F. H.; GONÇALVES, M. B.; RODRIGUEZ, C. M. T. Procedimento para implantar um modelo de previsão de demanda com incorporação de julgamento de especialistas. **Production**, v. 26, n. 2, p. 459-475, 2016.

TERENCE, A. C. F.; ESCRIVÃO FILHO, E. **As particularidades das pequenas empresas no planejamento estratégico**: a elaboração de um roteiro prático. Encontro de Estudos sobre Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas, v. 2, Londrina, 2001.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção**: Teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2008.

WERNER, L. **Um modelo composto para realizar previsão de demanda através da integração de combinação de previsões e do ajuste baseado na opinião.** 2004. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

APÊNDICE A

Série histórica da demanda observada de janeiro de 2014 a abril de 2016 da empresa A

Meses	Demanda
Jan/14	1.000.000
Fev/14	990.650
Mar/14	1.005.059
Abr/14	1.009.659
Mai/14	1.011.325
Jun/14	1.059.911
Jul/14	1.013.698
Ago/14	1.020.693
Set/14	1.207.698
Out/14	1.179.698
Nov/14	1.196.985
Dez/14	1.169.876
Jan/15	1.009.000
Fev/15	929.864
Mar/15	979.659
Abr/15	1.000.986
Mai/15	986.548
Jun/15	1.058.699
Jul/15	1.012.784
Ago/15	1.027.945
Set/15	1.186.658
Out/15	1.167.368
Nov/15	1.185.487
Dez/15	1.159.369
Jan/16	1.018.053
Fev/16	951.503
Mar/16	980.216
Abr/16	1.002.362

APÊNDICE B

Série histórica da demanda observada de janeiro de 2014 a junho de 2016 da empresa B

Meses	Demanda
Jan/14	17.271
Fev/14	16.690
Mar/14	8.202
Abr/14	8.741
Mai/14	17.900
Jun/14	17.330
Jul/14	8.885
Ago/14	8.403
Set/14	9.376
Out/14	8.964
Nov/14	16.606
Dez/14	17.880
Jan/15	17.860
Fev/15	16.896
Mar/15	8.182
Abr/15	7.880
Mai/15	19.522
Jun/15	18.592
Jul/15	9.240
Ago/15	7.525
Set/15	9.759
Out/15	9.467
Nov/15	17.347
Dez/15	19.570
Jan/16	17.567
Fev/16	18.495
Mar/16	9.213
Abr/16	8.850
Mai/16	16.892
Jun/16	19.350

