UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

JULIA SCREMIN DA SILVA

ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO-MESTRE DA PRODUÇÃO PARA TRÊS PRODUTOS DE MAIOR DEMANDA EM INDÚSTRIA QUÍMICA

Tubarão

2017

JULIA SCREMIN DA SILVA

ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO-MESTRE DA PRODUÇÃO PARA TRÊS PRODUTOS DE MAIOR DEMANDA EM INDÚSTRIA QUÍMICA

Relatório Técnico/Científico apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Marcelino Mazzucco.

Tubarão

2017

JULIA SCREMIN DA SILVA

ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO-MESTRE DA PRODUÇÃO PARA TRÊS PRODUTOS DE MAIOR DEMANDA EM INDÚSTRIA QUÍMICA

Relatório Técnico/Científico de Estágio Supervisionado julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 22 de junho de 2017.

Professor e orientador Marcos Marcelino Mazzucco, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Profª. Maria Lúcia Soares Cochlar, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Alessandro de Oliveira Limas, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado forças e saúde para enfrentar todos as dificuldades.

À minha família que esteve sempre presente me apoiando, auxiliando e me dando forças para sempre seguir adiante.

Ao meu orientador professor Marcos Marcelino Mazzucco e ao professor Gilson Rocha Reynaldo pela orientação e ajuda que me foram dadas na elaboração deste relatório. A todos os professores pelos ensinamentos transmitidos nesses anos.

À minha supervisora de estágio, Maria Aparecida, e ao Senhor José Natal de Costa pela oportunidade concedida e seus ensinamentos diários.

Aos meus colegas de estágio pela receptividade, e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (ARTHUR SCHOPENHAUER).

RESUMO

Planejar e controlar a produção são indispensáveis para qualquer empresa. Sem eles a produção não saberá o quanto, quando e como produzir. Outros setores da empresa, como financeiro, compras e vendas, não terão o conhecimento dos produtos em estoque, matérias-primas disponíveis ou necessárias para compra e o controle da qualidade ser defasado. Na área de planejamento tem-se o planejamento-mestre da produção ou plano-mestre da produção que através de previsões de demanda obtêm dados de quando e quanto produzir de determinado produto. O presente relatório abordará a elaboração do plano-mestre da produção para uma indústria de produtos químicos localizada no sul de Santa Catarina. A empresa não possui planejamento de produção definido, sendo realizado através dos pedidos firmes e fabricação para estoque. Então buscando melhorar a eficiência da produção fez-se necessária a elaboração de um planejamento-mestre primeiramente para os três produtos com maior demanda. Inicialmente analisaram-se os dados das vendas dos três produtos e as previsões de demanda para cada um foram calculadas através de três métodos, sendo eles: média móvel, suavização exponencial simples e suavização exponencial com sazonalidade e tendência. Após a escolha do melhor método de previsão através do erro médio e de fatores como simplicidade de cálculo foi, então, elaborado o plano-mestre de produção para cada produto. Assim, depois de elaborado e visto seus resultados, o plano mostrou-se necessário à empresa para melhorar a sua produção como um todo, tanto na eficiência de fabricação, quanto no seu controle de estoque de matérias-primas e produtos acabados.

Palavras-chave: Planejamento-mestre da produção. Previsão de demanda. Empresa.

ABSTRACT

Planning and controlling the production are indispensables for any company. Without them production will not know how much, when, how to produce. Other sectors of the company, such as financial, purchasing and sales, will not have the knowledge of products in stock, raw materials available or needed for purchase and quality control be deferred. In the planning area one has the master production schedule the through demand forecasts obtain data of when and how much to produce of a given product. This report will address the elaboration of the master production schedule for a chemical industry located in the south of Santa Catarina. The company does not have defined a production planning, being carried out through firm orders and manufacturing to stock. In order to improve the efficiency of production, it was necessary to prepare a master plan for the three products with the highest demand. The sales data of the three products were initially analyzed and demand forecasts for each were calculated using three methods: moving average, simple exponential smoothing and exponential smoothing with seasonality and trend. After choosing the best forecasting method trough the average error and factors such as simplicity of calculation, the master production schedule for each product was the elaborated. Thus, after elaborating and seeing its results, the plan proved necessary for the company to improve its production as a whole, both in manufacturing efficiency and in its inventory control of raw material and finished products.

Keywords: Master production schedule. Forecast demand. Company.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curvas de demanda e previsões para o desengraxante 32
Gráfico 2 – Curvas de demanda e previsões para o limpa alumínio 33
Gráfico 3 – Curvas de demanda e previsões para o detergente automotivo 35
Gráfico 4 – Curvas de demanda e previsão para o desengraxante 37
Gráfico 5 – Curvas de demanda e previsão para o limpa alumínio 38
Gráfico 6 – Curvas de demanda e previsão para o detergente automotivo 40
Gráfico 7 – Reta com os valores dessazonalizados para o desengraxante 41
Gráfico 8 – Curvas de demanda e previsão para o desengraxante 43
Gráfico 9 – Reta com os valores dessazonalizados para o limpa alumínio 44
Gráfico 10 – Curvas de demanda e previsão para o limpa alumínio 45
Gráfico 11 – Reta com os valores dessazonalizados para o detergente automotivo 46
Gráfico 12 – Curvas de demanda e previsão para o detergente automotivo 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos sistemas de produção 13
Tabela 2 – Exemplo de arquivo do PMP 22
Tabela 3 – Exemplo de cálculo do estoque final 23
Tabela 4 – Vendas semanais de cada produto 28
Tabela 5 – Previsão de demanda por média móvel para o desengraxante 31
Tabela 6 – Previsão de demanda por média móvel para o limpa alumínio 33
Tabela 7 – Previsão de demanda por média móvel para o detergente automotivo 34
Tabela 8 – Previsão de demanda por suavização exponencial simples para o desengraxante .36
Tabela 9 – Previsão de demanda por suavização exponencial simples para o limpa alumínio 37
Tabela 10 – Previsão de demanda por suavização exponencial simples para o detergente automotivo 39
Tabela 11 – Previsão de demanda por suavização exponencial com sazonalidade e tendência para o desengraxante 42
Tabela 12 – Previsão de demanda por suavização exponencial com sazonalidade e tendência para o limpa alumínio 44
Tabela 13 – Previsão de demanda por suavização exponencial com sazonalidade e tendência para o detergente automotivo 46
Tabela 14 – Arquivo PMP para o desengraxante 48
Tabela 15 – Estoque antes e depois do PMP para o desengraxante 48
Tabela 16 – Arquivo PMP para o limpa alumínio 49
Tabela 17 – Estoque antes e depois do PMP para o limpa alumínio 49
Tabela 18 – Arquivo PMP para o detergente automotivo 50
Tabela 19 – Estoque antes e depois do PMP para o detergente automotivo 50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA 10
1.2 OBJETIVOS 11
1.2.1 Objetivo Geral 11
1.2.1.1 Objetivos específicos 11
2 REVISÃO DE LITERATURA 12
2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO 13
2.2 PREVISÃO DE DEMANDA 15
2.2.1 Média móvel 16
2.2.2 Suavização exponencial simples 17
2.2.3 Suavização exponencial com tendência e sazonalidade 18
2.2.4 Erros de previsão 19
2.3 PLANEJAMENTO-MESTRE DA PRODUÇÃO 20
2.3.1 Arquivo do planejamento-mestre da produção 21
3 METODOLOGIA DA PESQUISA 26
3.1 TIPO DE PESQUISA 26
3.2 MATERIAIS 27
3.3 METODOLOGIA 27
3.3.1 Coleta de dados das vendas 27
3.3.2 Previsão de demanda por três métodos 28
3.3.3 Capacidade de armazenamento e tempo de produção 29
3.3.4 Processo de elaboração do plano-mestre da produção 30
3.4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 30
3.4.1 Previsão de demanda por média móvel 30
3.4.2 Previsão de demanda por suavização exponencial simples 35
3.4.3 Previsão de demanda por suavização exponencial com tendência e sazonalidade 40
3.4.4 Arquivo do PMP 48
3.4.5 Sugestões 50
4 CONCLUSÃO 52
REFERÊNCIAS 53

1 INTRODUÇÃO

O assunto Planejamento e Controle da Produção (PCP) parece ser um assunto dominado, ou até mesmo ultrapassado, porém quando se trata de micro e pequenas empresas ainda há muito que se comentar e fazer a respeito.

Uma das etapas do Planejamento e Controle da Produção é o Plano Mestre da Produção (PMP) ou Planejamento Mestre da Produção (do inglês *Master Production Schedule* – MPS). Nada mais é do que um documento que diz quais itens devem ser produzidos e quando devem ser produzidos em determinado período, de acordo com previsões de demanda, pedidos, ordens de produção abertas e de compras. Geralmente esse período é curto, algumas semanas, podendo chegar a meses e até um ano.

O presente relatório demonstrará uma proposta de elaboração de um Planejamento Mestre da Produção para os três produtos mais vendidos de uma indústria de produtos químicos na região sul de Santa Catarina.

1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

As indústrias, no geral, cada vez mais estão produzindo itens em menores tempos, exigindo um bom planejamento de sua produção, seja ela pequena ou grande. Com uma maior variedade de produtos fabricados, melhor tem de ser o planejamento da produção dos mesmos.

Nas últimas décadas ocorreram profundas mudanças nos sistemas produtivos, forçando as indústrias, empresas, a repensarem seus esquemas de produção. Cada vez mais o mercado exige menores tempos de entrega e estoques no atendimento aos clientes. Estratégias como a produção em massa já não são mais válidas em um mercado tão exigente.

Em uma empresa que possui controle de estoque de matérias-primas e de produtos acabados, além de uma estratégia de vendas definida, é necessária a elaboração e a realização de um plano mestre que organize a produção e saiba quando e quanto produzir para assim atender todos os seus clientes de maneira organizada e cumprindo os prazos prometidos. Além disso, a manufatura não pode definir o quê, quando e quanto produzir, essas informações dependem da demanda de mercado e devem ser analisadas pela engenharia para a elaboração do plano mestre, e só então repassar as informações para a produção. O Planejamento Mestre da Produção (PMP) é o processo responsável por garantir que os planos

de manufatura estarão integrados perfeitamente com os outros planejamentos, estratégicos e funcionais.

Buscando melhorar a sua capacidade de produção e melhor atender os seus clientes, uma empresa produtora de produtos químicos localizada no sul de Santa Catarina, quer desenvolver um planejamento mestre de sua produção, de maneira que atenda os prazos de entrega exigidos pelo mercado e que os produtos atendam aos requisitos exigidos pelos clientes. Sendo assim, pergunta-se: **é possível elaborar o planejamento mestre da produção para os três produtos de maior demanda em indústria química, otimizando sua capacidade de produção com a estrutura física e humana disponível?** Em investigação realizada durante estágio supervisionado em Engenharia Química no primeiro semestre de 2017.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

- Elaborar o planejamento mestre da produção para os três produtos de maior demanda em indústria química, visando otimizar sua capacidade de produção com a estrutura física e humana disponível.

1.2.1.1 Objetivos específicos

- Determinar a capacidade de fabricação dos três produtos com maior demanda de uma indústria química;
- Prever a demanda semanal dos três produtos mais vendidos de uma indústria química;
- Analisar a capacidade de armazenamento de uma indústria química para os seus três produtos mais vendidos;
- Descrever o planejamento mestre da produção para os três produtos com maior demanda de uma indústria química.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Erdmann (2000), o planejamento e controle da produção experimentou a adaptação de novos conceitos em alguns campos de sua competência e, principalmente, pôde contar com o auxílio do processamento eletrônico de dados. Em seu estágio mais recente e graças à ampla capacidade de transmissão de dados e de processamento, pode incorporar formas organizacionais integradas, em que os vários subsistemas da empresa se interligam e mutuamente acessam a um banco de dados comum. Este tipo de arranjo permite progressos substanciais no gerenciamento.

Os vários subsistemas das empresas podem ser definidos por setores específicos que exercerão determinadas funções dentro da empresa, formando os sistemas produtivos. De acordo com Tubino (2000, p.17):

> Para atingir seus objetivos, os sistemas produtivos devem exercer uma série de funções operacionais, desempenhadas por pessoas, que vão desde o projeto dos produtos, até o controle de estoques, recrutamento e treinamento de funcionários, aplicação dos recursos financeiros, distribuição dos produtos etc. De forma geral, essas funções podem ser agrupadas em três funções básicas: Finanças. Produção e *Marketing*.

Essas três funções devem se relacionar com muita sintonia para o sucesso do sistema produtivo. Dentre elas, a produção se destaca sendo o centro dos sistemas produtivos, e conforme o mesmo autor, é responsável por gerar bens ou serviços comercializados pelas empresas e não compreende apenas as operações de fabricação e montagem de bens, mas também as atividades de armazenamento, movimentação, entretenimento, aluguel etc.

No processo de planejamento da produção, há a gestão estratégica que cuida da parte financeira e de mercado da empresa, porém para tornar realidade o que é esperado pelo plano estratégico são necessários planos operacionais que definem o que deve de fato ser feito dentro da produção. São eles o plano de vendas, o de *marketing*, de engenharia, de finanças e de manufatura. Esses planos operacionais devem estar ligados uns aos outros, e todos aos planos estratégicos da empresa. É preciso um nível de planejamento intermediário, no caso do Planejamento Mestre da Produção este é o responsável por garantir que os planos de manufatura estarão perfeitamente integrados com o nível superior de planejamento estratégico e com os outros planos funcionais. (CORRÊA; GIANESI; CAON, 1999, p. 194-195).

2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

A organização e classificação são realizadas para identificar facilmente objetos e produtos de interesse. "Os sistemas de produção são classificados de diversas maneiras com o objetivo de facilitar a compreensão de suas características e a relação entre as atividades produtivas." (LUSTOSA et al., 2008, p. 18).

"As classificações mais conhecidas de sistemas de produção são pelo grau de padronização dos produtos, pelo tipo de operações que sofrem os produtos, pelo ambiente de produção e pela natureza do produto." (id ibid).

Ainda, segundo Moreira (2004), os sistemas de produção são agrupados em três grandes categorias, sendo elas: produção em linha, produção por lotes ou por encomenda e produção de grandes projetos sem repetição.

Na tabela 1 são observados os tipos de classificações e suas características.

Tabela 1 – Classificação dos sistemas de produção

Tipo de classificação	**Características**
Grau de padronização dos produtos	• Produtos padronizados • Produtos sob medida ou personalizados
Tipo de operação	• Processos contínuos (larga escala) • Processos discretos • Repetitivos em massa (larga escala) • Repetitivos em lote (*flow shop*, linha de produção) • Por encomenda (*job shop*, *layout* functional) • Por projeto (unitária, *layout* posicional fixo)
Ambiente de produção	• *Make-to-stock (MTS)* • *Assemble-to-order (ATO)* • *Make-to-order (MTO)* • *Engineer-to-order (ETO)*
Fluxo dos processos	• Processos em linha • Processos em lote • Processos por projetos
Natureza dos produtos	• Bens • Serviços

Fonte: Lustosa et al., 2008, p. 18.

De acordo com as classificações demonstradas na tabela 1 temos o tipo de operação com característica de ser repetitivo em massa que segundo Tubino (2000), é empregado na produção de produtos altamente padronizados, normalmente com demanda estável, fazendo com que seus projetos tenham pouca alteração em curto prazo, possibilitando a montagem de uma estrutura produtiva altamente especializada e pouco flexível.

Ainda nos tipos de classificações temos o tipo ambiente de produção com característica de *make-to-stock* (MTS), ou seja, produzir para estoque, onde os produtos são padronizados, com rápido atendimento ao cliente. Baseiam-se fortemente em previsões de demanda e apresentam alto custo de estoque. (LUSTOSA et al., 2008, p. 23).

O MTS é utilizado como estratégia com a finalidade de ocultar possíveis falhas de planejamento, permitindo que não ocorra a falta do produto no mercado durante um período de maior demanda e com mais rapidez na entrega.

O estoque é criado antes da demanda e é usado para atender às necessidades dessa demanda ou para suavizar as necessidades de capacidade segundo o que foi determinado pelo planejamento agregado da produção. O foco dos sistemas que visam o estoque está na reposição dos mesmos. (MOREIRA, 2004, p. 12).

Além dos sistemas de produção citados acima, tem-se uma distinção bem usual e simples que os classifica como produção puxada e produção empurrada.

> Empurrar a produção significa elaborar periodicamente, para atender ao PMP, um programa de produção completo, da compra da matéria-prima à montagem do produto acabado, e transmiti-lo aos setores responsáveis através da emissão de ordens de compra, fabricação e montagem. No próximo período de programação, em função dos estoques remanescentes, programam-se novas ordens para atender a um novo PMP. Esta é a ótica da programação convencional da produção. (TUBINO, 2000, p. 104).

> Puxar a produção significa não produzir até que o cliente (interno ou externo) de seu processo solicite a produção de determinado item. Neste caso, a programação da produção usa as informações do PMP para emitir ordens apenas para o último estágio do processo produtivo, assim como para dimensionar a quantidade de estoques em processo para os demais setores. A medida em que o cliente de um processo necessita de itens, ele recorre aos estoques do fornecedor, acionando diretamente este processo para que os itens consumidos sejam fabricados e reponham os estoques. (id ibid, p. 105).

As classificações dos processos produtivos variam de acordo com cada autor. Conforme a classificação do sistema temos um método de trabalho ideal que gera um melhor rendimento e conhecimento da produção.

2.2 PREVISÃO DE DEMANDA

De acordo com Tubino (2000, p. 63), as empresas direcionam suas atividades para o rumo em que acreditam que seu negócio andará. Geralmente este rumo é traçado com base em previsões, sendo a previsão de demanda a principal delas. Ela é a base para o planejamento estratégico da produção, vendas e finanças de qualquer empresa. Partindo deste ponto, as empresas podem desenvolver os planos de vendas, estoque, produção, mão de obra, compras, etc. As previsões têm uma função muito importante nos processos e planejamento dos sistemas de produção, pois permitem que os administradores destes sistemas antevejam o futuro e planejem adequadamente suas ações.

> Entende-se por demanda a disposição dos clientes ao consumo de bens e serviços ofertados por uma organização. Essa demanda é influenciada por uma série de fatores que se estendem desde as condições macroeconômicas até questões operacionais, como a disponibilidade do produto e preço no ponto-de-venda. (LUSTOSA et al., 2008, p. 50)

A combinação de pedidos colocados e pedidos previstos é utilizada para representar a demanda em muitas empresas. Ela deve ser a melhor estimativa, em dado momento, daquilo que, de forma razoável, é esperado que aconteça. Para refletir uma provável demanda, uma previsão é feita, com base em dados históricos e em informações do mercado. À medida que os pedidos são recebidos, o elemento de previsão do perfil de demanda deve ser reduzido, dando a impressão de que a previsão está sendo consumida ao longo do tempo por pedido firmados. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007, p. 453-454).

Analisando a demanda de produtos de consumo no varejo, verifica-se a influência sobre a demanda de fatores comerciais como preço, disponibilidade, oferta de crédito, publicidade, ações da concorrência, etc. Essa multiplicidade de fatores combinados, cada qual com sua própria dinâmica, explica a incerteza da demanda e, como consequência, sua dificuldade de previsão. (LUSTOSA et al., 2008, p. 50).

> De uma perspectiva de planejamento e controle, o resultado da atividade da gestão da demanda é uma predição sobre o futuro, em termos de o que os clientes irão comprar. Essa informação , seja formada por pedidos firmes, previsões ou uma combinação de ambos, é a fonte mais importante para o chamado programa-mestre de produção. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007, p. 454).

De acordo com os dados coletados e analisados é decidida qual técnica de previsão será utilizada. Existem técnicas qualitativas e quantitativas, cada uma adequada para uma situação, porém não há uma técnica que seja adequada para todas as situações. Dentre as quantitativas, temos as projeções realizadas através da média móvel, suavização exponencial (simples, com tendência, com tendência e sazonalidade), métodos de decomposição (uso de *softwares*) e modelos de correlação e regressão.

2.2.1 Média móvel

O método de projeção mais simples que vem à mente seria a repetição do último valor da série histórica. Esse procedimento, embora simples, tende a produzir estimativas muito variáveis, pois incorpora na previsão toda a variação da demanda. Uma alternativa seria considerar a média aritmética de "n" períodos anteriores, buscando, dessa maneira, suavizar os resultados da previsão. Esse procedimento é denominado como média móvel, pois, à medida que um novo valor é incorporado à série, o valor mais antigo é descartado. (LUSTOSA et al. 2008, p. 60).

Conforme mesmo autor, a previsão de demanda feita no instante "t" para "k" períodos adiante é determinada pela equação:

$$F_t(t+k) = \frac{D_t + D_{t-1} + \cdots + D_{t-n+1}}{n} \qquad k = 1,2,\ldots \qquad (1)$$

onde:

F_t (t+k) = valor previsto,

D_t = valor real,

n = quantidade de períodos e

k = períodos adiante.

Tubino (2000, p.71) afirma que:

> A grande vantagem do uso da média móvel para previsões consiste em sua simplicidade operacional e facilidade de entendimento, porém a necessidade de armazenar um grande volume de dados, principalmente se o número de períodos (n) for grande é uma de suas limitações. Recomenda-se o uso da média móvel em situações em que a demanda apresentar comportamento estável e o produto não for muito relevante.

Segundo Moreira (2004), a média móvel pode ser um método eficiente quando a demanda é estacionária, porém para demandas crescentes ou decrescentes ao longo do tempo, a tendência é que a previsão esteja sempre atrasada em relação aos valores reais. E também não é eficiente quando há variações sazonais.

2.2.2 Suavização exponencial simples

De acordo com Lustosa et al. (2008) na suavização exponencial simples, pressupõe-se que a demanda oscila em torno de um patamar ou demanda base constante. Partindo de um valor inicial, a base é corrigida a cada período, conforme novos dados de demanda são incorporados à série histórica. A equação que demonstra a correção da base é apresentada a seguir.

$$B_t = B_{t-1} + \alpha.(D_t - B_{t-1}) \quad (2)$$

$$F_t(t+k) = B_t \qquad k = 1,2,\ldots \quad (3)$$

Onde:

B_t = valor da base calculado no instante t,

B_{t-1} = previsão para o período t-1,

α = constante de suavização,

D_t = demanda real e

F_t (t+k) = valor previsto.

> A constante de suavização (α) é fixada pelo analista dentro de uma faixa que varia de 0 a 1. Quanto maior seu valor, mais rapidamente o modelo de previsão reagirá a uma variação real da demanda. Se o valor de α for muito grande, as previsões ficarão muito sujeitas às variações aleatórias da demanda. Se, ao contrário, o valor de α for muito pequeno, as previsões poderão ficar defasadas da demanda real. Os valores normalmente utilizados para α variam de 0,05 a 0,50. [...]. (TUBINO, 2000, p. 72).

De acordo com Corrêa; Gianese; Caon (1999) o modelo de suavização exponencial é semelhante ao da média móvel ponderada, com a diferença de que são utilizados todos os valores históricos, com coeficientes de ponderação que decrescem exponencialmente.

2.2.3 Suavização exponencial com tendência e sazonalidade

Segundo Tubino (2000), para se montar um modelo de previsão é necessário plotar os dados passados em uma curva e identificar os fatores que estão por trás das características desta curva. Ela pode conter tendência, sazonalidade, variações irregulares e variações randômicas.

> A tendência consiste num movimento gradual de longo prazo, direcionando os dados. A sazonalidade refere-se a variações cíclicas de curto prazo, relacionadas ao fator tempo, como influência de alterações climáticas ou férias escolares. Já as variações irregulares, como o próprio nome indica, são alterações na demanda passada resultante de fatores excepcionais, [...]. Esses dados, conforme exposto anteriormente, devem ser retirados da série histórica e substituídos pela média. Finalmente, excluindo-se os fatores de tendência, sazonalidade e excepcionalidade, restam as variações aleatórias, ou normais, que serão tratadas pela média. [...]. (id ibid, p. 69).

O modelo de suavização exponencial com tendência e sazonalidade ou modelo de *Holt-Winters* incorpora, além da tendência, uma componente de sazonalidade. Isto é feito definindo-se um índice de sazonalidade para cada período, que representa a proporção entre a demanda média do período e a demanda média anual. (LUSTOSA et al., 2008, p. 65).

De acordo com Corrêa; Gianese e Caon (1999) as equações utilizadas para o cálculo estão representadas abaixo.

$$P_t = (S_{t-1} + R_{t-1})\ x\ F_t \tag{4}$$

$$P_{t+n} = \left(S_{t-1} + R_{t-1}\ x\ (n+1)\right) x\ F_{t+n} \tag{5}$$

$$S_t = \alpha x \left(\frac{V_t}{F_t}\right) + (1-\alpha) x\ (S_{t-1} + R_{t-1}) \tag{6}$$

$$R_t = \beta\ x\ (S_t - S_{t-}) + (1-\beta)\ x\ R_{t-1} \tag{7}$$

Tal que:

P_t = Previsão das vendas para o período t,

P_{t+n} = Previsão das vendas para o período t+n,

S_t = Valor da base dessazonalizada calculado no instante t,

F_t = Valor do coeficiente de sazonalidade para o período t,

R_t = Valor da taxa de tendência calculado no período t,

α = Constante de suavização da base,

β = Constante de suavização da tendência (entre 0 e 1) e

V_t = Valor das vendas reais no período t.

> Uma alternativa para o ajuste das constantes é fazê-lo por políticas. Se a demanda de determinado item tem comportamento estável, assume-se α e β pequenos (entre 0,05 e 0,15) para evitar que variações aleatórias afetem demais as previsões. Se determinado item tem uma demanda menos estável, com mudanças frequentes na tendência ou patamar de vendas, adotam-se α e β maiores (entre 0,15 e 0,30), para que a previsão acompanhe as mudanças na demanda. (id ibid, p. 245).

O valor da taxa de tendência pode ser obtido através da linha de tendência sendo o coeficiente angular da reta, conforme dados são adicionados ser os valores da taxa de tendência. Conforme Lustosa et al. (2008) o modelo com sazonalidade requer uma quantidade maior de dados, isto é, uma série mais longa, que contenha pelo menos três ciclos sazonais completos.

2.2.4 Erros de previsão

Qualquer que seja o grau de sofisticação do processo de previsão numa empresa, é sempre difícil de utilizar dados históricos para prever futuras tendências, ciclos ou sazonalidades. Dirigir uma empresa que utiliza previsões baseadas apenas no passado pode ser comparado a dirigir um carro olhando apenas o espelho retrovisor. (KOTLER, 1991 apud SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007, p. 452).

Segundo Tubino (2000) é necessário manter um modelo atualizado de previsão e monitorar esse modelo para que se tenham sempre previsões confiáveis de demanda. Esta monitoração é realizada por meio de cálculo e acompanhamento do erro de previsão, que é a diferença entre o valor real da demanda e o valor previsto no modelo para dado período.

> O indicador básico de **Erro de Previsão** para o período t (E_t) é a diferença (ou desvio) entre **Valor Real** (D_t) e o **Valor Previsto** da demanda (F_t, *forecast*) no período correspondente. Desvios positivos significam que a demanda superou a previsão, e negativos, o contrário. (LUSTOSA et al. 2008, p. 55).

O erro de previsão é calculado da seguinte forma:

$$E_t = D_t - F_t \tag{8}$$

Tal que:

E_t = erro de previsão,

D_t = valor real e

F_t = valor previsto.

Ainda de acordo com Lustosa et al. (2008), a partir dos desvios de "n" períodos consecutivos, calcula-se o erro médio (EM) conforme equação:

$$EM = \frac{\sum_{t=1}^{n}(D_t - F_t)}{n} \quad (9)$$

Onde:

D_t = valor real,
Ft = valor previsto e
n = períodos.

"O erro médio deve resultar em valores próximos de zero para n grande, quando o modelo não apresenta viés ou erros sistemáticos. Neste caso, os desvio positivos (D_t>F_t) anulam-se com os desvios negativos (D_t<F_t)." (LUSTOSA et al. 2008, p. 55).

O erro médio fornece uma estimativa do erro típico de previsão, importante para o dimensionamento dos estoques de segurança. Entretanto, esse método não indica se as previsões estão sistematicamente erradas para mais ou para menos. (CORRÊA; GIANESI; CAON, 1999, p.258).

2.3 PLANEJAMENTO-MESTRE DA PRODUÇÃO

Também conhecido com programa-mestre da produção ou plano mestre da produção (PMP) é a fase mais importante do planejamento e controle de uma empresa. Constitui-se na principal entrada para o planejamento das necessidades de materiais. Na manufatura, o PMP contém uma declaração da quantidade e do momento em que os produtos finais devem ser produzidos; esse programa direciona toda a operação em termos do que é montado, manufaturado e comprado. É a base do planejamento de utilização e determina o aprovisionamento de materiais e capital. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007, p. 455).

O PMP é o elo entre o planejamento tático (plano agregado) e o planejamento operacional (plano de necessidades de materiais, MRP) da produção. (Lustosa et al, 2008, p. 131).

> No planejamento agregado, determinamos os recursos comuns que estarão disponíveis para a produção em cada período do horizonte de planejamento, não só a mão-de-obra, mas também outros recursos como os materiais mais importantes e cuja obtenção exige grande antecipação para fechamento de contratos de fornecimento. Para isso, utilizamos demanda agregada para famílias de produtos representadas por quantidades equivalentes de um único produto ou de um produto sintético. No entanto, nem todos os recursos necessários estão contemplados. Faltam ainda os recursos que, por só serem utilizados por alguns poucos (ou um único produto), logicamente não podem ser tratados no planejamento agregado, ou seja, cujas necessidades dependem dos produtos e até dos modelos que os clientes desejam. Para esses recursos (geralmente matérias-primas e componentes) é necessário um planejamento desagregado. (id ibid, p. 130).

> O planejamento desagregado leva em conta a capacidade disponível (resultante do planejamento estratégico e do planejamento agregado) e a distribui entre os vários produtos finais de acordo com os pedidos firmes já em carteira e com a demanda prevista para um futuro bem mais próximo [...]. (id ibid).

O PMP diferencia-se do plano de produção sob dois aspectos: o nível de agregação dos produtos e a unidade de tempo analisada. Onde o plano de produção tratava de famílias de produtos, o PMP tratará de produtos individuais. Onde o plano de produção empregava meses, trimestres e anos, o PMP empregará normalmente semanas ou no máximo meses para produtos com ciclos produtivos longos. (TUBINO, 2000, p.89).

"Na elaboração do planejamento-mestre da produção, estão envolvidas todas as áreas que têm um contato mais direto com a manufatura, tanto no sentido de fornecer subsídios para a tomada de decisões, como no sentido de usar as informações do PMP." (id ibid).

2.3.1 Arquivo do planejamento-mestre da produção

Segundo Slack; Chambers e Jonhston (2007), o programa-mestre da produção é constituído de registros com escala de tempo que contêm, para cada produto final, as informações de demanda e estoque disponível atual. Usando essa informação, o estoque disponível é projetado à frente no tempo. Quando não há estoque suficiente para satisfazer à demanda futura, quantidades de pedido são inseridas na linha do programa-mestre.

> Para facilitar o tratamento das informações e, na maioria dos casos, informatizar o sistema de cálculo das operações referentes à elaboração do PMP, empregamos um arquivo com as informações detalhadas por item que será planejado. Neste arquivo, constam informações sobra a demanda prevista e real, os recebimentos programados, os estoques em mãos e projetados e a necessidade prevista de produção do item. (TUBINO, 2000, p. 90).

Este arquivo é demonstrado através de um exemplo na tabela 2 e posteriormente são explicadas cada linha da tabela.

Tabela 2 – Exemplo de arquivo do PMP

		Julho				Agosto			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Demanda prevista		50	50	50	50	60	60	60	60
Demanda confirmada		55	40	10	5	0	0	0	0
Recebimentos Programados		100							
Estoques projetados	5	50	100	50	100	40	80	20	60
PMP			100		100		100		100

Fonte: Tubino, 2000, p. 90.

Na primeira linha temos a previsão do item para os próximos dois meses. Em seguida, encontramos o valor da demanda real, já confirmada pelos clientes. Na terceira linha têm-se os recebimentos programados, ou seja, as quantidades do item que já foram programadas anteriormente e que estão previstas para darem entrada dentro do horizonte de planejamento do PMP. Na quarta linha, temos as informações sobre os estoques disponíveis e projetados. O primeiro dado representado por “5”, refere-se ao estoque disponível no início da primeira semana do mês de julho. A partir deste ponto, fazemos os cálculos de quanto irá sobrar de estoque final de cada semana. Na primeira semana iniciamos com cinco unidades, recebemos um lote de 100 unidades, e entregamos 55 delas, o que nos deixa um saldo de 50 unidades disponíveis. Na segunda semana iniciamos com 50 unidades em estoque e necessitamos de 50 unidades (das quais 40 já foram vendidas), o que nos deixaria sem saldo em estoque. Neste ponto surge a necessidade de produzir um lote de 100 unidades para cobrir a falta de itens previstos. Na quinta linha, apresentamos as quantidades planejadas para a produção do item, ou seja, o PMP. (id ibid, p. 90-91).

A partir da tabela 3 é possível entender melhor os cálculos realizados como exemplos.

Tabela 3 – Exemplo de cálculo do estoque final

Semana	Estoque inicial	Recebimentos Programados	Demanda (prevista ou real)	Estoque antes do PMP	PMP	Estoque final
1	5	100	55	50		50
2	50		50	0	100	100
3	100		50	50		50
4	50		50	0	100	100
1	100		60	40		40
2	40		60	-20	100	80
3	80		60	20		20
4	20		60	-40	100	60

Fonte: Tubino, 2000, p. 91.

> [...] Com base nos estoque iniciais de cada período, nas previsões e/ou pedidos firmes, e nas necessidades de produção, pode-se projetar estoque de cada período. Estoques mínimos ou estoque de segurança podem ser configurados para que o PMP sempre os considere no programa. (LUSTOSA et al. 2008, p. 132).

No exemplo anteriormente apresentado os estoques variam livremente, porém uma alternativa é adotar um estoque mínimo, onde os cálculos são os mesmos, mas ao se atingir um estoque de menor valor que o mínimo, é produzido mais um lote de itens.

> Há formas de programação que produzem para que determinado estoque se mantenha constante (de produtos finais como de semi-elaborados e matérias-primas) como é o caso da técnica do estoque-base. Este procedimento distingue-se daquele do estoque mínimo por ter todas as suas etapas (partes do processo) acionadas simultaneamente; no caso do estoque mínimo a produção é acionada a partir das vendas ou da última etapa do processo produtivo, a qual determina que aquela imediatamente anterior seja posta em funcionamento e assim sucessivamente, da última para a primeira etapa. (ERDMANN, 2000, p. 131).

Conforme Peinado e Graimel (2007) o produto final é denominado “item de demanda independente” e os seus componentes, são chamados de “itens de demanda dependente”. Quando a demanda de um item depende apenas e diretamente das forças de mercado, é dito que o item possui demanda independente. Quando, ao contrário, a demanda de um item depende diretamente da demanda de outro item, diz-se que o item possui demanda dependente. Um produto acabado, feito para estoque ou para atender diretamente a solicitação de um cliente, é um item de demanda independente. A quantidade necessária de cada uma das

partes que o compõem depende da quantidade do produto final, portanto, estas partes são itens de demanda dependente. A demanda dependente é sempre calculada a partir da demanda independente, uma vez que esta seja conhecida ou tenha sido estimada, alimentando o plano mestre de produção.

Em relação ao tempo, trabalha-se com duas dimensões para a variável. Uma é a dimensão que determina a unidade de tempo para cada intervalo do PMP. Outra é o horizonte em que o plano deve abranger em sua análise.

> A determinação dos intervalos de tempo que compõem o PMP dependerá da velocidade de fabricação do produto incluído no plano e da possibilidade prática de alterar o plano. Normalmente trabalha-se com intervalos de semanas. Raramente empregam-se dias, mesmo que os produtos sejam fabricados em ritmos rápidos, pois a velocidade de coleta e análise dos dados inviabiliza a operacionalização diária do PMP. [...]. (TUBINO, 2000, p. 94-95).

Embora um plano se mostre viável em termos de estoques projetados e atendimentos aos pedidos firmes, a execução do plano ainda pode ser inviável ao considerarmos a capacidade dos recursos de produção. No nível do PMP, essa verificação de capacidade é conhecida como planejamento aproximado da capacidade ou cálculo da capacidade. Sua função é fornecer uma avaliação inicial a respeito da factibilidade do PMP. (LUSTOSA et al. 2008).

Segundo Tubino (2000, p. 97):

> A análise da capacidade de produção para o plano de produção considerou a possibilidade de trabalhar variáveis de longo prazo, como alterações nas instalações físicas, compra de equipamentos, definição dos turnos de trabalho, admissão e treinamento da mão-de-obra, negociações de fornecimento externo etc. Já as decisões relativas ao PMP, envolvem a negociação com variáveis de médio prazo, por exemplo, a definição do tempo de ciclo para dar um ritmo ao sistema, a necessidade de horas extras, o remanejamento de funcionários, a necessidade de espaço na recepção e armazenagem dos itens, o ritmo de entrega dos itens externos etc.

Em função dos períodos do PMP serem normalmente menores do que o tempo de fabricação dos produtos incluídos no plano, os padrões de consumo dos recursos devem levar em conta em que período este recurso será acionado quando da programação do produto acabado. Estes padrões de consumo são conhecidos como “perfis de carga unitária do produto”. (id ibid, p. 98).

O cálculo é realizado multiplicando-se as quantidades previstas no PMP pelo perfil de carga unitário de cada setor da produção, conseguindo-se assim o valor da ocupação

de cada setor. Fazendo isso para cada setor que nos interessa analisar e confrontando com a capacidade real, podemos concluir se o PMP que estamos planejando é viável ou se devemos alterar os planos de alguns produtos para torná-lo viável.

Em relação à capacidade de produção, Vilaça (2008, p. 19-20) afirma que:

> A capacidade é um fator de grande importância para as empresas, pois se é inadequada, a empresa pode perder clientes pela lentidão no serviço ou por permitir a entrada de novos competidores no mercado. Por outro lado, se a capacidade é excessiva a empresa pode ter que reduzir seus preços para estimular a demanda, subtilizar sua força de trabalho, produzir estoque excessivo, o que é ruim devido aos altos custos de armazenagem, ou buscar produtos adicionais e menos lucrativos para continuar no negócio.

A mesma autora ainda relata que a flexibilidade, especialmente em relação ao volume de produção, será melhorada se houver capacidade excedente, ou seja, no caso de precisar de um aumento na produção a fábrica tem capacidade suficiente de atendê-lo. Se a demanda e a capacidade estiverem em equilíbrio, ou muito próximos um do outro a operação não será capaz de responder a aumentos inesperados de demanda.

Gaither e Frazier (2001) apud Piagge, Bagni e Marcola (2015), ressaltam que o PMP influencia no nível de serviço e nos custos produtivos, ao aperfeiçoar a utilização dos recursos fabris. Xie, Zhao e Lee (2003) apud Piagge, Bagni e Marcola (2015), acrescentam que o PMP pode gerar maior estabilidade do ambiente produtivo e dessa forma também afetar os custos fabris. Por fim, Akillioglu, Ferreira e Onori (2013) apud Piagge, Bagni e Marcola (2015) ressaltam que o PMP pode ajudar a reduzir o *lead time* de entrega dos produtos, respondendo mais rapidamente as necessidades do mercado consumidor.

Lead time por Arnold (1994) apud Peinado e Graimel (2007, p. 420) é descritocomo: "*Lead time* do ponto de vista do fornecedor, é o tempo que decorre desde o recebi mento de uma encomenda até a entrega do produto. Da perspectiva do cliente pode incluir também o tempo para a preparação e a transmissão da encomenda."

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 TIPO DE PESQUISA

Segundo Marconi (2009) apud Comunello (2014) toda pesquisa implica no levantamento de dados de variadas fontes, quaisquer que sejam os métodos ou técnicas empregadas, através de documentação direta, a qual constitui-se, em geral, no levantamento de dados no próprio local onde os fenômenos ocorrem. Esses dados podem ser obtidos de duas maneiras: através da pesquisa de campo ou da pesquisa de laboratório.

A pesquisa realizada teve caráter de estudo de caso com abordagem quantitativa. Os dados foram coletados diretamente da empresa, porém os resultados foram apenas experimentais e numéricos, sem a possibilidade atual de aplicação na indústria em que o estágio se realizou. Inobstante este fato, o estudo de caso "único", requereu da investigadora rigor no planejamento e na coleta de dados.

> Em outras palavras, o estudo de caso como estratégia de pesquisa compreende um método que abrange todo o tratamento da lógica do planejamento, das técnicas de coleta de dados e das abordagens específicas à análise dos mesmos. (YIN, 2005, p. 33).

Ao mesmo tempo, os cuidados para as abordagens teóricas sistemáticas e específicas foram observados, garantindo a fidedignidade dos resultados encontrados.

Segundo Bicudo (2004) apud Leonel e Motta (2007), a abordagem quantitativa se define pela ideia de rigor, precisão e objetividade. Está relacionada com o aspecto de ser mensurável como sinônimo de quantificação.

As variáveis na abordagem quantitativa são relacionadas com base nos recursos da estatística, como média, erros, previsões, etc.

Ainda conforme Comunello (2014, p. 42):

> Um estudo de caso é quando concentra a atenção em um objeto envolvendo um estudo aprofundado. Este tipo de estudo se dá pela investigação de um fenômeno atual dentro do contexto que serve para responder questionamentos que o pesquisador não tem muito controle sobre o fenômeno estudado. Sendo uma estratégia de pesquisa que compreende um método que abrange tudo em abordagens especificas de coletas e análise de dados.

Nesta pesquisa o estudo de caso se dá em torno da elaboração do PMP para a indústria em questão fazendo-se o levantamento de dados e tratando-os posteriormente para a obtenção das previsões de demanda.

Nas próximas seções, são descritos os passos utilizados para realização do estudo em questão, assim como os métodos escolhidos para sua confecção e os resultados obtidos.

3.2 MATERIAIS

A fim de verificar a realidade existente em relação ao planejamento da produção empregado na empresa, é necessária a coleta de dados através de observações do ambiente de trabalho, das opiniões dos funcionários do setor de fabricação, do maquinário existente e disponível na produção e do número de vendas realizadas nos últimos meses dos três produtos de maior demanda. Além disso, observa-se o espaço disponível na empresa para estoque e para fabricação.

Neste trabalho foram utilizadas pesquisas bibliográficas e o contato direto com a empresa em questão que disponibilizou seu banco de dados para obtenção dos valores das vendas semanais necessários para os cálculos das previsões de demanda.

3.3 METODOLOGIA

A elaboração do planejamento-mestre da produção seguiu os seguintes passos:

a) Coletaram-se dados das vendas dos três produtos com maior demanda;
b) Realizou-se a previsão de demanda semanal por dois meses através de três métodos;
c) Escolheu-se o método que apresentou a melhor previsão e menor erro médio de previsão no comparativo com as vendas reais;
d) Observou-se e descreveu-se a capacidade de armazenamento e o tempo de produção para cada produto;
e) Elaborou-se o PMP para os três produtos.

3.3.1 Coleta de dados das vendas

Os dados foram coletados diretamente no banco de dados da empresa, sendo estes das semanas compreendidas entre novembro de 2016 até abril de 2017, resultando na tabela abaixo:

Tabela 4 – Vendas semanais de cada produto

Semana/Produto	Número da semana	Limpa Alumínio (kg)	Desengraxante (kg)	Detergente automotivo(kg)
30/10/16 a 05/11/16	1	5550	3635	520
06/11/16 a 12/11/16	2	4335	4665	1365
13/11/16 a 19/11/16	3	3300	2205	830
20/11/16 a 26/11/16	4	5535	4295	657
27/11/16 a 03/12/16	5	4270	3450	690
04/12/16 a 10/12/16	6	4315	3380	1035
11/12/16 a 17/12/16	7	4980	3710	1365
18/12/16 a 24/12/16	8	7985	4595	910
01/01/17 a 07/01/17	9	3275	2955	510
08/01/17 a 14/01/17	10	4060	3560	985
15/01/17 a 21/01/17	11	4230	4680	1235
22/01/17 a 28/01/17	12	2965	1815	890
29/01/17 a 04/02/17	13	3860	2710	605
05/02/17 a 11/02/17	14	6930	4340	789
12/02/17 a 18/02/17	15	2855	1835	1120
19/02/17 a 25/02/17	16	4480	3335	400
26/02/17 a 04/03/17	17	2615	1285	727
05/03/17 a 11/03/17	18	4060	3255	1240
12/03/17 a 18/03/17	19	4740	4222	1295
19/03/17 a 25/03/17	20	6835	4370	1180
26/03/17 a 01/04/17	21	3355	2315	590
02/04/17 a 08/04/17	22	5770	2580	1215
09/04/17 a 15/04/17	23	3770	3742	1200
16/04/17 a 22/04/17	24	3385	1250	430
23/04/17 a 29/04/17	25	4265	3195	865

Fonte: da autora, 2017.

3.3.2 Previsão de demanda por três métodos

A partir dos dados coletados e analisados foram feitas as previsões de demanda, para os três produtos, para as últimas oito semanas de coleta, compreendidas entre março e abril. Dessa maneira puderam-se obter os valores reais das vendas e assim foi possível o cálculo dos erros de previsão e definição de método a ser utilizado.

A previsão de demanda foi realizada através do método da média móvel utilizando-se 3 e 6 períodos, suavização exponencial simples e suavização exponencial com fator de tendência e sazonalidade, adotando-se uma sazonalidade de 3 semanas a partir da

observação dos gráficos obtidos, que serão demonstrados na análise dos dados e discussão dos resultados.

Após efetuados os cálculos de previsão, foram realizados os cálculos de erros de previsão e comparados os três métodos. O método que apresentou menor erro foi o escolhido para a elaboração do PMP.

3.3.3 Capacidade de armazenamento e tempo de produção

A empresa não contém espaços amplos para armazenamento devido a grande variabilidade de produtos que fabrica, tendo em seu portfólio por volta de 80 produtos próprios além dos de revenda, compreendidos entre produtos automotivos, para lavanderia industrial, domissanitários e para tratamento de efluentes. Portanto a capacidade de armazenamento de cada um dos três produtos estudados está definida como a área de um palete (aproximadamente 1,20 m²) além do próprio tanque de produção, que varia conforme o produto e também no caso do desengraxante e do limpa alumínio, tem-se a possibilidade de armazenar em contêineres (tanques de armazenamento) que ocupam o mesmo espaço de um palete e podem ser empilhados verticalmente.

Para o detergente automotivo tem-se um tanque com capacidade de produção de 3000kg do produto. Essa quantidade é divida em bombonas plásticas de 5, 25 e 50kg, sendo envasado para o estoque 10 bombonas de 50kg, 5 de 25 quilos, empilhadas verticalmente em pares, e 10 de 5kg. O restante permanece no tanque e é envasado conforme os pedidos chegam ou para reabastecer o palete. Quando o estoque atinge 500kg é realizada uma nova produção de 3000kg.

No caso do desengraxante tem-se um tanque com capacidade de produção de 2000kg. As quantidades envasadas são as mesmas do detergente automotivo, porém também se utiliza um contêiner com a capacidade para 1000kg do produto quando este peso é atingido no tanque de fabricação. O estoque definido pela empresa como mínimo para a produção de mais 2000kg (uma carga) é de 1000kg de desengraxante em estoque.

O limpa alumínio também possui um tanque com capacidade para a produção de 3000kg de produto. Assim como o desengraxante e o detergente automotivo, é envasado nos mesmos tipos de embalagens, e o restante permanece no tanque. Além disso, pode ser armazenado em um contêiner de 1000kg para posterior envase. A quantidade mínima, também definida pela empresa, é de 1000kg em estoque.

O tempo de produção varia de produto para produto. O detergente automotivo demora, entre separação de matérias-primas e pesagem das mesmas, mistura e tempo de estabilização de espuma em torno de 1 hora e 30 minutos. O limpa alumínio também demora por volta de 1 hora e 30 minutos. Já o desengraxante necessita de pelo menos 12 horas para a fabricação devido à necessidade de permanecer em mistura por pelo menos 8 horas.

3.3.4 Processo de elaboração do plano-mestre da produção

O plano-mestre da produção foi elaborado conforme a previsão de demanda que apresentou o menor erro médio dos três produtos. Entre os três métodos de previsão aquele que apresentou o menor erro médio foi o de suavização exponencial simples.

A partir da determinação do método de previsão de demanda foi dado início o arquivo do PMP. Nele são consideradas previsões semanais, tempo de produção e capacidade de armazenamento, além de um estoque mínimo determinado previamente pela empresa.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para um melhor entendimento dos resultados primeiramente serão apresentadas as previsões de demanda com seus respectivos erros médios para cada produto.

3.4.1 Previsão de demanda por média móvel

A partir dos dados de vendas foi possível realizar a previsão de demanda para o desengraxante, o limpa alumínio e o detergente automotivo pelo método da média móvel com 3 e 6 períodos, MM3 e MM6 respectivamente. A equação utilizada para os cálculos está demonstrada abaixo.

$$F_t(t+k) = \frac{D_t + D_{t-1} + \cdots + D_{t-n+1}}{n} \qquad k = 1,2,\ldots \qquad (10)$$

Onde:

F_t (t+k) = valor previsto,

D_t = valor real,

n = quantidade de períodos e

k = períodos adiante.

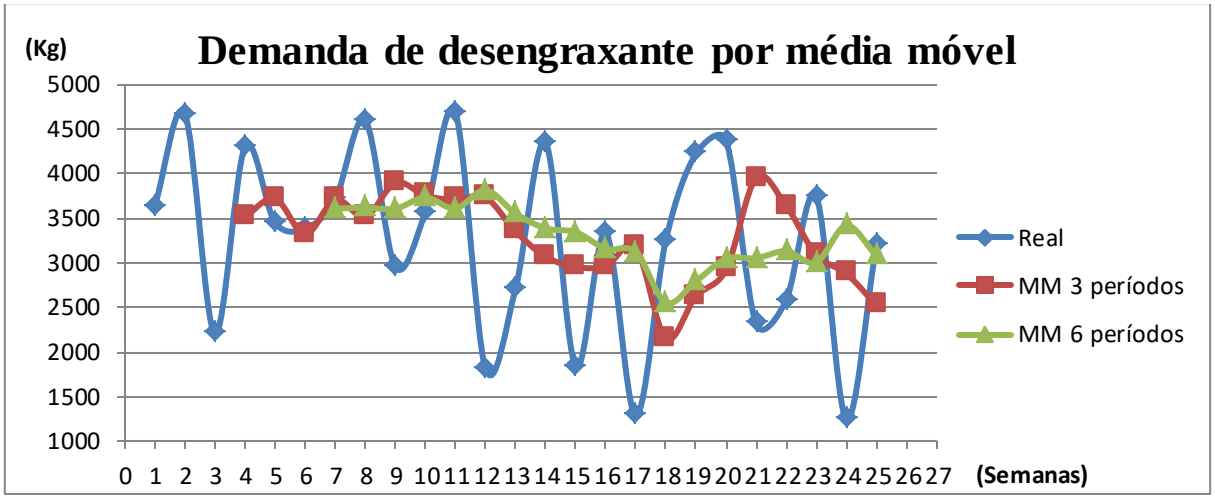
Primeiramente temos os resultados da previsão para o desengraxante em forma de tabela, e a partir dela é montado o gráfico, ambos demonstrados a seguir.

Tabela 5 – Previsão de demanda por média móvel para o desengraxante

	Semana	Vendas	MM3	MM6
30/10/16 a 05/11/16	1	3635		
06/11/16 a 12/11/16	2	4665		
13/11/16 a 19/11/16	3	2205		
20/11/16 a 26/11/16	4	4295	3502	
27/11/16 a 03/12/16	5	3450	3722	
04/12/16 a 10/12/16	6	3380	3317	
11/12/16 a 17/12/16	7	3710	3708	3605,00
18/12/16 a 24/12/16	8	4595	3513	3617,50
01/01/17 a 07/01/17	9	2955	3895	3605,83
08/01/17 a 14/01/17	10	3560	3753	3730,83
15/01/17 a 21/01/17	11	4680	3703	3608,33
22/01/17 a 28/01/17	12	1815	3732	3813,33
29/01/17 a 04/02/17	13	2710	3352	3552,50
05/02/17 a 11/02/17	14	4340	3068	3385,83
12/02/17 a 18/02/17	15	1835	2955	3343,33
19/02/17 a 25/02/17	16	3335	2962	3156,67
26/02/17 a 04/03/17	17	1285	3170	3119,17
05/03/17 a 11/03/17	18	3255	2152	2553,33
12/03/17 a 18/03/17	19	4222	2625	2793,33
19/03/17 a 25/03/17	20	4370	2921	3045,33
26/03/17 a 01/04/17	21	2315	3949	3050,33
02/04/17 a 08/04/17	22	2580	3636	3130,33
09/04/17 a 15/04/17	23	3742	3088	3004,50
16/04/17 a 22/04/17	24	1250	2879	3414,00
23/04/17 a 29/04/17	25	3195	2524	3079,83

Fonte: da autora, 2017.

Gráfico 1 – Curvas de demanda e previsões para o desengraxante



Fonte: da autora, 2017.

A partir da análise do gráfico é possível perceber que a previsão considerando três períodos é mais próxima da real do que a com seis períodos, porém, mesmo assim, as duas previsões não retratam a realidade com proximidade ideal. Uma prova disso é o erro médio da previsão, sendo calculado através da equação seguinte.

$$EM = \frac{\sum_{t=1}^{n}(D_t - F_t)}{n} \qquad (11)$$

Onde:

D_t = valor real,

Ft = valor previsto e

n = períodos.

Tendo como resultado um erro médio de -57kg para três períodos, ou seja, a previsão está em média com 57kg a mais do que a demanda. Já o erro médio para seis períodos é de -151kg, ou seja, 151kg a mais na previsão do que a demanda real.

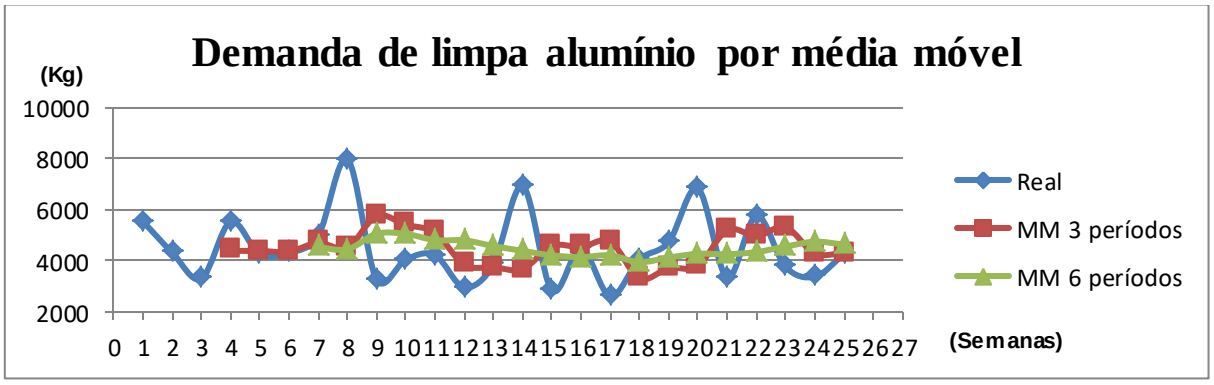
Já para o limpa alumínio temos os valores de previsão demonstrados na tabela 6, e melhores representados no gráfico 2.

Tabela 6 – Previsão de demanda por média móvel para o limpa alumínio

	Semana	Vendas	MM3	MM6
30/10/16 a 05/11/16	1	5550		
06/11/16 a 12/11/16	2	4335		
13/11/16 a 19/11/16	3	3300		
20/11/16 a 26/11/16	4	5535	4395	
27/11/16 a 03/12/16	5	4270	4390	
04/12/16 a 10/12/16	6	4315	4368	
11/12/16 a 17/12/16	7	4980	4707	4551
18/12/16 a 24/12/16	8	7985	4522	4456
01/01/17 a 07/01/17	9	3275	5760	5064
08/01/17 a 14/01/17	10	4060	5413	5060
15/01/17 a 21/01/17	11	4230	5107	4814
22/01/17 a 28/01/17	12	2965	3855	4808
29/01/17 a 04/02/17	13	3860	3752	4583
05/02/17 a 11/02/17	14	6930	3685	4396
12/02/17 a 18/02/17	15	2855	4585	4220
19/02/17 a 25/02/17	16	4480	4548	4150
26/02/17 a 04/03/17	17	2615	4755	4220
05/03/17 a 11/03/17	18	4060	3317	3951
12/03/17 a 18/03/17	19	4740	3718	4133
19/03/17 a 25/03/17	20	6835	3805	4280
26/03/17 a 01/04/17	21	3355	5212	4264
02/04/17 a 08/04/17	22	5770	4977	4348
09/04/17 a 15/04/17	23	3770	5320	4563
16/04/17 a 22/04/17	24	3385	4298	4755
23/04/17 a 29/04/17	25	4265	4308	4643

Fonte: da autora, 2017.

Gráfico 2 – Curvas de demanda e previsões para o limpa alumínio



Fonte: da autora, 2017.

A partir da análise do gráfico de previsão de demanda por média móvel para o limpa alumínio também foi possível observar que a previsão que utiliza três períodos é mais próxima da real. Esta diferença também é vista no erro médio, sendo de -12kg para três períodos, ou seja, a previsão em média é de 12kg a mais do que a demanda real, e de -44kg para seis períodos, ou seja, prevê-se em média 44kg a mais de produto do que o real vendido.

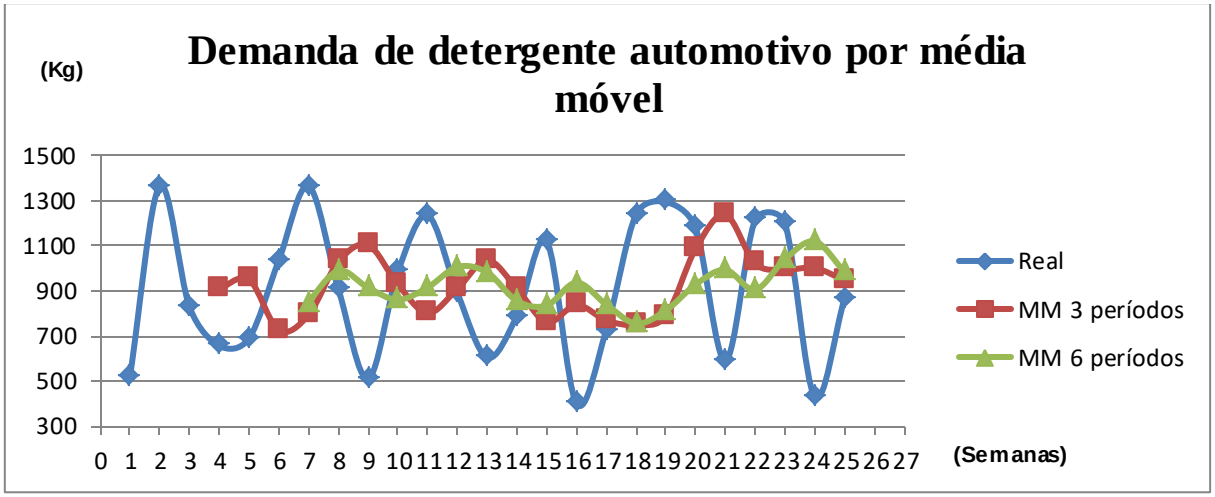
Para o detergente automotivo temos os valores demonstrados na tabela 7 que geraram o gráfico 3.

Tabela 7 – Previsão de demanda por média móvel para o detergente automotivo

	Semana	Vendas	MM3	MM6
30/10/16 a 05/11/16	1	520		
06/11/16 a 12/11/16	2	1365		
13/11/16 a 19/11/16	3	830		
20/11/16 a 26/11/16	4	657	905	
27/11/16 a 03/12/16	5	690	951	
04/12/16 a 10/12/16	6	1035	726	
11/12/16 a 17/12/16	7	1365	794	850
18/12/16 a 24/12/16	8	910	1030	990
01/01/17 a 07/01/17	9	510	1103	915
08/01/17 a 14/01/17	10	985	928	861
15/01/17 a 21/01/17	11	1235	802	916
22/01/17 a 28/01/17	12	890	910	1007
29/01/17 a 04/02/17	13	605	1037	983
05/02/17 a 11/02/17	14	789	910	856
12/02/17 a 18/02/17	15	1120	761	836
19/02/17 a 25/02/17	16	400	838	937
26/02/17 a 04/03/17	17	727	770	840
05/03/17 a 11/03/17	18	1240	749	755
12/03/17 a 18/03/17	19	1295	789	814
19/03/17 a 25/03/17	20	1180	1087	929
26/03/17 a 01/04/17	21	590	1238	994
02/04/17 a 08/04/17	22	1215	1022	905
09/04/17 a 15/04/17	23	1200	995	1041
16/04/17 a 22/04/17	24	430	1002	1120
23/04/17 a 29/04/17	25	865	948	985

Fonte: da autora, 2017.

Gráfico 3 – Curvas de demanda e previsões para o detergente automotivo



Fonte: da autora, 2017.

Assim como para os produtos anteriores a partir do gráfico observou-se que a previsão realizada utilizando três períodos, em vez de seis é mais próxima da real. Tendo-se como erro médio para três períodos -16kg, ou seja, a previsão considera em média 16kg a mais de detergente para fabricação. Porém para seis períodos têm-se um erro médio de 1kg, ou seja, a demanda em média é de um quilograma a mais que a previsão.

Após todos os cálculos e observando-se os gráficos, as tabelas e os erros médios, foi possível perceber que apesar de ser um método válido para análise e aprovação do melhor método para previsão de demanda, o erro médio não deve ser o único. Além dele deve-se analisar os valores apresentados nas tabelas e nos gráficos.

3.4.2 Previsão de demanda por suavização exponencial simples

Para o cálculo da previsão de demanda por suavização exponencial simples para os três produtos utilizaram-se as equações abaixo.

$$B_t = B_{t-1} + \alpha.(D_t - B_{t-1}) \tag{12}$$

$$F_t(t+k) = B_t \qquad k = 1,2,\ldots \tag{13}$$

Onde:

B_t = valor da base calculado no instante t,

B_{t-1} = previsão para o período t-1,

α = constante de suavização,

D_t = demanda real e

F_t (t+k) = valor previsto.

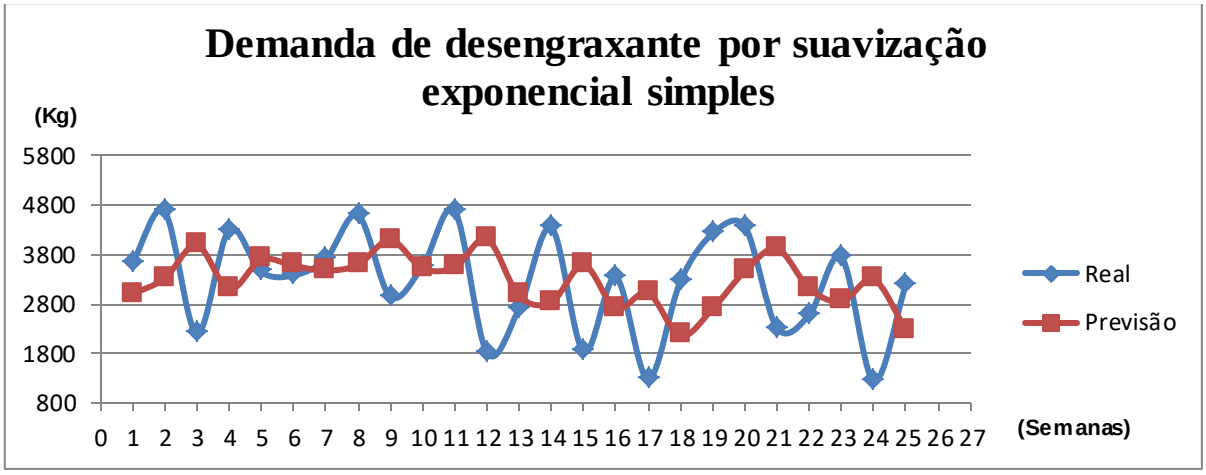
Considerando o alfa como 0,5 para os três produtos, os resultados obtidos estão demonstrados nas tabelas e gráficos que seguem. Para o desengraxante temos um valor-base de 3000kg escolhido por ser um valor médio em comparação com os primeiros valores das vendas reais.

Tabela 8 – Previsão de demanda por suavização exponencial simples para o desengraxante

	Semana	Vendas	Base	Previsão
			3000	
30/10/16 a 05/11/16	1	3635	3318	3000
06/11/16 a 12/11/16	2	4665	3991	3318
13/11/16 a 19/11/16	3	2205	3098	3991
20/11/16 a 26/11/16	4	4295	3697	3098
27/11/16 a 03/12/16	5	3450	3573	3697
04/12/16 a 10/12/16	6	3380	3477	3573
11/12/16 a 17/12/16	7	3710	3593	3477
18/12/16 a 24/12/16	8	4595	4094	3593
01/01/17 a 07/01/17	9	2955	3525	4094
08/01/17 a 14/01/17	10	3560	3542	3525
15/01/17 a 21/01/17	11	4680	4111	3542
22/01/17 a 28/01/17	12	1815	2963	4111
29/01/17 a 04/02/17	13	2710	2837	2963
05/02/17 a 11/02/17	14	4340	3588	2837
12/02/17 a 18/02/17	15	1835	2712	3588
19/02/17 a 25/02/17	16	3335	3023	2712
26/02/17 a 04/03/17	17	1285	2154	3023
05/03/17 a 11/03/17	18	3255	2705	2154
12/03/17 a 18/03/17	19	4222	3463	2705
19/03/17 a 25/03/17	20	4370	3917	3463
26/03/17 a 01/04/17	21	2315	3116	3917
02/04/17 a 08/04/17	22	2580	2848	3116
09/04/17 a 15/04/17	23	3742	3295	2848
16/04/17 a 22/04/17	24	1250	2272	3295
23/04/17 a 29/04/17	25	3195	2734	2272

Fonte: da autora, 2017.

Gráfico 4 – Curvas de demanda e previsão para o desengraxante



Fonte: da autora, 2017.

Conforme o observado no gráfico a curva de previsão está sempre uma semana atrasada em relação a real, porém o erro médio obtido foi de -29kg, ou seja, a previsão em média é 29kg maior que a demanda.

Para o limpa alumínio temos a seguinte tabela e gráfico de previsão *versus* demanda.

Tabela 9 – Previsão de demanda por suavização exponencial simples para o limpa alumínio

(continua)

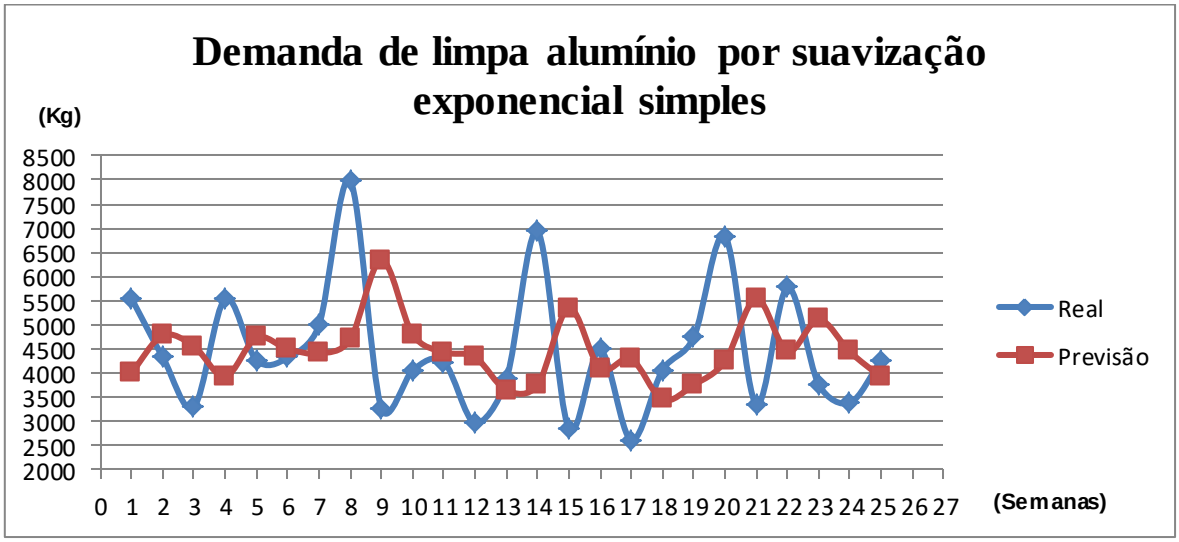
	Semana	Vendas	Base	Previsão
			4000	
30/10/16 a 05/11/16	1	5550	4775	4000
06/11/16 a 12/11/16	2	4335	4555	4775
13/11/16 a 19/11/16	3	3300	3928	4555
20/11/16 a 26/11/16	4	5535	4731	3928
27/11/16 a 03/12/16	5	4270	4501	4731
04/12/16 a 10/12/16	6	4315	4408	4501
11/12/16 a 17/12/16	7	4980	4694	4408
18/12/16 a 24/12/16	8	7985	6339	4694
01/01/17 a 07/01/17	9	3275	4807	6339
08/01/17 a 14/01/17	10	4060	4434	4807
15/01/17 a 21/01/17	11	4230	4332	4434
22/01/17 a 28/01/17	12	2965	3648	4332
29/01/17 a 04/02/17	13	3860	3754	3648
05/02/17 a 11/02/17	14	6930	5342	3754

(conclusão)

	Semana	Vendas	Base	Previsão
12/02/17 a 18/02/17	15	2855	4099	5342
19/02/17 a 25/02/17	16	4480	4289	4099
26/02/17 a 04/03/17	17	2615	3452	4289
05/03/17 a 11/03/17	18	4060	3756	3452
12/03/17 a 18/03/17	19	4740	4248	3756
19/03/17 a 25/03/17	20	6835	5542	4248
26/03/17 a 01/04/17	21	3355	4448	5542
02/04/17 a 08/04/17	22	5770	5109	4448
09/04/17 a 15/04/17	23	3770	4440	5109
16/04/17 a 22/04/17	24	3385	3912	4440
23/04/17 a 29/04/17	25	4265	4089	3912

Fonte: da autora, 2017.

Gráfico 5 – Curvas de demanda e previsão para o limpa alumínio



Fonte: da autora, 2017.

Novamente no gráfico a curva da previsão está uma semana atrasada em relação a real, mesmo assim o erro médio é só de 7kg, ou seja, as vendas reais em média são apenas de 7kg a mais.

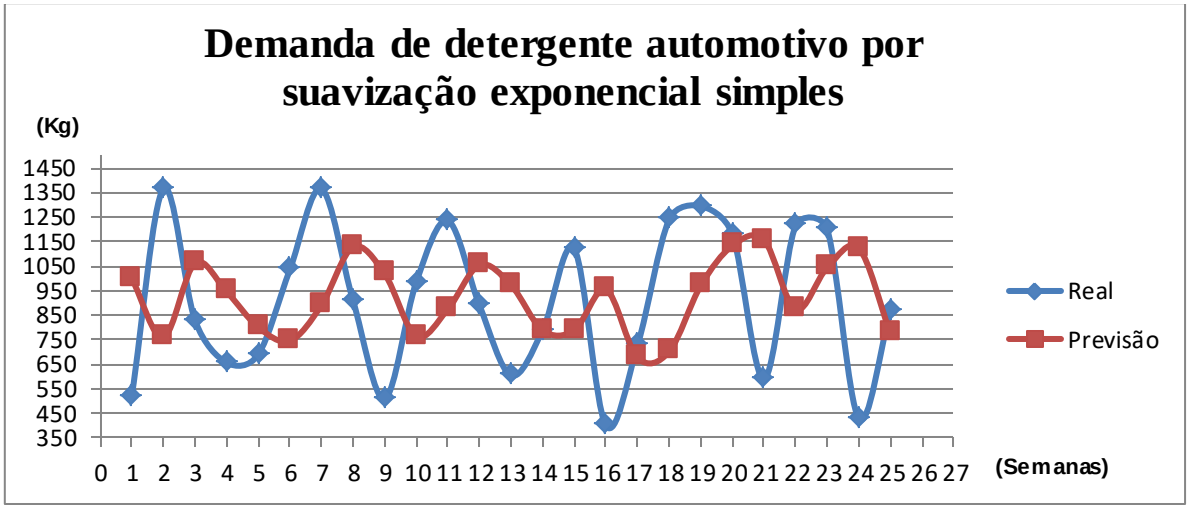
A tabela 10 e gráfico 6 são referentes ao detergente automotivo.

Tabela 10 – Previsão de demanda por suavização exponencial simples para o detergente automotivo

	Semana	Vendas	Base	Previsão
			1000	
30/10/16 a 05/11/16	1	520	760	1000
06/11/16 a 12/11/16	2	1365	1063	760
13/11/16 a 19/11/16	3	830	946	1063
20/11/16 a 26/11/16	4	657	802	946
27/11/16 a 03/12/16	5	690	746	802
04/12/16 a 10/12/16	6	1035	890	746
11/12/16 a 17/12/16	7	1365	1128	890
18/12/16 a 24/12/16	8	910	1019	1128
01/01/17 a 07/01/17	9	510	764	1019
08/01/17 a 14/01/17	10	985	875	764
15/01/17 a 21/01/17	11	1235	1055	875
22/01/17 a 28/01/17	12	890	972	1055
29/01/17 a 04/02/17	13	605	789	972
05/02/17 a 11/02/17	14	789	789	789
12/02/17 a 18/02/17	15	1120	954	789
19/02/17 a 25/02/17	16	400	677	954
26/02/17 a 04/03/17	17	727	702	677
05/03/17 a 11/03/17	18	1240	971	702
12/03/17 a 18/03/17	19	1295	1133	971
19/03/17 a 25/03/17	20	1180	1157	1133
26/03/17 a 01/04/17	21	590	873	1157
02/04/17 a 08/04/17	22	1215	1044	873
09/04/17 a 15/04/17	23	1200	1122	1044
16/04/17 a 22/04/17	24	430	776	1122
23/04/17 a 29/04/17	25	865	821	776

Fonte: da autora, 2017.

Gráfico 6 – Curvas de demanda e previsão para o detergente automotivo



Fonte: da autora, 2017.

Igualmente a previsão está uma semana atrasada em relação à demanda, mas o erro médio é de apenas -14kg, ou seja, a previsão em média é de 14kg a menos em relação a demanda real.

Após todos os cálculos e gráficos analisados percebe-se que apesar de a previsão estar sempre uma semana atrasada o erro médio é baixo. Devido à facilidade e rapidez de cálculo e o erro médio ser pequeno esse é o método utilizado para a utilização dos valores no PMP. Também pensando em uma maior variedade de produtos que exigiriam rapidez e agilidade na entrega do PMP este método é melhor.

3.4.3 Previsão de demanda por suavização exponencial com tendência e sazonalidade

Assim como na previsão de demanda por média móvel a partir dos dados coletados das vendas de desengraxante, limpa alumínio e detergente automotivo foi possível o cálculo da previsão de demanda por suavização exponencial com tendência e sazonalidade.

Primeiramente a sazonalidade determinada para cálculo foi de 3 semanas, escolhida através de análise gráfica. Os coeficientes alfa (α) e beta (β) foram determinados como 0,3 e 0,1 respectivamente. Sabendo-se que os cálculos utilizados estão representados nas equações abaixo, obtêm-se a tabela 11 e o gráfico 8 para o desengraxante.

$$P_t = (S_{t-1} + R_{t-1})\ x\ F_t \qquad (14)$$

$$P_{t+n} = \left(S_{t-1} + R_{t-1}\ x\ (n+1)\right) x\ F_{t+n} \quad (15)$$

$$S_t = \alpha x \left(\frac{V_t}{F_t}\right) + (1-\alpha) x\ (S_{t-1} + R_{t-1}) \quad (16)$$

$$R_t = \beta\ x\ (S_t - S_{t-}) + (1-\beta)\ x\ R_{t-1} \quad (17)$$

Tal que:

P_t = Previsão das vendas para o período t,

P_{t+n} = Previsão das vendas para o período t+n,

S_t = Valor da base dessazonalizada calculado no instante t,

F_t = Valor do coeficiente de sazonalidade para o período t,

R_t = Valor da taxa de tendência calculado no período t,

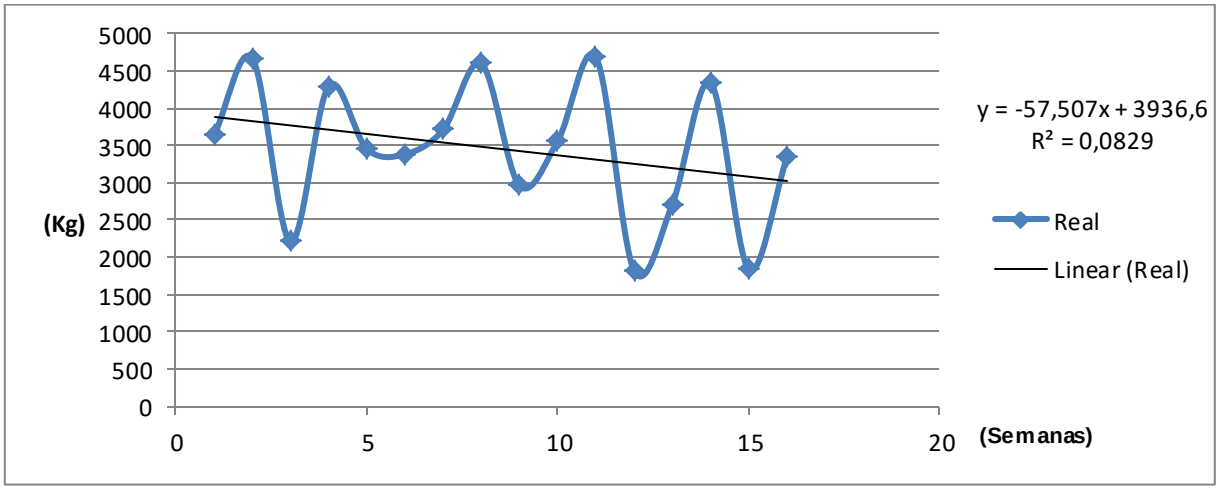
α = Constante de suavização da base,

β = Constante de suavização da tendência (entre 0 e 1) e

V_t = Valor das vendas reais no período t.

Primeiramente a partir das vendas realizadas antes da previsão, ou seja, semana 1 até 16, é plotado um gráfico para obtenção da equação da reta e assim são calculados os valores dessazonalizados. O gráfico 7 demonstra a reta e sua equação, além do coeficiente de determinação da reta (R^2) para o desengraxante.

Gráfico 7 – Reta com os valores dessazonalizados para o desengraxante



Fonte: da autora, 2017.

Com a obtenção da reta é possível o cálculo dos valores reais dessazonalizados como, por exemplo, o cálculo para o primeiro valor do desengraxante que é demonstrado a seguir, lembrando que os resultados devem ser arredondados.

$$y = -57{,}507x + 3936{,}6 \tag{18}$$

Tal que:

y = valor dessazonalizado (S_t) e

x = número da semana (t).

$$S_1 = -57{,}507 * 1 + 3936{,}6 \tag{19}$$

$$S_1 = 3879 \tag{20}$$

Após os cálculos dos valores dessazonalizados foi realizado o cálculo do fator de sazonalidade segundo a equação abaixo.

$$F_t = \frac{vendas}{valores\ dessazonalidados} \tag{21}$$

O valor de fator de sazonalidade para a semana 17 é uma média de todos os anteriores, já os próximos são calculados a partir da média dos fatores para cada semana correspondente sazonalmente. Por exemplo, o fator de sazonalidade para a segunda semana, considerando-se 3 semanas de sazonalidade, é a média dos fatores das segundas semanas anteriores.

Além disso, o coeficiente angular da reta, ou seja -57,507, é o valor da taxa de tendência considerado no primeiro período sazonal. Para os próximos períodos é utilizada a equação de obtenção da taxa de tendência.

Tabela 11 – Previsão de demanda por suavização exponencial com sazonalidade e tendência para o desengraxante

(continua)

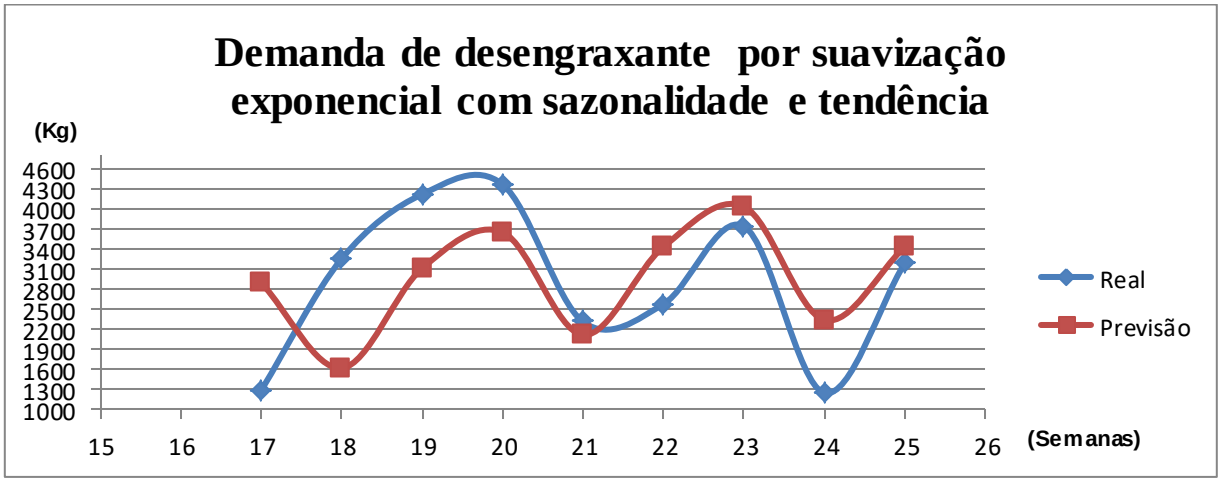
	Semana	Vendas	Valores dessazonalizados	Fator de sazonalidade
30/10/16 a 05/11/16	1	3635	3879	0,94
06/11/16 a 12/11/16	2	4665	3822	1,22
13/11/16 a 19/11/16	3	2205	3764	0,59

(conclusão)

	Semana	Vendas	Valores dessazonalizados	Fator de sazonalidade	
20/11/16 a 26/11/16	4	4295	3707	1,16	
27/11/16 a 03/12/16	5	3450	3649	0,95	
04/12/16 a 10/12/16	6	3380	3592	0,94	
11/12/16 a 17/12/16	7	3710	3534	1,05	
18/12/16 a 24/12/16	8	4595	3477	1,32	
01/01/17 a 07/01/17	9	2955	3419	0,86	
08/01/17 a 14/01/17	10	3560	3362	1,06	
15/01/17 a 21/01/17	11	4680	3304	1,42	
22/01/17 a 28/01/17	12	1815	3247	0,56	
29/01/17 a 04/02/17	13	2710	3189	0,85	
05/02/17 a 11/02/17	14	4340	3132	1,39	
12/02/17 a 18/02/17	15	1835	3074	0,60	
19/02/17 a 25/02/17	16	3335	3016	1,11	Previsão
26/02/17 a 04/03/17	17	1285	2457	1,00	2901
05/03/17 a 11/03/17	18	3255	3056	0,71	1621
12/03/17 a 18/03/17	19	4222	3333	1,03	3113
19/03/17 a 25/03/17	20	4370	3372	1,22	3655
26/03/17 a 01/04/17	21	2315		0,71	2117
02/04/17 a 08/04/17	22	2580		1,03	3437
09/04/17 a 15/04/17	23	3742		1,22	4038
16/04/17 a 22/04/17	24	1250		0,71	2341
23/04/17 a 29/04/17	25	3195		1,03	3437

Fonte: da autora, 2017.

Gráfico 8 – Curvas de demanda e previsão para o desengraxante

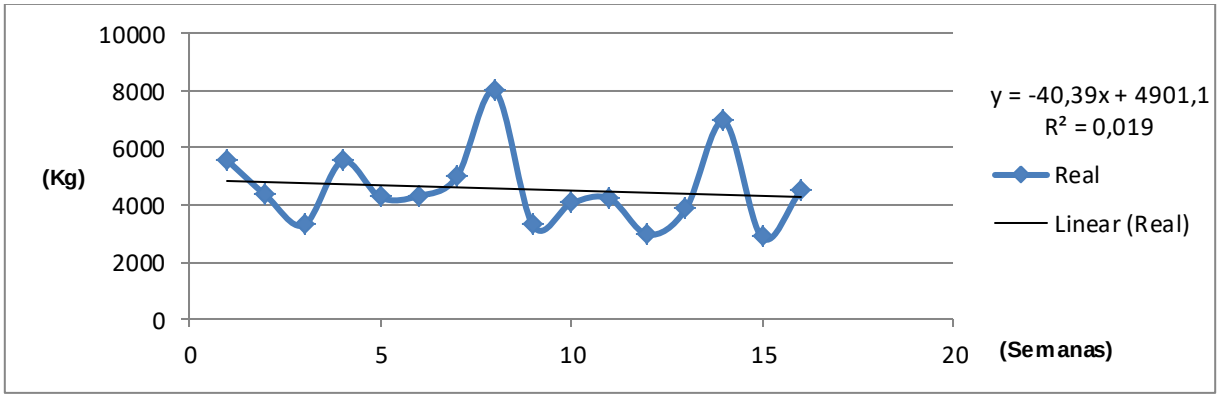


Fonte: da autora, 2017.

A partir dos valores de previsão encontrados o gráfico foi plotado e assim observa-se que a linha da previsão está próxima da real sugerindo uma boa previsão. Conforme o resultado do erro médio para o desengraxante, que foi de -49kg, ou seja 49kg em média a mais por semana prevista, percebe-se que, pelo menos, para o desengraxante o método é aplicável.

Para o limpa alumínio os cálculos são os mesmos, primeiramente temos o gráfico com a reta com os valores dessazonalizados e depois a tabela e gráfico referente aos valores previstos.

Gráfico 9 – Reta com os valores dessazonalizados para o limpa alumínio



Fonte: da autora, 2017.

Tabela 12 – Previsão de demanda por suavização exponencial com sazonalidade e tendência para o limpa alumínio

(continua)

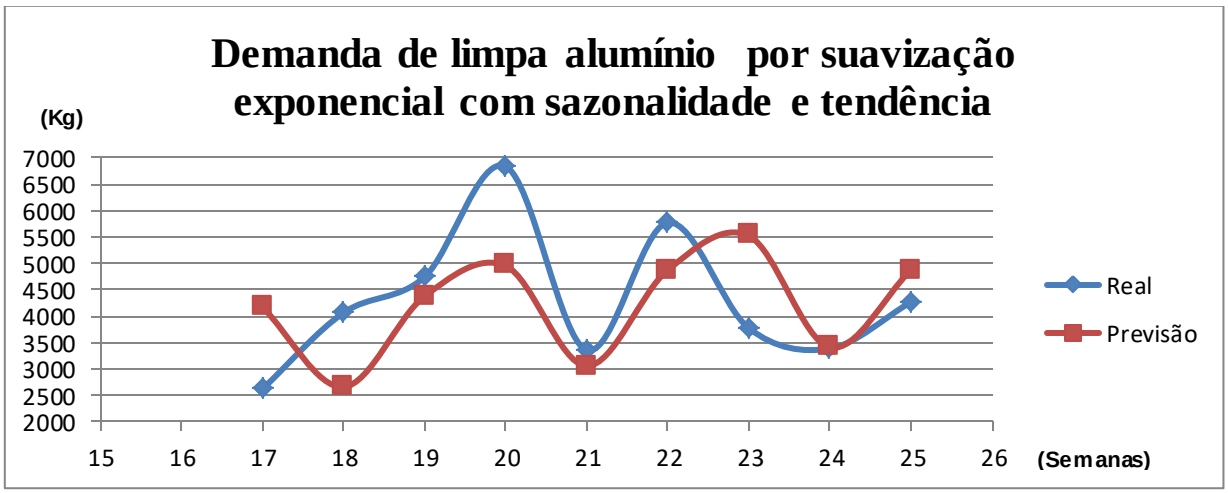
	Semana	Vendas	Valores dessazonalizados	Fator de sazonalidade
30/10/16 a 05/11/16	1	5550	4861	1,14
06/11/16 a 12/11/16	2	4335	4820	0,90
13/11/16 a 19/11/16	3	3300	4780	0,69
20/11/16 a 26/11/16	4	5535	4740	1,17
27/11/16 a 03/12/16	5	4270	4699	0,91
04/12/16 a 10/12/16	6	4315	4659	0,93
11/12/16 a 17/12/16	7	4980	4618	1,08
18/12/16 a 24/12/16	8	7985	4578	1,74
01/01/17 a 07/01/17	9	3275	4538	0,72
08/01/17 a 14/01/17	10	4060	4497	0,90
15/01/17 a 21/01/17	11	4230	4457	0,95

(conclusão)

	Semana	Vendas	Valores dessazonalizados	Fator de sazonalidade	
22/01/17 a 28/01/17	12	2965	4416	0,67	
29/01/17 a 04/02/17	13	3860	4376	0,88	
05/02/17 a 11/02/17	14	6930	4336	1,60	
12/02/17 a 18/02/17	15	2855	4295	0,66	
19/02/17 a 25/02/17	16	4480	4255	1,05	Previsão
26/02/17 a 04/03/17	17	2615	3735	1,00	4174
05/03/17 a 11/03/17	18	4060	4243	0,73	2655
12/03/17 a 18/03/17	19	4740	4313	1,04	4372
19/03/17 a 25/03/17	20	6835	4723	1,18	4951
26/03/17 a 01/04/17	21	3355		0,73	3053
02/04/17 a 08/04/17	22	5770		1,04	4871
09/04/17 a 15/04/17	23	3770		1,18	5519
16/04/17 a 22/04/17	24	3385		0,73	3406
23/04/17 a 29/04/17	25	4265		1,04	4871

Fonte: da autora, 2017.

Gráfico 10 – Curvas de demanda e previsão para o limpa alumínio

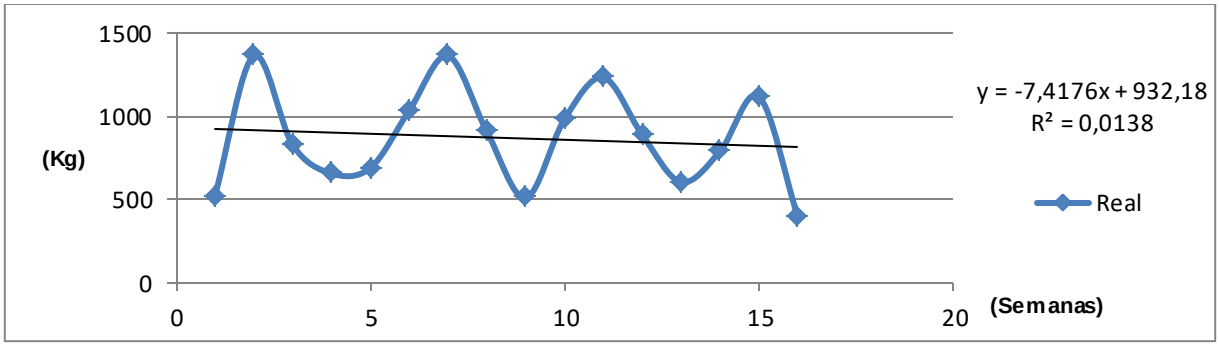


Fonte: da autora, 2017.

Assim como para o desengraxante, a linha da previsão está próxima da real. O erro médio obtido foi de 102kg, ou seja, a demanda está em média 102kg maior que a previsão. Conforme os resultados obtidos, para o limpa alumínio este método também é aplicável.

No caso do detergente automotivo temos os mesmos cálculos novamente, e também obtemos primeiramente o gráfico com a reta dos valores dessazonalizados e então a tabela com as previsões e o gráfico comparativo real *versus* previsão.

Gráfico 11 – Reta com os valores dessazonalizados para o detergente automotivo



Fonte: da autora, 2017.

Tabela 13 – Previsão de demanda por suavização exponencial com sazonalidade e tendência para o detergente automotivo

(continua)

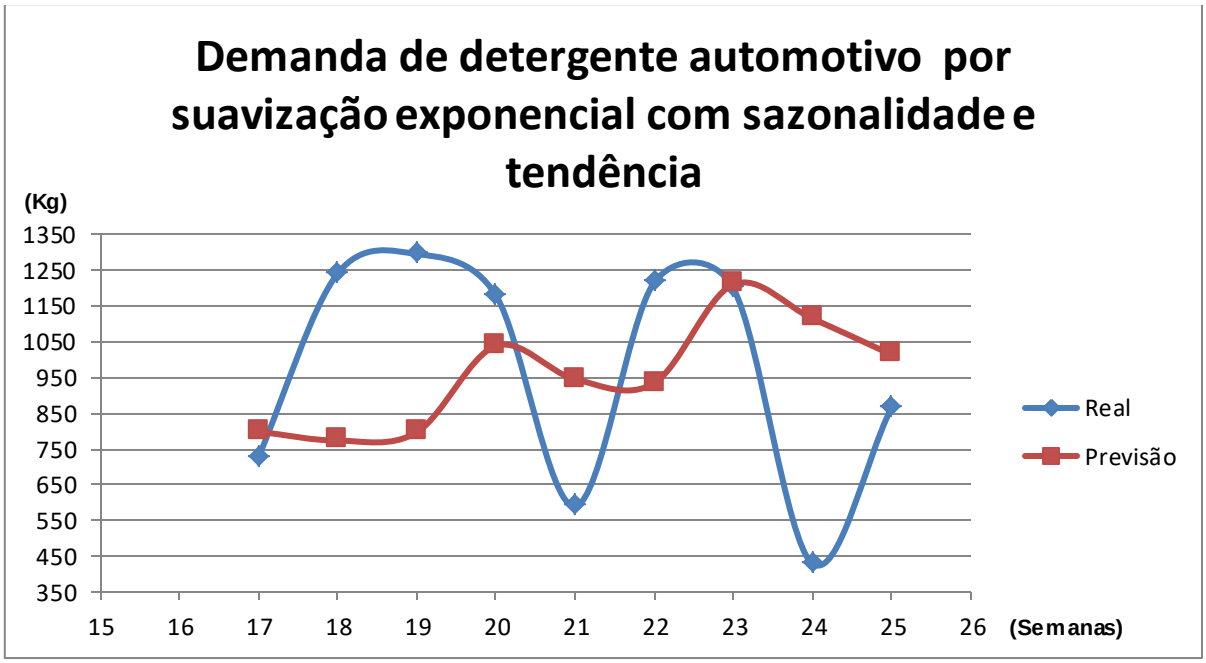
	Semana	Vendas	Valores dessazonalizados	Fator de sazonalidade	
30/10/16 a 05/11/16	1	520	925	0,56	
06/11/16 a 12/11/16	2	1365	917	1,49	
13/11/16 a 19/11/16	3	830	910	0,91	
20/11/16 a 26/11/16	4	657	903	0,73	
27/11/16 a 03/12/16	5	690	895	0,77	
04/12/16 a 10/12/16	6	1035	888	1,17	
11/12/16 a 17/12/16	7	1365	880	1,55	
18/12/16 a 24/12/16	8	910	873	1,04	
01/01/17 a 07/01/17	9	510	865	0,59	
08/01/17 a 14/01/17	10	985	858	1,15	
15/01/17 a 21/01/17	11	1235	851	1,45	
22/01/17 a 28/01/17	12	890	843	1,06	
29/01/17 a 04/02/17	13	605	836	0,72	
05/02/17 a 11/02/17	14	789	828	0,95	
12/02/17 a 18/02/17	15	1120	821	1,36	
19/02/17 a 25/02/17	16	400	813	0,49	Previsão
26/02/17 a 04/03/17	17	727	782	1,00	799
05/03/17 a 11/03/17	18	1240	908	1,02	773
12/03/17 a 18/03/17	19	1295	1078	0,87	797

(conclusão)

	Semana	Vendas	Valores dessazonalizados	Fator de sazonalidade	Previsão
19/03/17 a 25/03/17	20	1180	1066	1,12	1038
26/03/17 a 01/04/17	21	590		1,01	945
02/04/17 a 08/04/17	22	1215		0,87	934
09/04/17 a 15/04/17	23	1200		1,11	1210
16/04/17 a 22/04/17	24	430		1,02	1115
23/04/17 a 29/04/17	25	865		0,94	1014

Fonte: da autora, 2017.

Gráfico 12 – Curvas de demanda e previsão para o detergente automotivo



Fonte: da autora, 2017.

No caso do detergente automotivo observa-se que no gráfico a linha de previsão diferencia-se da real e apesar de o erro médio obtido ter sido de 13kg, ou seja, em média a demanda real é 13kg maior que a previsão, este método não é aplicável para o detergente automotivo.

Embora o método possa ser utilizado em dois produtos e o erro médio para o último ser pequeno, ele é um método muito trabalhoso, que exige várias equações para resolução e maior número de dados do que os outros. Em uma quantidade pequena de produtos é possível a sua utilização, porém com vários tipos e com uma exigência de previsão rápida é pouco vantajoso quando comparado com o de suavização exponencial simples.

3.4.4 Arquivo do PMP

Com os dados de previsão das últimas oito semanas observadas foi possível a manufatura do plano-mestre de produção para cada produto, sendo o mesmo representado em forma de tabelas para cada um. Uma tabela é o arquivo do PMP em si, o qual demonstra quanto produzir em cada semana conforme demanda prevista ou confirmada. A segunda tabela nos diz o estoque final resultante antes e depois do PMP. O valor inicial de estoque projetado ficou definido em 1000kg para os três produtos conforme o observado existente na empresa no período.

Para o desengraxante temos a tabela 14 e 15.

Tabela 14 – Arquivo PMP para o desengraxante

		Março				Abril			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Demanda prevista (kg)		2154	2705	3463	3917	3116	2848	3295	2272
Demanda confirmada (kg)		2100	1500	1000	0	0	0	0	0
Recebimentos programados (kg)		2000							
Estoques projetados (kg)	1000	2846	2141	2678	2761	1645	2797	1502	1230
PMP (kg)		2000	2000	4000	4000	2000	4000	2000	2000

Fonte: da autora, 2017.

Tabela 15 – Estoque antes e depois do PMP para o desengraxante

Semana	Estoque inicial	Recebimentos Programados	Demanda (prevista ou real)	Estoque antes do PMP	PMP	Estoque final
1	1000	2000	2154	846	2000	2846
2	2846		2705	141	2000	2141
3	2141		3463	-1322	4000	2678
4	2678		3917	-1239	4000	2761
1	2761		3116	-355	2000	1645
2	1645		2848	-1203	4000	2797
3	2797		3295	-498	2000	1502
4	1502		2272	-770	2000	1230

Fonte: da autora, 2017.

Observa-se que em algumas semanas mais de uma carga (2000kg) precisa ser produzida para obedecer a demanda prevista e o estoque mínimo de 1000kg. Também percebe-se que em todas as semanas há a necessidade da produção.

Para o limpa alumínio temos as tabelas 16 e 17 a seguir.

Tabela 16 – Arquivo PMP para o limpa alumínio

		Março				Abril			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Demanda prevista		3452	3756	4248	5542	4448	5109	4440	3912
Demanda confirmada		3350	1500	1100	0	0	0	0	0
Recebimentos programados		3000							
Estoques projetados	1000	3548	2792	1544	2002	3554	1445	3005	2093
PMP		3000	3000	3000	6000	6000	3000	6000	3000

Fonte: da autora, 2017.

Tabela 17 – Estoque antes e depois do PMP para o limpa alumínio

Semana	Estoque inicial	Recebimentos Programados	Demanda (prevista ou real)	Estoque antes do PMP	PMP	Estoque final
1	1000	3000	3452	548	3000	3548
2	3548		3756	-208	3000	2792
3	2792		4248	-1456	3000	1544
4	1544		5542	-3998	6000	2002
1	2002		4448	-2446	6000	3554
2	3554		5109	-1555	3000	1445
3	1445		4440	-2995	6000	3005
4	3005		3912	-907	3000	2093

Fonte: da autora, 2017.

Também considerando um estoque mínimo de 1000kg observa-se a necessidade da produção de mais de uma carga (3000kg) em determinadas semanas. Novamente, para este produto, é necessário produzir todas as semanas para compreender a demanda prevista e estoque mínimo.

Para o detergente automotivo as tabelas 18 e 19 demonstram o seu PMP.

Tabela 18 – Arquivo PMP para o detergente automotivo

		Março				Abril			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Demanda prevista		702	971	1133	1157	873	1044	1122	776
Demanda confirmada		700	500	350	0	0	0	0	0
Recebimentos programados		3000							
Estoques projetados	1000	3298	2327	1194	3037	2164	1120	2998	2222
PMP					3000			3000	

Fonte: da autora, 2017.

Tabela 19 – Estoque antes e depois do PMP para o detergente automotivo

Semana	Estoque inicial	Recebimentos Programados	Demanda (prevista ou real)	Estoque antes do PMP	PMP	Estoque final
1	1000	3000	702	3298	0	3298
2	3298		971	2327	0	2327
3	2327		1133	1194	0	1194
4	1194		1157	37	3000	3037
1	3037		873	2164	0	2164
2	2164		1044	1120	0	1120
3	1120		1122	-2	3000	2998
4	2998		776	2222	0	2222

Fonte: da autora, 2017.

Conforme demonstrado anteriormente o estoque mínimo para o detergente automotivo é de 500kg, sendo assim, de acordo com a demanda prevista e com a capacidade de produção, não há a necessidade da produção em todas as semanas abordadas. Observa-se que apenas produzindo em duas semanas das oito, o estoque mantém-se suficiente e atende a demanda necessária.

3.4.5 Sugestões

Sugere-se que a empresa aplique o planejamento mestre da produção, não só para os três produtos estudados como também para outros, que exigem grandes demandas semanais.

Como há uma grande variedade de produtos no portfólio da empresa sugere-se um melhoramento no sistema computacional já existente, em relação à sua aplicabilidade para estoque, planejamento e controle de produção visto que o atual somente é utilizado para custos, faturamento e emissão de ordens de produção.

4 CONCLUSÃO

Através das previsões de demanda tornou-se possível a escolha de uma que melhor adequa-se para a elaboração do plano-mestre de produção para cada produto. Assim determinou-se que a previsão pelo método de suavização exponencial simples foi a mais adequada para uso no planejamento devido sua simplicidade matemática e menor erro médio de previsão sendo o erro médio de 7kg para o limpa alumínio, de -29kg para o desengraxante e de -14kg para o detergente automotivo.

A capacidade de produção dos três produtos na empresa é predeterminada pelo espaço existente e os tanques de mistura usados unicamente para a elaboração de cada um. Com isso não há a possibilidade de aumento de produção relacionada a espaço, porém a produção pode ser elevada em tempo, ou seja, realizar mais cargas por semana obedecendo ao espaço de estoque disponível e o que diz o PMP.

Com observações realizadas na empresa constatou-se que o espaço para armazenamento de estoque é limitado devido a grande variedade produzida. Sendo assim o planejamento mestre foi pensado para obedecer este espaço, e constatou-se que há um estoque mínimo necessário e possível de ser armazenado para cada produto sendo este de 1000kg para desengraxante e limpa alumínio e de 500kg para o detergente automotivo.

A partir das informações da previsão de demanda, capacidade de produção e de armazenamento foi possível a elaboração do planejamento-mestre da produção. Este revelando quando e quanto produzir de cada produto.

Após a elaboração do PMP conclui-se que além de nos informar o quanto e quando produzir ele é extremamente importante para um melhor controle de estoque e gerenciamento de matérias-primas. Além disso, com o PMP é possível realizar uma programação da produção e apurar o tempo de entrega dos pedidos para melhor atender os clientes.

REFERÊNCIAS

COMUNELLO, Ana Carla. **Planejamento e controle de produção:** um estudo de caso de uma indústria do oeste do Paraná. Trabalho de conclusão de curso. 2014. 87f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014. Disponível em: < http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2349/1/MD_COENP_2013_2_01.pdf > Acesso em: 28 abr. 2017.

CORRÊA, H.L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ERDMANN, Rolf H. **Administração da produção**: Planejamento, Programação e Controle. Florianópolis: Papa Livro, 2000.

LEONEL, Vilson; MOTTA, Alexandre de Medeiros. **Ciência e pesquisa:** Livro didático. 2. ed. Palhoça: UnisulVirtual, 2007.

LUSTOSA, Leonardo. et al. **Planejamento e controle da produção.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PEINADO, Jurandir; GRAIMEL, Alexandre Reis. **Administração da produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba; UnicenP, 2007. Disponível em: < http://s3.amazonaws.com /academia.edu.documents/34490659/livro2folhas.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1491869158&Signature=1YP0kTDitH6PVaMAcTJKgU0DMvI%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dlivro6.pdf > Acesso em: 10 abr. 2017.

PIAGGE, Ricardo M. D.; BAGNI, Gustavo; MARCOLA, Josadak A. **Proposta de um modelo de plano mestre de produção para uma empresa de suplementos alimentares:** uma pesquisa-ação. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_221_27786.pdf> Acesso em: 10 abr. 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

TUBINO, Dalvio F. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VILAÇA, Luísa Lemos. **Análise de planejamento e controle da produção em indústria química**. 2008. 37 f. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campo dos Goytacazes, 2008. Disponível em <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LEPROD_6958_1259346676.pdf> Acesso em: 10 abr. 2017.

YIN, Robert K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Tradução: Daniel Grassi. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.