

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Sergio de Araujo

**ANÁLISE DE CENÁRIOS DE FLUXO DE
PEDIDOS E DEMANDAS APLICADOS EM UMA
EMPRESA DO SEGMENTO
AUTOMOBILÍSTICO**

**Taubaté – SP
2012**

Sergio de Araujo

**ANÁLISE DE CENÁRIOS DE FLUXO DE
PEDIDOS E DEMANDAS APLICADOS EM UMA
EMPRESA DO SEGMENTO
AUTOMOBILÍSTICO**

Dissertação apresentada para obtenção do Certificado de
Título de Mestre pelo curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade
de Taubaté.

Área de Concentração: Produção Mecânica

Orientadora: Profa. Dra. Valesca Alves Correa

Taubaté – SP

2012

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas – UNITAU - Biblioteca de Engenharia Mecânica**

A663a Araujo, Sergio de
Análise de cenários de fluxo de pedidos e demandas aplicados em uma empresa do segmento automobilístico. / Sergio de Araujo - 2012.

65f. : il; 30 cm.

Dissertação(Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica na área de Produção Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica, 2012

Orientador: Profa. Dra Valesca Alves Corrêa,
Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Modelos de sistemas de produção. 2. Redução de estoques. 3. Previsão de demanda. I. Título.

Sergio de Araujo

**ANÁLISE DE CENÁRIOS DE FLUXO DE PEDIDOS E DEMANDAS APLICADOS
EM UMA EMPRESA DO SEGMENTO AUTOMILÍSTICO**

Dissertação apresentada para obtenção do
Certificado de Título de Mestre pelo curso de
Engenharia Mecânica do Departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade de
Taubaté.

Área de Concentração: Produção Mecânica

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Valesca Alves Corrêa

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Luiz Eduardo Nicolini do Patrocínio Nunes

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Francisco Antônio Lotufo

Universidade Estadual Paulista

Assinatura _____

Dedico este trabalho a minha querida esposa Alexandra, pessoa muito importante na minha vida suportando todas as minhas ausências nos momentos em que mais precisava de minha companhia. Ao Deus que proporciona a força que tanto tenho para conseguir as minhas conquistas, a meus pais que sem eles eu não teria chegado até aqui, pois foram meus alicerces e construíram um homem que aprendeu que o limite é não ter limites para as coisas que engrandecem o caráter. Meu muito obrigado a todos.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos da turma XXIV que proporcionaram um excelente ambiente de integração e parceria para o desenvolvimento de trabalhos em grupo alinhado a trocas de experiências.

À minha orientadora Profa. Dra. Valesca Alves Correa pelo apoio, confiança e incentivo para efetivação desta dissertação.

Aos meus familiares e em especial a minha querida esposa Alexandra que plenamente dedicou sua paciência durante todo o tempo desta formação.

ARAUJO, Sergio de. **Análise de Cenários de Fluxo de Pedidos e Demandas Aplicados em uma Empresa do Segmento Automobilístico**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica de Produção) – Departamento de Engenharia Mecânica – DEM, Universidade de Taubaté, Taubaté.

RESUMO

As intensas evoluções do mercado forçam as empresas a adequarem seus negócios abordando novos meios estratégicos para se manterem competitivas diante de seus concorrentes. O objetivo do trabalho é analisar novos arranjos produtivos encontrados no segmento automobilístico que se destacam por necessitar de uma forma cada vez melhor de relacionamento com seus clientes através de uma modelagem do sistema para disponibilizar a visibilidade do estoque nos diversos estágios como: antes da produção, durante a produção, durante o trânsito, quando estocados nos pátios e até possibilitando a colocação de pedido para itens que não estão disponíveis nos estágios anteriores citados. O trabalho também aborda um estudo de previsão de demanda que utiliza modelos matemáticos sobre a média da quantidade de vendas apuradas em determinado período de tempo e um comparativo com o método dos mínimos quadrados. A consequência do engajamento dos pedidos nas etapas anteriores da real disponibilidade física dos produtos para comercialização e entrega, propõe otimizar os níveis de estoque em quantidades mais baixas do que o modelo atual. Os cenários são simulados e visam contribuir como ferramenta para demonstrar a viabilidade de um novo modelo de política de comercialização dos produtos.

Palavras-chave: Modelos de sistemas de produção. Redução de estoques. Previsão de demanda.

ARAÚJO, Sergio de. (M.Sc. in Mechanical Production Engineering) – Department of Mechanical Engineering – DEM, University of Taubaté, Taubaté, BRAZIL.

ABSTRACT

The intense Market developments force companies adapt their business by addressing new strategic means to remain competitive in the face of its competitors. The objective is to analyze new production arrangements found in the automotive sector that need to stand out by an ever better relationship with its customers through a modeling system to provide inventory visibility in different stages such as: before production, during production, during transit, when stored in the courtyards and even allowing for the placement of order for items that are not available in earlier stages cited. The paper also discusses a study of demand forecasting which uses mathematical models to average volumes calculated requests in a given time period and a comparison with the least squares method. The result of the engagement of requests in previous stages of actual physical availability of products for sale and delivery, proposes optimize inventory levels in amounts lower than the current model. The scenarios are simulated and aim to contribute as a tool to demonstrate the feasibility of a new model of political marketing.

Keywords: Models of production systems. Decrease in inventories. Demand forecast.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação de Fluxograma das Etapas da Modelagem	19
Figura 2: Fluxo Fronteira Empurrar/Puxar	30
Figura 3: Sistema de Atendimento de Pedido Atual	36
Figura 4: Giro de Estoque Realizado	39
Figura 5: Comportamento de Estoque Demanda e Produção	40
Figura 6: Comparativo do comportamento das demandas de 2010 e 2011	41
Figura 7: Sistema de Atendimento de Pedido Proposto	43
Figura 8: Comandos Usados no Aplicativo Maple para o Método dos Mínimos Quadrado	44
Figura 9: Giro de Estoque pelo Método da Média Simples	46
Figura 10: Giro de Estoque pelo Método do Último Período	48
Figura 11: Giro de Estoque pelo Método da Média Ponderada	50
Figura 12: Gráfico Representativo da Reta de Melhor Ajuste pelo Método dos Mínimos Quadrados	51
Figura 13: Giro de Estoque pelo Método dos Mínimos Quadrados	53
Figura 14: Gráfico Comparativo do Giro Realizado X Métodos Utilizados Propostos	56
Figura 15: Fluxo do Cenário de Visibilidade Proposta	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comportamento da Demanda, Estoque e Giro	38
Tabela 2: Comportamento da Demanda, Estoque e Giro Proposta Baseada na Média Simples	45
Tabela 3: Comportamento da Demanda, Estoque e Giro Baseado no Método do Último Período	47
Tabela 4: Comportamento da Demanda, Estoque e Giro Baseado no Método da Média Ponderada	49
Tabela 5: Comportamento da Demanda, Estoque e Giro Baseado no Método dos Mínimos Quadrados	52
Tabela 6: Comparativo do Comportamento do Giro Realizado e de cada Cenário Proposto	54
Tabela 7: Comparativo do Resultado do Giro Realizado Versus os Cenários Propostos	55
Tabela 8: Comparativo do Resultado EQM dos Cenários Propostos	58

LISTA DE ABREVIATURAS

DFMA: *Design for Manufacturing and Assembly*;

EDI: *Electronic Data Interchange* – Intercâmbio de Dados Eletrônicos;

E&P: Exploração de Petróleo;

EQM: Erro quadrado médio;

ERP: *Enterprise Resource Planning* – Sistemas Integrados de Gestão;

IDEF-SIM: *Integrad Definition Methods – Simulation*;

MRP: *Materials Requirements Planning* – Planejamento das Necessidades de Materiais.

GLOSÁRIO

Hard: Sistema com abordagem em modelos validados estatisticamente;

Just In Time: Receber, produzir, entregar no tempo exato e na hora exata;

Lead Time: Tempo de Entrega;

Maple: Sistema de computação algébrica, numérica e gráfica, utilizado para resolução de problemas que exigem métodos matemáticos;

MERCOSUL: Mercado do Cone Sul;

Soft: Sistema com abordagem em modelos validados pelos resultados;

Software: Programa lógico instalado no computador;

Status: Estado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivo geral.....	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
1.2 Estrutura do trabalho.....	16
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1 Modelagem.....	17
2.2 Sistemas simulados.....	20
2.3 Previsão de demanda ou consumo.....	24
2.3.1 Técnicas de apuração de demanda.....	25
2.3.2 Modelos matemáticos para previsão de demanda.....	28
2.4 Sistemas puxados versus sistemas empurrados.....	30
3 DESENVOLVIMENTO.....	33
3.1 Estudo de caso.....	33
3.2 Delimitação do estudo do problema.....	33
3.2.1 Cenário atual.....	34
3.2.1.1 Abordagem qualitativa atual.....	35
3.2.1.2 Abordagem quantitativa atual.....	38
3.2.2 Cenário proposto.....	41
3.2.2.1 Abordagem qualitativa proposta.....	41
3.2.2.2 Abordagem quantitativa proposta.....	43
4 RESULTADOS.....	45
4.1 Cenário proposto para o estudo da demanda com média simples ou móvel.....	45
4.2 Cenário proposto para o estudo pelo método do último período.....	46
4.3 Cenário proposto para o estudo pelo método da média ponderada.....	48
4.4 Cenário proposto para o estudo da demanda com o método dos mínimos quadrados.....	50
4.5 Comparativo dos cenários propostos da demanda real versus os métodos propostos.....	53

4.6 Medição da precisão.....	57
4.7 Fluxo proposto com base na nova visibilidade para a abordagem qualitativa.....	59
5 CONCLUSÃO.....	61
REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia de Produção Mecânica é uma área muito importante para vários setores industriais. As empresas procuram melhorar seus processos, métodos, filosofias, mecanismos e tecnologias para alcançarem melhores destaques competitivos diante da concorrência conquistando maior participação e preferência dos consumidores num mercado acirrado. A busca constante para a maximização dos lucros e minimização dos custos pressiona as empresas a se reinventarem a cada dia.

Diante de um mundo globalizado as empresas necessitam cada dia mais criarem formas de relacionamento que tragam as condições necessárias de parcerias contemplando objetivos comuns que possibilitam o surgimento de novas oportunidades de negócios no mercado.

Mudanças de estratégias são constantes num mercado de grande competitividade e assim que uma vantagem competitiva é estabelecida em determinado segmento, logo os demais participantes procuram outros conceitos para não ficarem obsoletos, mesmo que tenham que copiar os modelos de seus concorrentes mais fortes. A flexibilidade dos métodos de colocação de pedido nos diversos estágios do processo produtivo vem ao encontro para auxiliar a redução dos níveis de estoque.

Assim o uso de novas tecnologias para se obter um desempenho operacional cada vez mais eficiente exige um planejamento da programação de produção, que é um dos métodos de fundamental importância para otimizar o sistema de produção, sendo esse um dos problemas enfrentados pelas empresas.

Especificamente dentro do segmento automobilístico, a rede de concessionárias parceiras não tem visibilidade dos produtos além daqueles disponibilizados após produção, ficando o perímetro desde a concepção até antes da disponibilidade invisível para o cliente.

A empresa montadora perde oportunidade de venda dos produtos que ficam no estoque aguardando o surgimento da necessidade do concessionário cliente, gerando altos níveis de estoque e com isto custo financeiro.

Este trabalho objetiva realizar um estudo sobre a viabilidade de melhoria neste fluxo de relacionamento comercial, produtivo e atendimento de pedidos de produtos entre a montadora e sua rede de concessionários, e simulando um cenário através da implantação de ampliação da visibilidade das etapas do processo fabril, de trânsito e de armazenagem. Realiza também

um comparativo da análise comportamental de previsão de demanda por meio de quatro métodos matemáticos utilizados como cenários.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é simular a viabilidade na redução dos estoques de uma montadora de automóveis a partir de uma melhor visibilidade do processo e realizar análise comparativa de modelos matemáticos de previsão de demanda.

1.1.2 Objetivos específicos

- Disponibilizar a visibilidade dos produtos em cada fase de fabricação, trânsito e real disponibilidade em estoque nos pátios;
- Demonstrar a viabilidade da utilização de Intercâmbio de Dados Eletrônicos (*EDI – Eletronic data interchange*) para ampliar a visibilidade quando da colocação dos pedidos e retornos de status dos mesmos;
- Viabilizar e priorizar os pedidos firmes dos concessionários que já tenha um cliente final com intenção de compra;
- Implementar o modelo para previsão de demanda pelo método da média simples;
- Implementar o modelo para previsão de demanda pelo método do último período;
- Implementar o modelo para previsão de demanda pelo método da média ponderada;
- Implementar o modelo para previsão de demanda pelo método dos mínimos quadrados;
- Analisar de forma comparativa os quatro modelos matemáticos para previsão de demanda.

Para a Pesquisa Quantitativa

Procurar resultar no menor nível de estoque possível.

Para a Pesquisa Qualitativa

Demonstrar a visibilidade do produto em qualquer fase do processo e possibilitar a colocação de pedido firme pelo concessionário.

1.2 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos.

O primeiro capítulo foi destinado à introdução que traz as considerações iniciais sobre a área de atuação e mercado em que o segmento do trabalho pretende abordar identificando os objetivos: geral e específicos da dissertação.

No segundo capítulo a revisão da literatura focam vários trabalhos que abordaram temas relacionados à modelagem, à sistemas simulados, à previsão da demanda ou consumo, à sistemas puxados versus sistemas empurrados, considerados conceitos necessários para o estudo.

O terceiro capítulo faz referência ao desenvolvimento da metodologia descrevendo a empresa que foi o foco do caso estudado contemplando o cenário atual e o proposto alinhado à ênfase no método aplicado para análise dos dados e descritivos das ferramentas utilizadas para análise dos cenários.

No quarto capítulo são apresentados os resultados dos cenários analisados.

No quinto e último capítulo é relatada a conclusão do estudo e recomendações de novas propostas para futuras abordagens de estudos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A possibilidade de atendimento ao cliente nas concessionárias depende de diversos fatores, onde além da disponibilidade de estoque imediato, uma maior visibilidade das várias etapas do produto em trânsito e do processo produtivo poderiam assegurar as vendas.

A empresa perde oportunidade de venda dos produtos que ficam no estoque aguardando o surgimento da necessidade do cliente, gerando altos níveis de estoque e com isto custo financeiro.

Assim, o uso de novas tecnologias para se obter um desempenho operacional cada vez mais eficiente exige muito planejamento. A programação de produção é um método de fundamental importância para otimizar o sistema de produção, sendo esse um dos problemas enfrentados pelas empresas.

Nesse cenário, para se manterem mais competitivas e a conquistarem novos mercados, as empresas buscam por novas ferramentas, dentre as diversas opções disponíveis, aquelas que melhor atendem aos objetivos como a minimização de custos, a melhoria de qualidade, a maximização dos lucros, a alocação dos recursos, entre outros.

O uso das técnicas de modelagem visando a viabilidade na otimização dos processos de produção tem sido amplamente empregada como uma forma de agregar melhorias e apresentar alternativas em diversas áreas que envolvem os processos produtivos.

2.1 Modelagem

A modelagem é uma ferramenta capaz de reproduzir os diversos cenários e estimar os respectivos resultados. Um estudo realizado no desempenho dos fluxos de processos simulados permite visualizar a gestão dos recursos e estimar os ganhos de novos cenários, principalmente considerando a inconstância de demanda e de mercados.

As ferramentas de modelagem permitem o estudo dos dados com níveis de detalhes minuciosos, possibilitando que diferenças de comportamento, às vezes sutis, venham a ser notadas.

Ragsdale (2009) definiu a importância da modelagem nos sistemas de produção quanto a sua importância na análise de decisão, onde o processo de criação de um modelo colabora no entendimento do problema. Ressaltou também a importância dos modelos matemáticos que

frequentemente descrevem relacionamentos funcionais. O estudo simulado pode economizar tempo, recursos financeiros, recursos operacionais no desenvolvimento de projetos trazendo ganhos de produtividade e qualidade, com situações semelhantes ao do sistema real em um ambiente que não existe.

Para Freitas Filho (2008) são muitas as definições de modelos simulados. Os sistemas simulados têm sido aceitos e empregados como técnicas que permitem aos analistas dos mais diversos segmentos verificarem ou encaminharem soluções, com a profundidade desejada, aos problemas com os quais convivem diariamente. O intuito é apoiar a tomada de decisão e para isto deve-se criar um modelo que atenda as necessidades das organizações capazes de projetar os cenários como se fossem a própria realidade livres de distorções ou inconsistências dos dados.

Desenvolvem-se simulações ou ensaios com modelos, objetivando encaminhar uma solução a um dado problema em virtude de algumas razões básicas que são consideradas para não serem praticada no ambiente real. As razões mais comuns são:

- i) O sistema real ainda não existe;
- ii) Experimentar com o sistema real é dispendioso;
- iii) Experimentar com o sistema real não é apropriado.

A modelagem está disponível e apta para utilização em vários sistemas da cadeia empresarial como: sistemas de produção; sistemas de transporte e estocagem; sistemas computacionais; sistemas administrativos; sistemas de prestação de serviços diretos ao público; entre outros.

Law (2003) relata que a aplicação da modelagem requer seguir passos para sua formulação como a definição da análise do problema, propósitos e objetivos do estudo. Após esta etapa de definição deve-se planejar o projeto admitindo os recursos necessários que possibilitará descrever um modelo/esboço conceitual do sistema e seus cenários desejados. Nesta fase deve-se coletar macro informações e dados para alimentar através de parâmetros o sistema que será modelado. Consequentemente o modelo será codificado numa linguagem de apropriada a fim de verificação e validação satisfazendo os objetivos do estudo.

Depois de criado o modelo segue a etapa do projeto experimental com a determinação dos testes que devem ser realizados e assim na fase de experimentação as simulações serão executadas para geração dos dados desejados permitindo realizar as análises de sensibilidade contemplando a interpretação e análises estatísticas dos resultados. Com as informações

produzidas segue-se para a comparação de sistemas e identificação das melhores soluções encontradas.

A Figura 1 demonstra as etapas a serem seguidas de uma modelagem.

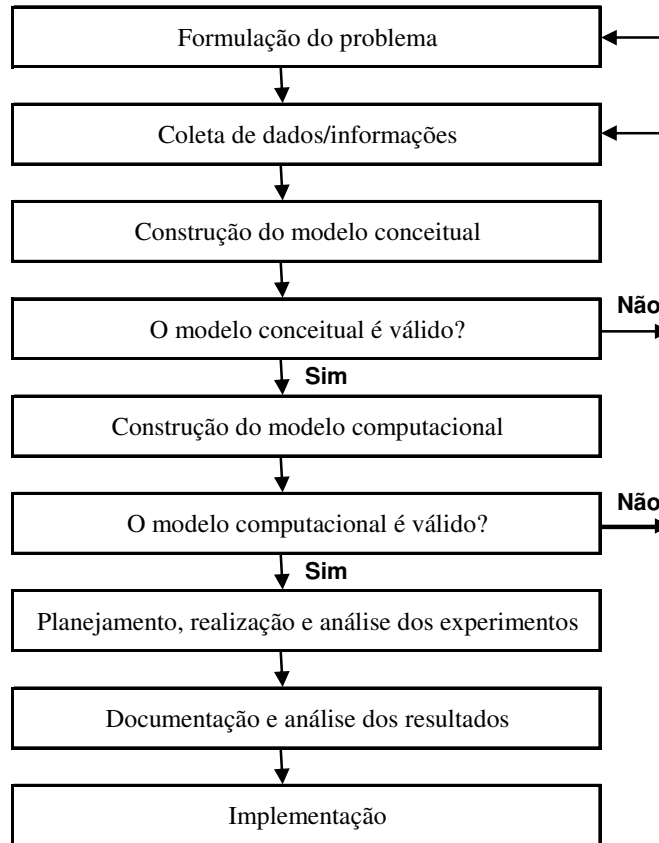


Figura 1. Representação de fluxograma das etapas da modelagem

Fonte: Law (2003)

Sempre é necessário documentar o modelo para que este seja referência no uso em futuras modificações do modelo inicial.

Freitas Filho (2008) considerou que a modelagem é uma ferramenta de análise de comportamento de processos, o seu emprego exige o conhecimento tanto de suas vantagens quanto de suas desvantagens.

Algumas das vantagens a serem destacadas é o fato que um modelo pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliação dos problemas; são de fácil aplicação em relação a outros métodos analíticos; podem ser aproximados aos detalhes dos sistemas reais sem que seu fluxo natural seja perturbado e as hipóteses podem ser testadas para confirmação de viabilidade. Além disso, ele permite compreender melhor quais variáveis são importantes para o desempenho e como se integram com os outros elementos de um sistema; identifica gargalos ou funis de um processo que podem impedir ou sobrecarregar o fluxo natural do processo;

possibilita mostrar como realmente se opera o sistema em relação à maneira que se pensa como ele atua; permite explorar questões ou dúvidas, como, por exemplo, sobre o que aconteceria se fosse utilizada outra maneira para operar, e não uma comum adotada.

Da mesma forma algumas desvantagens que podem ser referenciadas como dificuldades para a aplicação da modelagem, são relacionadas a seguir: a construção de modelos requer treinamento especial de longo tempo; os resultados da modelagem são em muitos casos de difícil interpretação; a modelagem e experimentação consomem muitos recursos e tempo para o desenvolvimento.

A simulação computacional ainda não se encontra totalmente difundida para certo número de gestores e tomadores de decisão, apesar de sua crescente disseminação no mercado empresarial, pois podem ser aplicadas sem saber especificamente como se dá seu funcionamento e qual a metodologia necessária para sua correta utilização. É muito importante que se tenha uma melhor compreensão desta metodologia específica de desenvolvimento de projetos de modelagem aplicada à área de estudo do projeto.

Estudos analisados mostram que a modelagem favoreceu novos arranjos produtivos encontrados no segmento industrial que se destacam por necessitar de uma forma cada vez melhor de relacionamentos com seus clientes.

A modelagem aplicada ao sistema de produção pode facilitar o estudo dos diversos comportamentos do sistema sem perturbá-lo ou mesmo evitando custos com a aplicação diretamente no processo existente sem que se tenha segurança de sucesso no experimento.

A modelagem de Sistemas consiste no processo de construção e experimentação de um modelo, no qual todos os componentes de um sistema se encontram representados, permitindo estudar o comportamento do mesmo sem construí-lo (FREITAS FILHO, 2008).

2.2 Sistemas Simulados

Dentro da área de Engenharia de Produção existem muitas subáreas que utilizam modelos para viabilizar seus processos como exemplo, a gestão de estoques, que é item comumente objetivo de otimização nas empresas que desejam estar evidenciadas junto à concorrência.

Meridith (1992) preconiza que várias são as razões para se manter estoque, sendo algumas delas mais usuais nas empresas. Situações como:

- i) por necessidade de segurança em razão da variabilidade da demanda;
- ii) antecipação de produção para atender pedidos para épocas ou situações especiais;

- iii) por necessidade de segurança em razão da variabilidade da demanda;
- iv) fragmentação entre os estágios de produção;
- v) *lead time* e trânsito longo do material;
- vi) oportunidade e especulação financeira.

Figueiredo e Netto (2001) apresentaram um modelo de centralização de estoques para a logística de suprimento da Exploração de Petróleo (E&P'S), com abordagem numa empresa do segmento petrolífero, contemplando vários cenários relativos aos componentes do custo logístico, analisando os efeitos individuais ou combinados no grau de centralização relacionando os custos de estocagem e transportes. Os itens tratados no trabalho referem-se a materiais e equipamentos necessários para a atuação da atividade de exploração e produção. Os custos levados em consideração são relativos à: estoque de segurança, preço unitário do item, peso unitário do item em kg e valor dos fretes para os trechos, fornecedor – unidade operacional e unidade centralizadora – unidade cliente. Outros dados de entrada são relativos aos custos de processamento de pedidos por unidade operacional e a frequência de compras por ano que foi estimada em quatro vezes, além do custo de utilização dos espaços de armazenagem das unidades operacionais.

Conforme citado em seu trabalho, optou-se pelo modelo *Portfolio Effect* desenvolvido por Zin et al (1989) para esta abordagem, devido ser mais abrangente permitindo selecionar localizações para consolidação dos estoques, onde analisa o problema de forma integrada e não exige grandes recursos computacionais. Os locais são representados pelas Bases de Exploração e Produção de Petróleo: BA (Bahia), SEAL (Sergipe/Alagoas), RNCE (Rio Grande do Norte/Ceará). Estas bases representam 21% da produção nacional. Concluíram que é possível reduzir os níveis de estoque por meio da consolidação de locais de estocagem. Ainda em seu estudo selecionaram, pela revisão da literatura, o modelo apropriado para a situação observada em uma empresa, que serviu como base para uma metodologia de gestão do seu suprimento de materiais e equipamentos. O resultado da centralização de estoques permitiu obter uma medida do percentual de redução no estoque total de segurança conseguido por meio da consolidação de estoques de múltiplas localizações em um único ponto (BA – Bahia) ou (RNCE – R. G. do Norte/Ceará) para 16 itens de suprimentos enquadrados na classe A, segundo a classificação ABC, o que demonstrou ser possível a redução dos estoques de segurança em 30,6% em média.

Mendes e Escrivão Filho (2002) observaram que nos últimos anos os sistemas integrados de gestão, ou ERP (*Enterprise Resource Planning*), passaram a ser largamente utilizados pelas empresas e são apresentados como “solução” para a maioria dos problemas empresariais. Concluem que os ERP’s são sistemas genéricos capazes de integrar todas as informações que fluem pela empresa por intermédio de uma base de dados única.

Bittar et al (2005) relataram ser possível o mapeamento do fluxo de valor de uma cadeia de suprimentos de uma montadora do segmento automotivo e seus fornecedores, visando à redução ou à eliminação dos desperdícios que resultam em custos adicionais de produção e baixa produtividade.

Arnold (2008) menciona que o EDI (*Electronic Data Interchange*), possibilita que clientes e fornecedores troquem eletronicamente informações, tais como pedidos de compras, faturas e dados sobre MRP (*Materials Requirements Planning* – planejamento das necessidades de materiais). Isso elimina excesso de papel que consome tempo e proporciona uma comunicação fácil entre o planejador/comprador e o fornecedor.

Zalla Filho et al (2004) realizaram análise dos estoques em processo do sistema de produção de cabinas de caminhões em uma montadora, aplicando técnicas de modelagem de eventos discretos utilizando o *software Arena®*, resultando na redução do número de cabinas no depósito o que mostrou que esta ferramenta de modelagem é de grande utilidade para este tipo de problema. As referências utilizadas também mostraram outros casos de sucesso em aplicações nas indústrias automobilísticas.

Rossoni (2006) abordou que os dirigentes responsáveis pela estratégia resistem em utilizar técnicas e ferramentas de modelagem, considerando-as complicadas pelas formulações matemáticas para utilização em ambientes incertos, turbulentos e com riquezas de informações. Sugeriu abordagens, metodologias e ferramentas de modelagem na área de estratégia de negócios destacando sua importância para a elaboração e suporte no desenvolvimento do planejamento nas empresas. Baseou-se em tipos de abordagens interpretativas *hard* que são modelos validados estatisticamente e nos tipos *soft*, em que os modelos são validados pelos resultados comparados com a realidade que servem como base quanto da utilização de qualquer modelo conceitual elaborado.

O estudo de Oliveira et al (2006) resultou na demonstração efetiva da potencial integração do método DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*) com a modelagem avaliando as alternativas identificadas por este método de manufatura. Os autores concluíram

que cada alternativa de reprojeto pode ser simulada na montagem, o que permite avaliar os investimentos com os resultados auferidos.

Torga et al (2006) estudaram um caso explorando a modelagem na manufatura e diferiram os tipos de sistemas de produção existente, descrevendo a aplicação em uma linha de produção puxada. Concluíram que a utilização da modelagem no sistema puxado possibilita realizar experimentações alcançando modelos que estejam em maior concordância com os fundamentos do sistema *Just in Time*, estabelecendo cenários para realizarem análises que seriam possíveis na vida real mediante a um grande dispêndio de tempo e custo.

Rangel et al. (2008) obtiveram resultados validados com base na literatura e dados fornecidos pelas usinas sucroalcooleira de Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, apresentando um modelo sistêmico desenvolvido para avaliar a relação e o impacto do custo do frete direto nas operações de corte, carregamento e transporte no sistema de abastecimento das usinas de cana-de-açúcar e concluíram que os custos dessas operações representam, em média, 27% dos custos diretos de produção por hectare plantado. O método utilizou diferentes cenários hipotéticos construídos para permitir relacionar os diversos fornecedores com relação ao frete pago.

Pereira et al (2009) apresentaram um enfoque teórico das etapas e principais metodologias utilizadas na modelagem de processos, comparando diferentes perspectivas que demonstram características e capacidades dos métodos de modelagem de processos de negócios. Concluíram que um modelo ideal é resultado de várias técnicas combinadas considerando as melhores práticas de cada uma das perspectivas discutidas, sua validação, verificação e procedimentos de modelagem.

Pinho e Morais (2010) apresentaram uma aplicação da metodologia de modelagem a eventos discretos combinada à técnica de otimização numa célula de controle de qualidade no processo produtivo de uma empresa do ramo de soluções de sistemas com fibra óptica para telecomunicações. Na etapa de modelagem conceitual utilizam à técnica do IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*) para dar suporte ao modelo que utilizou o simulador Promodel® conjuntamente com seu pacote de otimização *Sim-Runner*®. Apresentaram modelos conceituais e computacionais validos e verificados de acordo com a metodologia proposta para projetos de modelagem, resultando haver melhor conhecimento da previsibilidade da célula de estudo para os casos de aumento de demanda de testes e melhores configurações de numero de funcionários para atender um novo cenário. Concluíram que o uso conjunto das técnicas de modelagem para eventos discretos e otimização trazem

resultados não óbvios para os tomadores de decisão, uma vez que dezenas de simulações puderam ser feitos através de *softwares*, o que seria custoso e demorado de realizar em tempo real, além da necessidade de parada da produção. O resultado demonstrado contemplou a melhor configuração de número de operadores para obter o maior lucro, ou seja, resultado ótimo no processo de controle de qualidade dos produtos.

Moreira et al (2011) analisaram o processo de produção de pasta diamantada e avaliaram o número de operadores e máquinas, tempos de produção, alocação de atividades, dentre outros parâmetros importantes e utilizaram métodos técnicos de simulação estocástica de eventos discretos, devido às variadas fontes de incertezas e da complexidade operacional relacionada ao processo de produção. Concluíram que a identificação de problemas e de oportunidades de melhoria no processo, antes das linhas de produção, resultaram que alguns cenários obtiveram ganhos por algumas mudanças de parâmetros.

Araujo et al (2012) avaliaram o uso da modelagem em sistemas de produção, abordando diversos autores de trabalhos que focavam várias áreas de atuação e utilizaram a modelagem para demonstrar cenários atuais e futuros que tinham como finalidade buscar reduções financeiras, de tempo ou de otimização de processos. Concluíram a viabilidade desta técnica, em que os trabalhos analisados resultaram em algum tipo de melhoria depois de comparados os cenários atuais em relação aos cenários propostos.

2.3 Previsão de Demanda ou Consumo

A previsão de demanda é um vasto universo de possibilidades de ganho econômico que as empresas procuram a cada dia melhorar para atingir suas metas financeiras.

Segundo Slack et al (2002), diferentes tipos de empresa tem diferentes perfis em termos da variedade de pedidos firmes (já em carteira) e previsão de pedidos. Muitas empresas operam com uma combinação variável de pedidos firmes e previsões. A combinação de pedidos colocados e de previstos é utilizada para representar a demanda em muitas empresas, porém deve ser bem estimada, em dado momento, daquilo que, de forma razoável, é esperado acontecer. Para refletir a provável demanda, uma previsão é feita, com base em dados históricos e em informações do mercado, obtidas dos vendedores de campo. À medida que os pedidos são recebidos, o elemento de previsão do perfil de demanda deve ser reduzido subjetivando que a previsão está sendo consumida ao longo do tempo por pedidos firmes.

Conseqüentemente, diferentes tipos de empresa têm diferentes graus de certeza sobre a demanda, no momento em que tomam decisões de planejamento e controle da produção, e essa certeza pode variar ao longo do tempo. De uma perspectiva de planejamento e controle, o resultado da atividade da gestão da demanda é uma previsão sobre o futuro do que os clientes irão comprar. Essa informação seja ela formada por pedidos firmes, previsões ou uma combinação de ambos, é a fonte mais imprescindível para o chamado programa-mestre de produção, que é a fase mais importante do planejamento e controle de uma empresa, constituindo na principal entrada para o planejamento das necessidades de materiais (SLACK et al, 2002).

2.3.1 Técnicas de apuração de demanda

A utilização de um meio matemático para auxiliar na identificação de informações dos comportamentos dos dados apurados em um determinado mercado serve para análise do tipo de demanda e comumente pode facilitar na escolha de um modelo mais apropriado de previsão de demanda.

Arnold (2008) classifica os métodos de previsão em três categorias:

- i) Técnicas qualitativas que são projeções baseadas no discernimento, na intuição e em opiniões informadas. Por sua natureza, são subjetivas. Essas técnicas são utilizadas para prever tendências gerais dos negócios e a demanda potencial de grandes famílias de produtos para um período prolongado de tempo;
- ii) Técnicas extrínsecas que são baseadas em indicadores externos relacionados à demanda dos produtos de uma empresa. Exemplos desses dados são inícios de construções, as taxas de nascimento e a renda disponível;
- iii) Técnicas intrínsecas que utilizam dados históricos. Esses dados são geralmente registrados na empresa e estão prontamente disponíveis. Baseiam-se na suposição de que o que aconteceu no passado acontecerá no futuro.

A previsão de demanda é uma das maneiras de projeção de consumo futuro e para isto existem bases matemáticas para estipular quantidades para produção objetivando o atendimento das necessidades do mercado. A capacidade de reproduzir diversos cenários verificando os desempenhos dos fluxos dos processos permite adequar à gestão dos recursos estimando os ganhos considerados num mercado de demanda inconstantes.

Cálculos que envolvem estimativas de estoque, de demanda e modelagem são comumente utilizados para criar cenários objetivando a redução dos estoques sem comprometer o atendimento do consumo.

Para Francischini e Gurgel (2002) tomar decisões para manter o nível de estoque e quanto deverá comprar ou fabricar para atender as necessidades de mercado requer considerar o consumo real para se estimar uma demanda. Em relação à determinação do consumo real de um item específico consideram-se dois componentes importantes para se estabelecer seu comportamento:

- i. Padrões básicos de comportamento ao longo do tempo, que podem ser estimados por métodos de previsão;
- ii. Variável aleatória caracterizada por causas variadas que se torna impossível de previsão com exatidão.

Ainda de acordo com Francischini e Gurgel (2002) as variáveis aleatórias são tratadas pela estatística sob forma de erros de estimação e existem dois tipos básicos de demanda neste contexto:

- i. Demanda independente, relacionada com as condições do mercado, portanto, fora do controle da empresa;
- ii. Demanda dependente cujo consumo depende da demanda de outro item do qual é intimamente relacionado, é conhecido e está sob controle da empresa. Assim a demanda pode ser calculada e programada internamente.

Cada um desses tipos de demanda pode ser classificado quanto ao comportamento ao longo do tempo como descrito a seguir (FRANCISCHINI E GURGEL, 2002):

- i. Demanda constante que é caracterizada por não variar significativamente. Se as condições que determinam seu comportamento no passado forem as mesmas no futuro, as previsões serão fáceis de serem feitas;
- ii. Demanda variável é caracterizada por se alterar significativamente, aumentando ou diminuindo de acordo com as necessidades do mercado que podem ser explicadas por três fatores:
 - a. Tendência mostra a direção básica do consumo como seu comportamento tende podendo ser de aumento, diminuição ou estacionária;
 - b. Sazonalidade mostra um comportamento de alterações do consumo que se repetem dentro de um intervalo curto de tempo, geralmente um ano;

- c. Ciclicidade mostra o comportamento das alterações do consumo que se repetem dentro de um intervalo longo de tempo, geralmente caracterizado em décadas.

Para Ragsdale (2009) que considerou como série temporal este conjunto de observações em uma variável coletada no decorrer do tempo e admitiu que para construir um modelo de regressão é preciso além dos dados saber quais variáveis independentes causais estão influenciando uma variável de série temporal.

Métodos de séries temporais em muitas situações de planejamento de negócios são difíceis, indesejáveis ou mesmo impossível prever dados usando um modelo de regressão linear, mas pode-se descobrir uma espécie de variação sistemática no comportamento passado possibilitando construir um modelo para ajudar a prever seu comportamento futuro.

Uma vez que muitos métodos estão à disposição para a modelagem de dados de série temporal é impossível saber previamente qual método será o mais eficiente para um determinado conjunto de dados. Desta maneira a abordagem comum para a análise de série temporal envolve o teste de vários modelos para um conjunto de dados que geralmente são avaliados graficamente.

Tubino (2007) entende que apesar da evolução dos recursos computacionais e da sofisticação matemática das técnicas de projeção, a previsão da demanda não é uma ciência exata e desta forma envolve também a experiência e julgamento pessoal do planejador que ainda assim resultará em um valor aproximado do valor real. Sugere que quanto mais apurada for a técnica empregada, melhor a base em cima da qual o planejador decidirá.

Araújo et al (2009) exploraram o uso de uma técnica de otimização baseada no método de algoritmos genéticos para a estimação de parâmetros no ponto de reposição com o objetivo de maximizar a gestão de estoque. Concluíram que os valores estimados pelo algoritmo genético estavam muito próximos dos valores ótimos.

Afonso e Novaes (2011), auxiliados pelos *softwares Forecast Pro for Windows*® e *Microsoft Excel*®, concluíram que o método da Regressão Linear Simples com a demanda dessazonalizada pode auxiliar como modelo de previsão de demanda no processo de gestão de suprimentos em uma farmácia hospitalar.

Ferreira et al (2012) utilizaram soluções com o uso do programa *Microsoft Excel*® objetivando o desenvolvimento de um aplicativo de previsão de demanda baseado em métodos mais comuns e de fácil entendimento para a estimativa de vendas para o próximo período.

De acordo com Dias (2009) a gestão dos estoques está pautada no consumo do material, sendo que a previsão futura de consumo é estabelecida nas estimativas baseadas nas demandas vendidas passadas. Assim, se determina quais os produtos e quantos destes produtos poderão ser adquiridos pelos clientes. A previsão de demanda é caracterizada por não pretender ser uma meta de vendas, sua precisão deve ser compatível com o custo de obtenção e é o ponto de partida de todo planejamento empresarial.

No âmbito quantitativo a previsão de consumo se baseia na evolução das vendas já ocorridas, nas variáveis cuja evolução e explicação estão ligadas diretamente a vendas, e são fáceis de prever. Já no âmbito qualitativo a previsão de consumo pode se fundamentar na opinião dos gerentes, vendedores, compradores ou pesquisas de mercados. As técnicas para previsão de demanda podem ser divididas em três grupos (DIAS, 2009):

- i. **Projeção** – são aquelas que admitem que o futuro seja uma repetição do passado ou as vendas evoluirão no tempo; segundo a mesma lei observada no passado. Considera-se uma técnica essencialmente quantitativa.
- ii. **Explicação** – procura explicar as vendas do passado mediante leis que relacionem as mesmas com outras variáveis cuja evolução é conhecida ou previsível. Considera-se uma técnica de regressão e correlação.
- iii. **Predileção** – funcionários mais experientes e conhecedores de fatores influentes nas vendas e no mercado estabelecem a evolução das vendas futuras através de opiniões.

Quanto às formas de consumo, estas são estabelecidas por modelos de acordo com sua evolução durante um determinado período de tempo. Podem ser determinado por um modelo de evolução horizontal sujeito à tendência ou à sazonalidade do mercado.

2.3.2 Modelos matemáticos para previsão de demanda

Alguns modelos matemáticos são comumente utilizados para facilitar a determinação de previsão de demanda como exemplo (DIAS, 2009):

- i. **Método do último período.** É o mais simples e sem base matemática que consiste em utilizar como previsão futura o valor ocorrido no período anterior.
- ii. **Método da média móvel.** Consiste em determinar a previsão para o próximo período pelo cálculo da média dos valores de consumo de períodos anteriores, exemplificado na Equação (2.0).

$$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n} \quad (2.0)$$

Onde:

\bar{C} = Consumo médio;

C_i = Consumo nos períodos anteriores;

n = Número de períodos.

- iii. Método da média móvel ponderada. É uma variação do modelo anterior, porém os valores dos períodos mais próximos recebem um peso maior que os valores correspondentes aos períodos anteriores como exemplificado na Equação (2.1).

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^n C_{t-i} \cdot p_{t-i} \quad (2.1)$$

Onde:

C_{t-i} = consumo efetivo no período t-i;

P_{t-i} = peso atribuído ao consumo no período t-i.

- iv. Método dos mínimos quadrados. É um processo de ajuste que aproxima os valores existentes, minimizando as distâncias entre cada consumo realizado. Baseia-se na equação da reta para o cálculo da previsão de demanda, e permite um traçado bem realista do que poderá ocorrer, com a projeção da reta, como exemplificado na Equação (2.2).

$$Y_p = a + bx \quad (2.2)$$

Onde:

Y_p = Consumo previsto para o período p;

a = valor a ser obtido na equação normal por meio da tabulação de dados;

b = valor a ser obtido na equação normal mediante a tabulação de dados;

x = quantidades de períodos de consumo utilizados para calcular a previsão.

Esse trabalho irá investigar todas as abordagens matemática citadas e será utilizado o *Software* Excel para a implementação dos modelos.

2.4 Sistemas Puxados Versus Sistemas Empurrados

Atualmente as empresas procuram estar atentas quanto aos novos meios e conceitos de administração ansiando manterem-se competitivas no mercado diante a seus concorrentes. No entanto, a preocupação para com os métodos de trabalho que venham a agregar valor, otimizar as atividades, aumento de eficiência e redução dos custos, elevam o grau de necessidade para a aplicação de conceitos mais evoluídos e mais enxutos.

Nesta linha de atuação as empresas também se preocupam com o nível de seus estoques, assim procuram modelos operacionais que possam manter no estoque o volume exatamente necessário para atender o cliente, sem que haja falta ou sobra. Modelos que possibilitem os estoques ideais estarem nos locais certos, nas condições e requisitos que o cliente deseja atendendo de maneira imediata.

Segundo Taylor (2006) duas classificações de sistema são comumente encontradas nos processos de produção que são compostos de varias etapas nas empresas. Um deles é denominado de Sistema de Produção Puxado e o outro é denominado de Sistema de Produção Empurrado, conforme exemplificado na Figura 2.

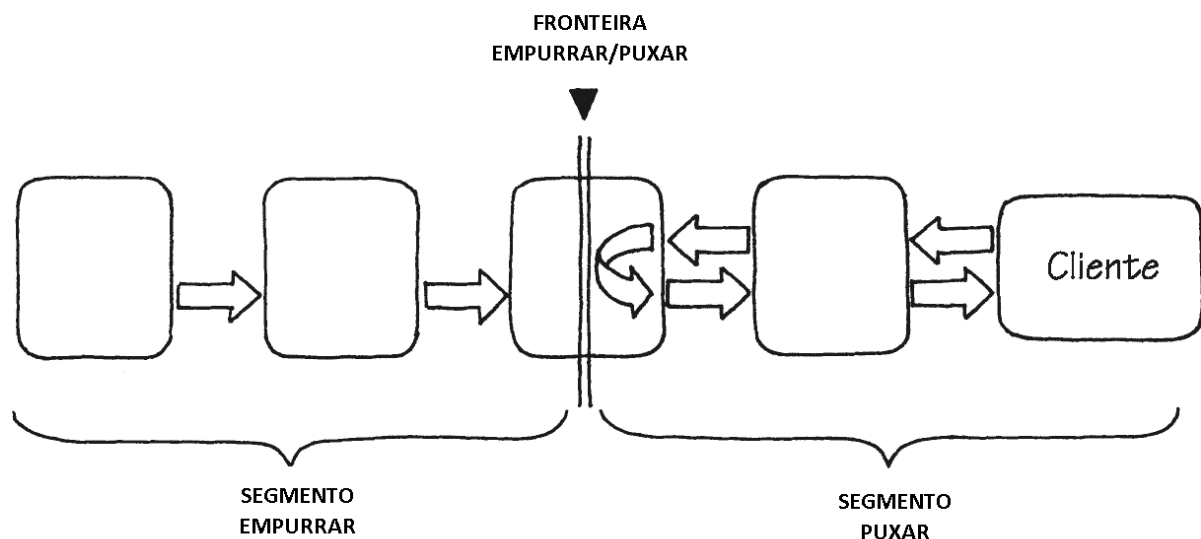


Figura 2. Fluxo Fronteira Empurrar/Puxar

Fonte: Taylor (2006)

No Sistema de Produção Empurrado os produtos são fabricados conforme quantidades definidas através de métodos estatísticos de previsão de demanda. Estes métodos levam em conta o comportamento da demanda histórica que é projetada para o futuro.

Desta forma os produtos são fabricados para atender uma demanda futura. Os produtos são posteriormente colocados no mercado para atender uma necessidade de um cliente quando o mesmo procurar.

Ainda segundo Taylor (2006) no Sistema de Produção Puxada os produtos são produzidos a partir de uma necessidade do cliente. Cada item ao atender um cliente no ponto de venda dispara uma ordem de abastecimento de mais um item para disponibilizar no estoque do ponto de venda.

Esta demanda atua em cascata na cadeia de suprimentos envolvendo todos os fornecedores deste produto. Há a necessidade de se manter certa quantidade de estoque em cada fase do processo, sendo que a reposição é gerida pela requisição do processo seguinte proporcionalmente ao que é consumido.

Os dois sistemas tem suas vantagens e desvantagens e devem ser comparados para decidir a melhor metodologia para a adoção de algum deles. A melhor utilização de qualquer um deles depende de fatores como (TAYLOR, 2006):

- i. Se o produto está inserido em um mercado de demanda repentino/inesperada ou demanda estável/prevista;
- ii. Se o item é único ou variado;
- iii. Considerar a velocidade e tempo para a reposição;
- iv. Se os fornecedores da cadeia de abastecimento tem capacidade, flexibilidade e rapidez para atendimento;
- v. Ferramentas adequadas para o controle de todo o Sistema.

Diferentes autores abordam o sistema de produção como um processo que utiliza de operações para fabricar um determinado produto ou componente, baseados nas informações para apoio à tomada de decisões estratégicas, táticas e operacionais procurando responder as questões: o que, quanto, quando produzir ou comprar e com quais recursos.

Tubino et al (2003) discute em seu artigo a implantação de sistemas puxados de programação da produção em ambientes convencionalmente caracterizado por demanda instável no seguimento de malharia que possuem grande variedade de itens com demanda sazonal e com grande lançamento de coleções. Concluíram que a proposta do sistema puxado pode ser aplicada também no segmento de malharia.

Barco e Vilela (2008) estudaram a melhoria do funcionamento do sistema de produção de uma empresa fornecedora de acessórios para a indústria automobilística. Em seu artigo utilizaram da revisão bibliográfica para aprofundar os conhecimentos e características destas modalidades produtivas para destacar as diferenças existentes entre os sistemas de produção empurrada e puxada. No estudo de caso encontraram problemas no funcionamento da programação que foram classificados em duas categorias:

- i. Cultura da empresa e a forma como os colaboradores encaram os procedimentos padrões;
- ii. particularidades inerentes aos processos da empresa, que exigem dedicação na busca de ajustes que possibilitem a implantação das teorias que descrevem os sistemas de programação e controle da produção.

Em algumas empresas também se adotam um misto destes dois processos tendo a produção empurrada numa parte do fluxo e no restante do fluxo revertem para uma produção puxada.

Um exemplo típico para este modelo é o caso de produtos que no início de sua concepção são únicos em sua estrutura ou componentes e depois quando chegam mais próximos de atenderem o mercado são personalizados conforme os requisitos dos clientes.

Em seu estudo Oliveira (2008) apresentou os principais conceitos e diretrizes relacionadas ao uso da técnica de modelagem, identificando as etapas para a tomada de decisões na filosofia da manufatura enxuta.

Lachtermacher (2011) descreveu e apresentou diversas técnicas de modelagem implementadas com a utilização de planilhas eletrônicas, referenciando as diversas vantagens da modelagem para a tomada de decisão. Afirmou que os modelos forçam:

- i. os gestores a tornarem explícitos seus objetivos;
- ii. a identificação e o armazenamento das diferentes decisões que influenciam os objetivos;
- iii. a identificação e o armazenamento dos relacionamentos entre as decisões, identificação das variáveis a serem incluídas e em que termos elas serão quantificáveis;
- iv. o reconhecimento de limitações, permitem a comunicação de suas ideias e seu entendimento para facilitar o trabalho em grupo.

3 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta a descrição da empresa objeto de estudo e a metodologia aplicada através das ferramentas utilizadas para análise do problema e desenvolvimento do tema.

3.1 Estudo de Caso

Este estudo de caso trata e descreve os cenários de uma empresa do ramo automobilístico que tem em seu portfólio mais de 40 versões de veículos diferentes contemplando diversas cores e características de opcionais agregados. Distribui para todo o país e exporta para alguns países da América Latina e Europa. Sua planta de produção no Brasil está situada na Região Sudeste e é responsável por empregar em torno de 5 mil colaboradores para uma produção parcial de cerca de 90 mil unidades/ano dedicados a uma de suas marcas que é motivo de abordagem neste trabalho. A distribuição dos produtos produzidos e/ou importados atende a demanda de clientes que buscam as suas 165 concessionárias espalhadas em todo o país. A marca em questão vem crescendo no mercado brasileiro com seus produtos modernizados direcionados para clientes mais exigentes.

3.2 Delimitação do Estudo do Problema

Para um melhor entendimento do processo e a fim de delimitar os perímetros do estudo, este tópico foi dividido em pontos que vão demonstrar o fluxo operacional que aborda o lado qualitativo observado pela não visibilidade pelo concessionário de todo o estoque da montadora que abrange: o estoque disponível já fabricado, o estoque em trânsito/transporte, o estoque em produção e aquele em pedido para produção ou, até mesmo, a possibilidade de se efetuar um pedido de produto que não consta em nenhuma das etapas anteriores relacionadas.

Neste panorama é interessante demonstrar um comparativo de como é atualmente o fluxo de atendimento do pedido com o fluxo pretendido, no qual se espera possibilitar mais visibilidade ao concessionário e a seus clientes.

Não obstante, o lado quantitativo é passível de abordagem demonstrativa no que se refere ao volume de estoque que atualmente é mantido nos pátios para atender aos concessionários,

além da perda de oportunidade referente aos custos de armazenagem e envelhecimento do estoque.

Sendo possível aos concessionários obterem visibilidade do estoque durante os perímetros produtivos e até antes de produzir, com a possibilidade de fazer seu pedido firme, espera-se que os veículos sejam faturados aos concessionários logo após sua disponibilidade física comercial pelas fábricas. Com este cenário pretende-se reduzir os níveis e envelhecimento dos estoques.

A manutenção de estoques necessita de políticas e/ou estratégias para manter o nível de atendimento elevado com o menor custo possível alinhado ao menor risco para empresa. As incertezas do mercado e da economia, atualmente influenciados pela globalização podem instituir um cenário desfavorável e repentino que as empresas obrigatoriamente têm de considerar e tomar ações.

Estas premissas não são diferentes para o segmento automobilístico que possuem como particularidade um produto de alto valor agregado e de alta complexidade para produção que envolve centenas de fornecedores e inúmeros itens como componentes para conceber seu produto final. As empresas objetivam atender cada item programado procurando estar disponível no momento certo, na hora certa, para o cliente certo, nos requisitos de qualidade demandados.

Os aspectos anteriormente relacionados são relevantes e vitais para o sucesso da empresa e, por isso, necessitam de constantes mudanças tecnológicas a fim de acompanharem as acirradas competitividades do setor.

A procura em atender o cliente no momento de sua necessidade acaba por forçar as empresas a manterem estoques o que contraria a filosofia de sistema puxado de produção.

3.2.1 Cenário atual

O cenário atual é representado por dois enfoques distintos, sendo o primeiro enfoque uma abordagem qualitativa que representa o fluxo do processo de atendimento da demanda; e o segundo, uma abordagem quantitativa, por meio dos dados apurados no período de 23 meses de demanda.

3.2.1.1 Abordagem qualitativa atual

O veículo depois de produzido segue um fluxo físico de acordo com cada uma de suas origens.

Veículos fabricados localmente são disponibilizados fisicamente nos pátios da fábrica, ficando aptos para atender os concessionários que necessitarem e serão vistos no sistema EDI.

Já aos veículos de origem MERCOSUL, depois de serem fabricados seguem para exportação ao Brasil. Os veículos são submetidos aos trâmites legais aduaneiro para exportação e, em seguida, são transportados por duas modalidades possíveis, a saber:

- i. modal Aquaviário que é realizado por navio de longo curso sendo desembarcados em porto brasileiro. Depois de desembarcados são submetidos aos trâmites de desembarço aduaneiro ficando disponíveis para visibilidade dos concessionários;
- ii. modal terrestre que é realizado por caminhões-cegonha (que são equipamentos especiais para o transporte de veículos), sendo desembarcados em entrepostos aduaneiros no Brasil licenciados pelo Governo para os trâmites de desembarço, ficando assim disponíveis para atender os concessionários.

Para o transporte dos veículos originados das fábricas europeias é utilizado o modal aquaviário que é realizado por navio de longo curso sendo desembarcados em porto brasileiro para os trâmites de desembarço aduaneiro, como ocorre no fluxo do MERCOSUL.

Esses veículos são centralizados em pátio na fábrica e à medida que são solicitados pela rede de concessionárias são faturados e transportados via modal terrestre por caminhões-cegonha até o endereço do concessionário solicitante.

Chegando ao concessionário o veículo estará disponível para ser vendido e entregue ao cliente final.

Detalhando ainda mais este fluxo, o cliente ao entrar em um concessionário irá expor sua necessidade de compra ao vendedor que lhe ofertará os modelos disponíveis. Primeiramente o vendedor consultará em seu sistema o estoque disponível na loja para ver se encontra o veículo com a característica requerida pelo cliente. Este estoque consultado é oriundo de compras realizadas anteriormente pelo concessionário diretamente a montadora com o objetivo de atender clientes que tenham exigências de entrega mais imediata. Outro motivo para estes estoques é o fato de aproveitamento das ações promocionais de preços mais atrativos oferecidos pela montadora.

Caso o cliente tenha interesse de algum item de estoque do concessionário, o veículo será vendido/faturado para ele. O concessionário abrirá um pedido do cliente e atenderá esta demanda, pois já tem a posse desse produto em seu estoque, o que facilita o processo de venda final.

Não tendo o veículo disponível no estoque do concessionário, o que pode ocorrer por consequente opção do cliente em uma determinada versão, cor, opcionais ou acessórios, neste caso o concessionário recorre ao estoque da montadora que mantém um volume de veículos disponíveis nos pátios para atender sua rede de concessionários.

A Figura 3 aborda qualitativamente o panorama de atendimento atual – fluxo pedido, informação e documentos.

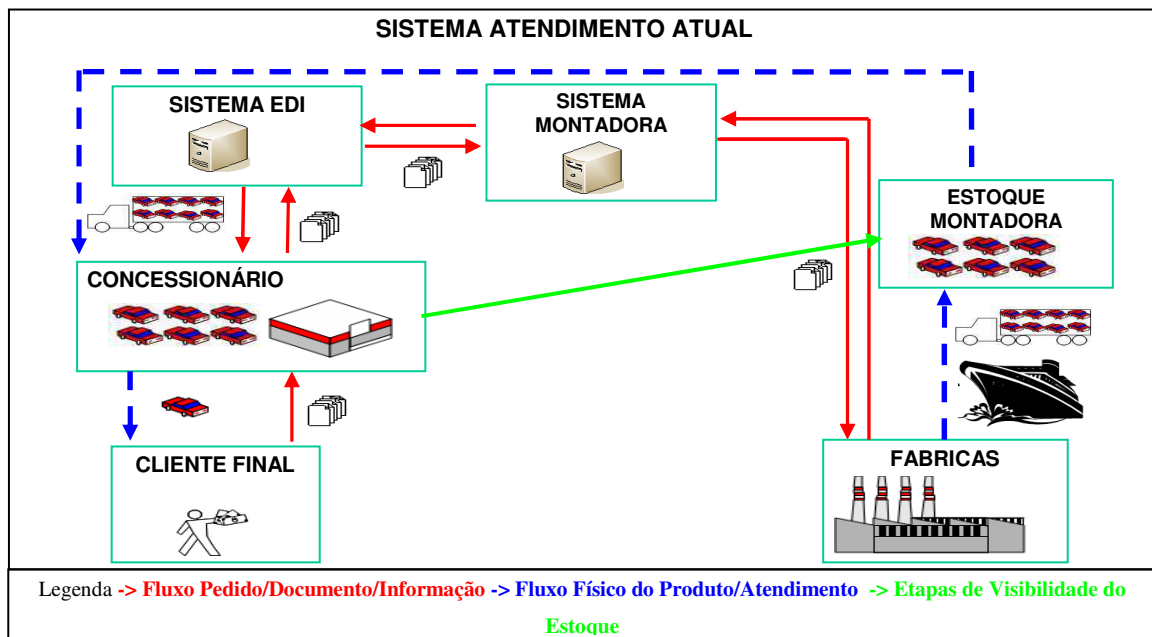


Figura 3. Sistema de atendimento de pedido atual

Fonte: Autor

O processo de pedido efetuado pelo concessionário à montadora é realizado por meio de comunicação EDI com o sistema corporativo da empresa fabricante.

No EDI o concessionário visualiza o estoque disponível nos pátios da montadora e realiza seu pedido que é periodicamente transmitido para o sistema corporativo da montadora para o tratamento de faturamento e comando de transporte.

As etapas do processo de atendimento deste pedido são atualizadas no sistema EDI pelo *status* para que o concessionário possa fazer o acompanhamento até o recebimento físico do veículo.

Atualmente a rede de concessionário tem visibilidade somente até o estoque da montadora, após o veículo ser produzido. Alguns outros veículos de origem importada poderiam ser visualizados na fase de cumprimento das prerrogativas de nacionalização quando ainda no perímetro aduaneiro nacional.

Não havendo veículo em nenhuma das fases de consulta possibilitada pela visualização, o concessionário tem uma dificuldade de oferecer uma previsão correta de entrega ao cliente, se este desejar esperar pela disponibilidade. Não há no cenário atual uma condição de pedir ou reservar um produto que não esteja fabricado e disponível no estoque. Esta situação gera o risco de perder o cliente e a oportunidade de venda de mais uma unidade.

Alguns mecanismos para informação de previsão estão disponíveis, mas sem dar uma certeza de atendimento, pois o sistema não possibilita a reserva de futuras produções. É eminente o risco de não se conseguir um veículo depois de disponibilizado no sistema, pois o concessionário que entrar primeiro no sistema será atendido prioritariamente de acordo com a antiguidade do pedido.

A montadora por sua vez programa seus pedidos às fabricas que estão situadas: no país, no MERCOSUL (Argentina) e na Europa (França/Espanha). Estes pedidos são efetuados em sistema próprio e seguem via EDI para produção de acordo com o *lead-time* de cada origem. As fábricas ao receberem os pedidos da montadora confirmarão as quantidades solicitadas de cada especificação de produto transformando-os em pedido-firme. Caso algum produto não possa ser atendido em sua plenitude serão reprogramados para atendimento em outros meses posteriores.

Quando confirmados, a montadora firma seus planos estratégicos e mapas de controle para posterior recebimento dos itens, objetivando atender sua rede de concessionários e necessidades de futuros clientes finais.

3.2.1.2 Abordagem quantitativa atual

Sobre a abordagem quantitativa foram coletados informações/dados no período de 23 meses, verificando-se o comportamento do estoque, demanda e produção de uma empresa automobilística demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Comportamento da demanda, estoque e giro

Mês	Produção	Faturamento/Vendas	Estoque total Montadora - Final	Giro Realizado
jan/10			6.543	
fev/10	6.934	5.469	8.008	1,46
mar/10	9.960	9.210	8.758	0,95
abr/10	7.921	6.880	9.799	1,42
mai/10	6.667	5.338	11.128	2,08
jun/10	7.109	6.441	11.796	1,83
jul/10	8.029	7.108	12.717	1,79
ago/10	7.792	7.182	13.327	1,86
set/10	7.372	6.803	13.896	2,04
out/10	9.191	10.033	13.054	1,30
nov/10	9.891	9.242	13.703	1,48
dez/10	6.689	9.759	10.633	1,09
jan/11	4.620	5.748	9.505	1,65
fev/11	7.527	8.351	8.681	1,04
mar/11	8.679	7.313	10.047	1,37
abr/11	11.054	6.936	14.165	2,04
mai/11	10.969	9.933	15.201	1,53
jun/11	9.957	8.430	16.728	1,98
jul/11	10.386	6.840	20.274	2,96
ago/11	9.666	8.085	21.855	2,70
set/11	8.105	8.127	21.833	2,69
out/11	7.528	6.616	22.745	3,44
nov/11	4.458	7.273	19.930	2,74
dez/11	2.124	9.119	12.935	1,42
Média	7.940	7.662	13.636	

O histórico apresentado refere-se ao sistema operante, como mostrado no item 3.2.1.1 na abordagem qualitativa atual. Já no contexto quantitativo as demandas são atendidas contemplando o estoque da montadora somando a produção referente ao respectivo mês, uma vez que o concessionário tem visibilidade e possibilidade de colocar um pedido somente do que tem disponível no estoque da montadora.

Baseando-se no comportamento resumido e focando o aspecto estoque disponível e estoque total da montadora, pode-se descrever um crescimento ao longo do tempo o que sugere que a empresa teve aumento dos custos de armazenagem e provável envelhecimento do estoque trazendo obsolescência dos itens e gastos com manutenção, administração e gestão, ainda agravados por não dar visibilidade a sua rede do estoque que ainda não está disponível, ou seja, aquele se encontra no fluxo produtivo e de trânsito.

O comportamento do giro de estoque mensal é um resultado do volume total de estoque da montadora dividido pela demanda mensal, o cenário mostra que o giro também vem mantendo um crescimento. Denota-se que este giro chegou somente por três oportunidades com um valor menor que 1,3 de estoque que seria o ideal preconizado pela empresa, porém tendo seu maior pico chegado a 3,4 meses de estoque num determinado período como máximo. A partir deste levantamento calculou-se o giro de estoque de cada mês pela equação 3.0:

$$\text{Giro de Estoque} = \frac{\text{Estoque Atual}}{\text{Faturamento/Venda}} \quad (3.0)$$

Com os dados da Tabela 1, pode-se traçar o giro de estoque que é representado pelo gráfico na Figura 4.

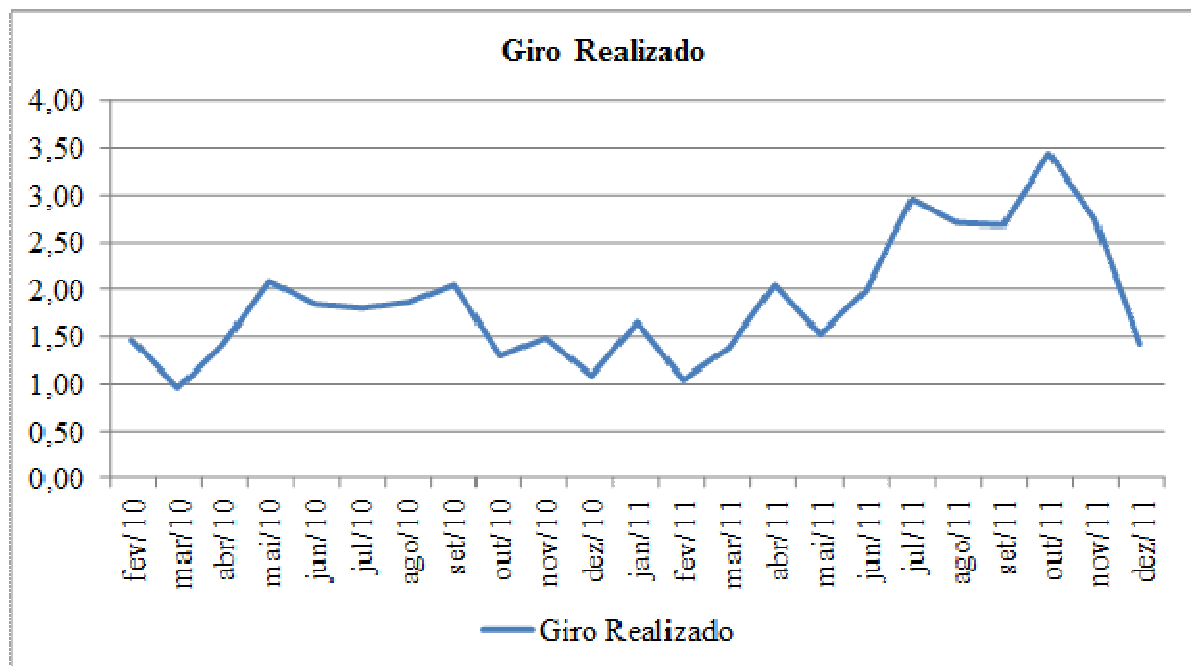


Figura 4. Giro de estoque realizado

Fonte: Autor

Observa-se no comportamento dos dados estudados de 23 períodos de demanda que ocorreram 20 períodos que ultrapassam um giro de 1,3 pontos que é o limite preconizado pela empresa como meta de estoque.

Para os dados apurados foram considerados os seguintes fatores:

- i. Faturamento que é a quantidade mensalmente vendida de unidades de veículos;
- ii. Estoque do concessionário que é a quantidade de unidades de veículos que a rede de concessionário possui armazenada em suas lojas no final de cada mês;
- iii. Estoque da montadora é destacado de duas formas, sendo uma o estoque disponível que é aquele que está pronto para atender uma demanda de imediato; e uma outra que ainda não está disponível, pois está ainda em processo de produção ou ainda está em processo de trânsito/transporte ou mesmo dependendo de liberações documentais aduaneiras;
- iv. Estoque geral da montadora é o simples somatório dos estoques disponíveis com os estoques que estão em processo de produção e processo de trânsito/transporte;
- v. Estoque Geral é o somatório do estoque total da montadora com o estoque do concessionário;
- vi. Produção é o perímetro em que as unidades estão em processo fabril, ainda não disponibilizado como produto final.

O gráfico na Figura 5 mostra no gráfico os dados apurados no período de 23 meses referente ao comportamento dos fatores elencados acima nos itens de (a) até (f).

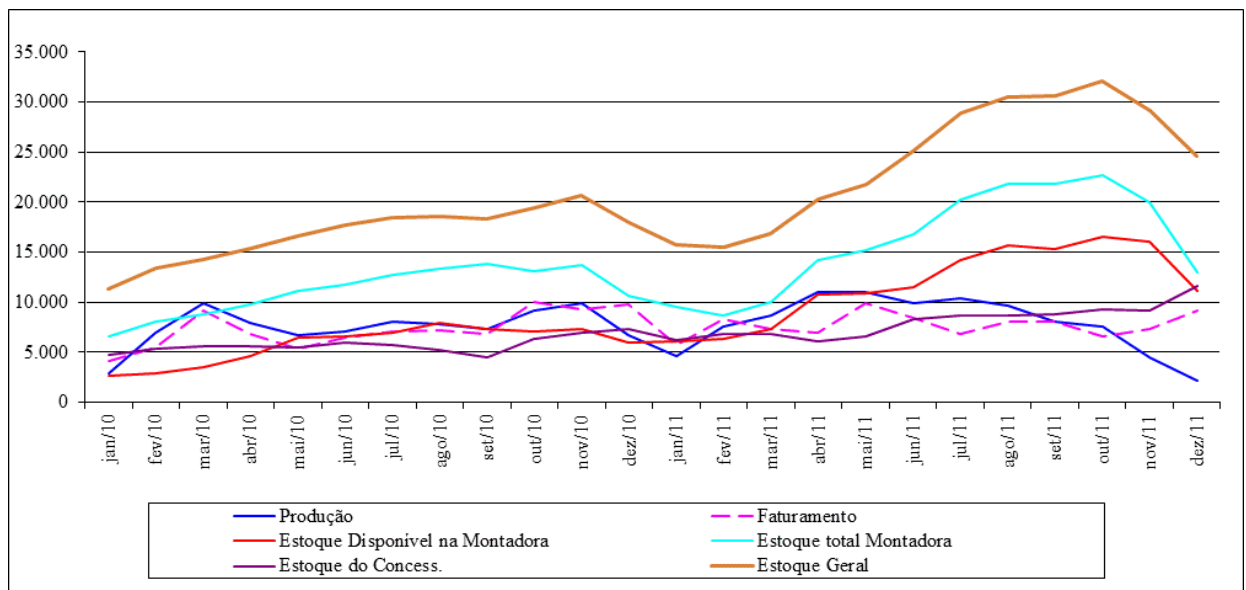


Figura 5. Comportamento de estoque demanda e produção

Fonte: Autor

A série temporal de dados coletados das demandas de dois anos não segue um padrão básico, possuem comportamento caracterizado por uma variável aleatória alterando-se ao longo de todos os períodos levantados. São registros da empresa disponíveis como técnica intrínseca e assim comparados conforme demonstra a Figura 6.

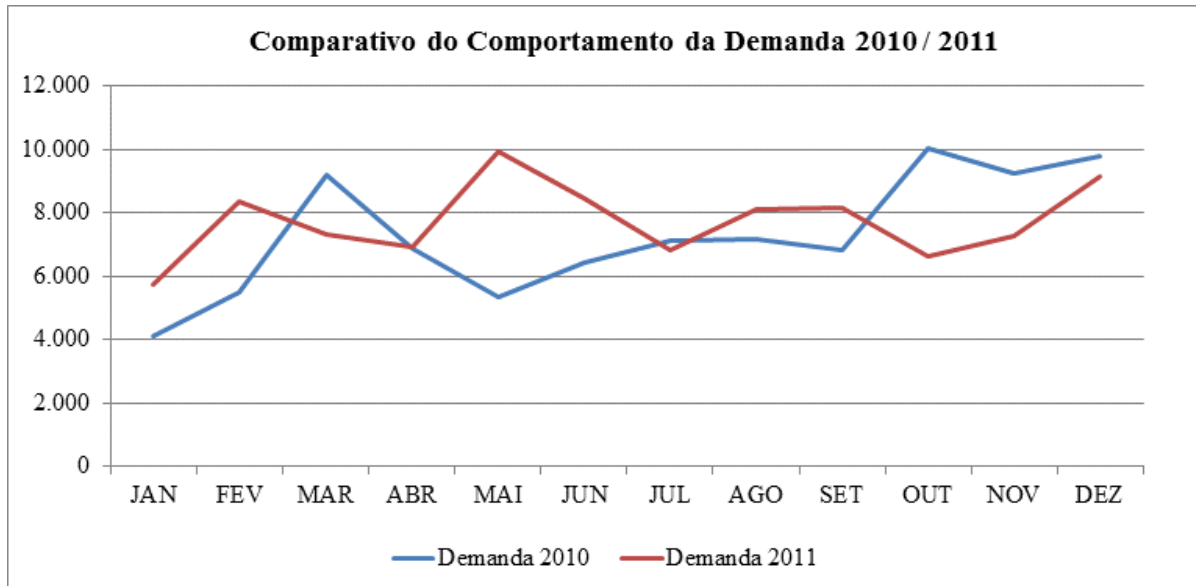


Figura 6. Comparativo do comportamento das demandas de 2010 e 2011

Fonte: Autor

3.2.2 Cenário proposto

O cenário proposto também segue representado com base nos dois enfoques distintos, anteriormente abordados nos tópicos 3.2.1.1 e 3.2.1.2, porém na condição simulada com os dados apurados no mesmo período de 23 meses de demanda.

3.2.2.1 Abordagem qualitativa proposta

Nesta proposta o perímetro de atendimento do consumidor continua o mesmo. Após o cliente ir a um concessionário para comprar um veículo, será atendido por um vendedor que lhe ofertará os modelos disponíveis. Não diferente, o vendedor consultará em seu sistema o estoque disponível na loja para ver se encontra o veículo com a característica requerida pelo cliente. Porém, o diferencial deste novo fluxo em relação ao anterior é o fato que o vendedor tem a visibilidade dos lotes de veículos que estão em trânsito e embarque para chegar ao

Brasil para os casos de importação. Ainda assim, não havendo o veículo solicitado disponível nesta condição de trânsito, o vendedor terá a visibilidade daqueles que estão saindo da produção ou que estão em processo de produção. Se ainda não houver nenhuma disponibilidade nas fases anteriormente citadas o vendedor poderá colocar um pedido para futura fabricação.

Este pedido colocado para um veículo que não existe fisicamente passará por um processo de programação de produção para atender a solicitação do cliente.

Pretende-se com esta visibilidade amarrar um pedido para os veículos que estão em curso do processo antes de sua disponibilidade de atendimento de fato, pois este modelo sugere que o veículo já está direcionado para uma venda, evitando que o mesmo fique no estoque parado aguardando uma necessidade de demanda. Quando o concessionário/vendedor não tem essa visibilidade seu universo de possibilidades torna-se muito pequeno para negociar com o comprador uma condição de prazo para a entrega, correndo o risco de perder a venda.

Se o cliente concordar em esperar o produto chegar, ele fechará o compromisso de compra reservando o veículo. O mercado tem demonstrado que a grande maioria dos clientes quando querem um produto diferenciado, aceita esperar por ele.

Outro fator importante é que esta visibilidade e a flexibilidade de colocar um pedido para a montadora, além dos aspectos das quantidades existentes em estoque físico da montadora, abrangendo os demais perímetros/fases do processo fabril e logístico, pode ajudar a rede de concessionárias otimizando a sua estratégia de planejamento comercial e financeiro.

Na Figura 7 que mostra uma abordagem qualitativa, panorama de atendimento proposto, fluxo do pedido, informação e documento; o veículo é atrelado ao pedido pelo concessionário enquanto é produzido, ou durante o transporte, ou durante o processo de nacionalização, ou quando estão disponíveis nos pátios devido à possibilidade de visibilidade pelos concessionários, assim farão seus pedidos no sistema.

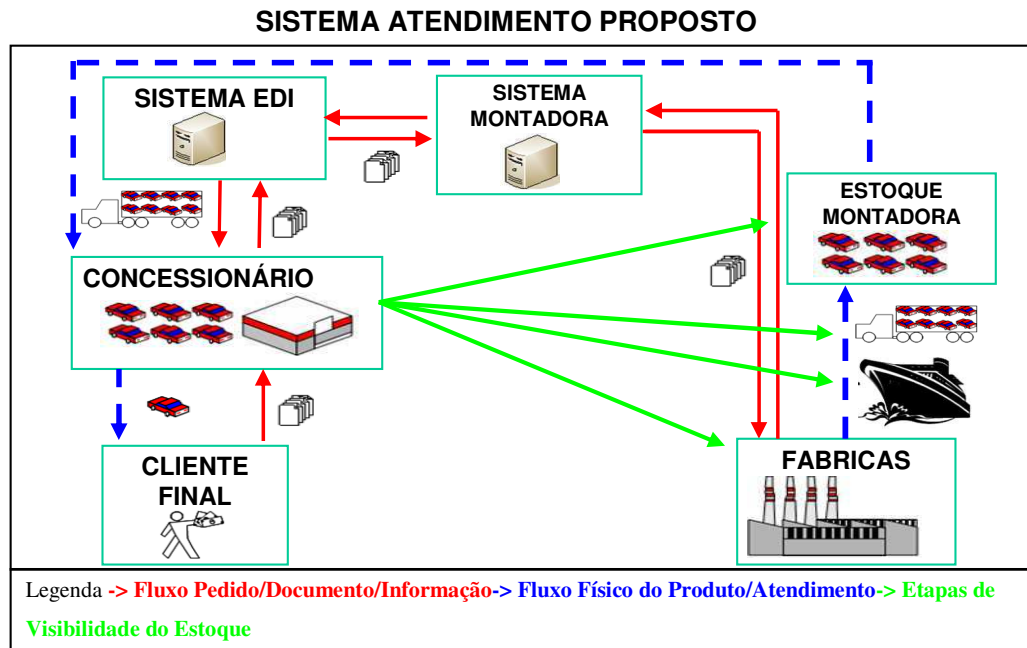


Figura 7. Sistema de atendimento de pedido proposto

Fonte: Autor

Fisicamente os veículos seguiriam seus fluxos de acordo com a origem de fabricação. Para todos os veículos depois de disponibilizados comercialmente pelo fluxo sistêmico, os mesmos serão faturados automaticamente para os pedidos que já estavam atrelados desde o início do fluxo.

Neste caso as etapas do processo de atendimento físico/fiscal dos veículos também são atualizadas no sistema EDI através de *status* para que o concessionário possa fazer o acompanhamento desde a colocação do pedido, passando pelo processo produtivo e logístico até o recebimento físico em sua loja. Chegando ao concessionário o veículo estará disponível para ser vendido e entregue ao cliente final.

3.2.2.2 Abordagem quantitativa proposta

A abordagem proposta procura basear-se nas demandas apuradas em todo o período estudado utilizando as modelagens matemáticas citadas neste trabalho para avaliação da demanda:

- i. a média simples ou também conhecida como móvel devido esta modalidade ser a de mais fácil compreensão e acessibilidade a qualquer pessoa e possibilidade de

agregá-la em qualquer ferramenta de cálculo disponível no mercado. Para a abordagem com média simples foi utilizado o aplicativo Microsoft Excel.

- ii. o método do último período que consiste em deslocar a demanda anterior para o período posterior é o mais simples podendo contemplar para sua aplicação o uso de uma planilha Excel.
- iii. o método da média móvel ponderada que considera pesos diferenciados e de menor valor para cada período apurado anterior. Podemos utilizar os recursos de uma planilha de Excel com o auxílio de uma função que considere os pesos designados de acordo com os critérios do usuário.
- iv. o método dos mínimos quadrados que exige a implementação de um algoritmo ou aplicativo que já o possua implementado. Fazendo uso da regressão linear simples consiste em encontrar uma equação linear de previsão, do tipo e previsão, do tipo $Y = a + bX$ (onde Y é a variável dependente a ser prevista e X a variável independente da previsão), de forma que a soma dos quadrados dos erros de previsão seja a mínima possível. Este método também é conhecido como “regressão dos mínimos quadrados”. Para a aplicação do método dos mínimos quadrados foi utilizado o aplicativo Maple de computação algébrica que já possui esse algoritmo implementado em suas bibliotecas. A Figura 8 mostra as linhas de comando utilizadas no aplicativo Maple para a determinação da função de melhor ajuste a partir do conjunto de pontos da Tabela 1.

```
> with(CurveFitting)://
> pts := [[2, 5469], [3, 9210], [4, 6880], [5, 5338], [6, 6441], [7, 7108], [8, 7182], [9, 6803],
[10, 10033], [11, 9242], [12, 9759], [13, 5749], [14, 8351], [15, 7313], [16, 6936], [17, 9933],
[18, 8430], [19, 6840], [20, 8085], [21, 8127], [22, 6616], [23, 7273], [24, 9119]];
> fn := LeastSquares( pts, x, curve = a*x + b );
```

Figura 8. Comandos usados no aplicativo Maple para o Método dos Mínimos Quadrados

Fonte: Autor

Detalhando tecnicamente o aplicativo, a primeira linha de comando representada na Figura 7 mostra a solicitação da biblioteca *CurveFitting* com o comando *with*. Em seguida o conjunto de pontos é definido e atribuído a variável *pts*. Com o comando *LeastSquares* o método dos mínimos quadrados é invocado sendo fornecido como argumento o conjunto de pontos *pts*, a variável e o tipo de curva, representada neste caso como uma reta.

4 RESULTADOS

Utilizando a mesma abordagem quantitativa que foi demonstrada no item 3.1.1.2, serão simulados dois cenários sendo o que o primeiro será baseado no cálculo da média simples de todas as 23 demandas apuradas e o segundo baseado no método mínimos quadrados.

4.1 Cenário Proposto para o Estudo da Demanda com Média Simples ou Móvel

Para este primeiro cenário, novamente estabeleceu-se através de planilha Excel um novo giro de estoque que está demonstrado na Tabela 2. Nota-se um nível de comportamento ainda mais reduzido nos estoques mensais finais em relação ao comportamento real apurado.

Tabela 2 – Comportamento da demanda, estoque e giro proposta baseada na média simples

Mês	Produção	Faturamento/Vendas	Estoque total Montadora - Final	Giro pelo Método da Média Simples
jan/10			6.543	
fev/10	6.934	7.662	5.815	0,76
mar/10	9.960	7.662	8.113	1,06
abr/10	7.921	7.662	8.372	1,09
mai/10	6.667	7.662	7.377	0,96
jun/10	7.109	7.662	6.824	0,89
jul/10	8.029	7.662	7.191	0,94
ago/10	7.792	7.662	7.321	0,96
set/10	7.372	7.662	7.031	0,92
out/10	9.191	7.662	8.560	1,12
nov/10	9.891	7.662	10.789	1,41
dez/10	6.689	7.662	9.816	1,28
jan/11	4.620	7.662	6.774	0,88
fev/11	7.527	7.662	6.639	0,87
mar/11	8.679	7.662	7.656	1,00
abr/11	11.054	7.662	11.048	1,44
mai/11	10.969	7.662	14.355	1,87
jun/11	9.957	7.662	16.650	2,17
jul/11	10.386	7.662	19.374	2,53
ago/11	9.666	7.662	21.378	2,79
set/11	8.105	7.662	21.821	2,85
out/11	7.528	7.662	21.687	2,83
nov/11	4.458	7.662	18.483	2,41
dez/11	2.124	7.662	12.945	1,69

O comportamento baseado no método de média simples sugere a redução dos estoques mensais, representado por uma diminuição pela metade dos períodos que possuem mais de 1,3 giros, conforme preconizado como meta pela empresa.

No modelo atual existem 20 períodos com mais de 1,3 giros, enquanto o modelo contemplando a demanda média para todos os períodos mostra somente 10 períodos com mais de 1,3 giros.

Com o resultado dos dados apurados no cenário proposto utilizando a média simples pode-se demonstrar visualmente um novo comportamento do giro de estoque que é destacado na Figura 9 sugerindo melhor aspecto quanto ao nível de estoque.

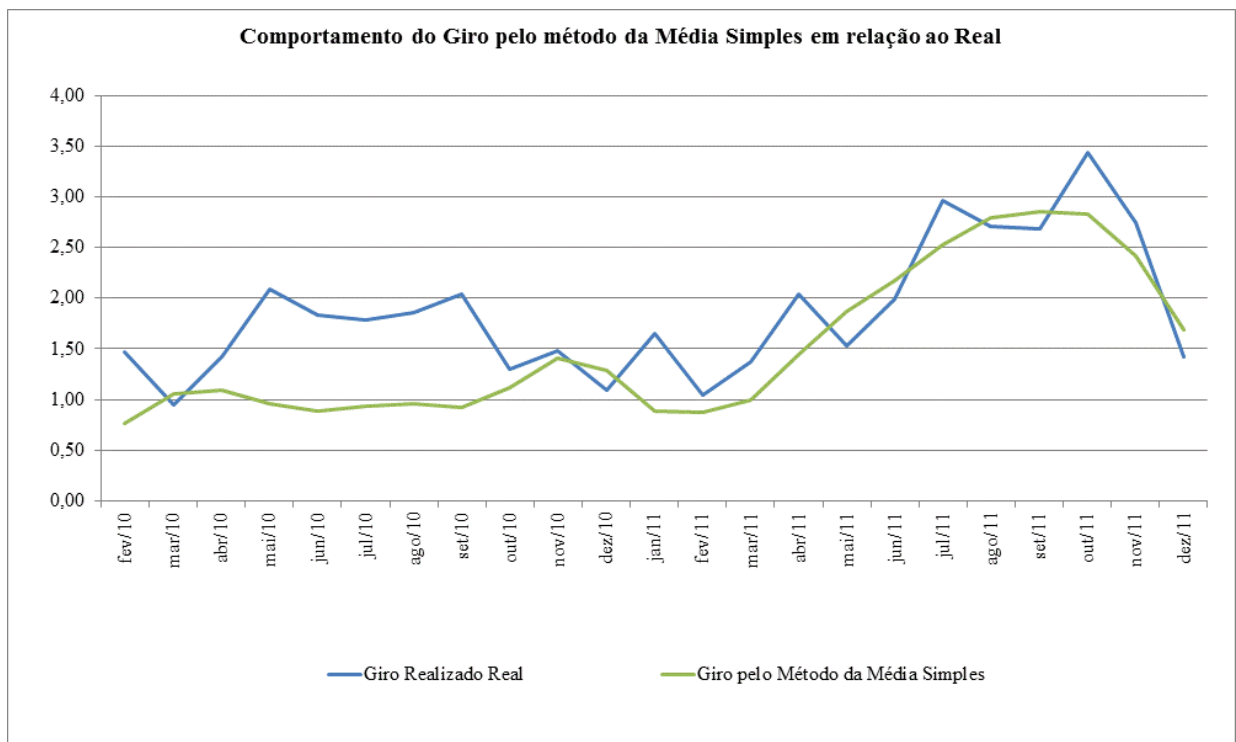


Figura 9. Giro de estoque pelo método da média simples

Fonte: Autor

4.2 Cenário Proposto para o Estudo pelo Método do Último Período

O segundo cenário baseado no método do último período demonstra na Tabela 3 o nível de comportamento dos estoques mensais finais.

Tabela 3 – Comportamento da demanda, estoque e giro proposta baseada no método do último período

Mês	Produção	Faturamento/Vendas	Estoque total Montadora - Final	Giro pelo Método do último Período
jan/10			6.543	
fev/10	6.934	4.102	9.375	2,29
mar/10	9.960	5.469	13.866	2,54
abr/10	7.921	9.210	12.577	1,37
mai/10	6.667	6.880	12.364	1,80
jun/10	7.109	5.338	14.135	2,65
jul/10	8.029	6.441	15.723	2,44
ago/10	7.792	7.108	16.407	2,31
set/10	7.372	7.182	16.597	2,31
out/10	9.191	6.803	18.985	2,79
nov/10	9.891	10.033	18.843	1,88
dez/10	6.689	9.242	16.290	1,76
jan/11	4.620	9.759	11.151	1,14
fev/11	7.527	5.748	12.930	2,25
mar/11	8.679	8.351	13.258	1,59
abr/11	11.054	7.313	16.999	2,32
mai/11	10.969	6.936	21.032	3,03
jun/11	9.957	9.933	21.056	2,12
jul/11	10.386	8.430	23.012	2,73
ago/11	9.666	6.840	25.838	3,78
set/11	8.105	8.085	25.858	3,20
out/11	7.528	8.127	25.259	3,11
nov/11	4.458	6.616	23.101	3,49
dez/11	2.124	7.273	17.952	2,47

O comportamento caracterizado pelo deslocamento da demanda anterior para o período posterior sugere uma curva similar ao cenário real base de estudo.

Com o resultado dos dados apurados no cenário proposto utilizando o método do último período pode-se demonstrar visualmente o comportamento do giro de estoque que é destacado na Figura 10. Neste modelo utilizando o método do último período temos 22 períodos com mais de 1,3 giros e somente 1 abaixo deste limite de giro. Mesmo sugerindo um comportamento mais eficiente que o real apurado este método demonstrou ser menos representativo quanto ao método de média simples.

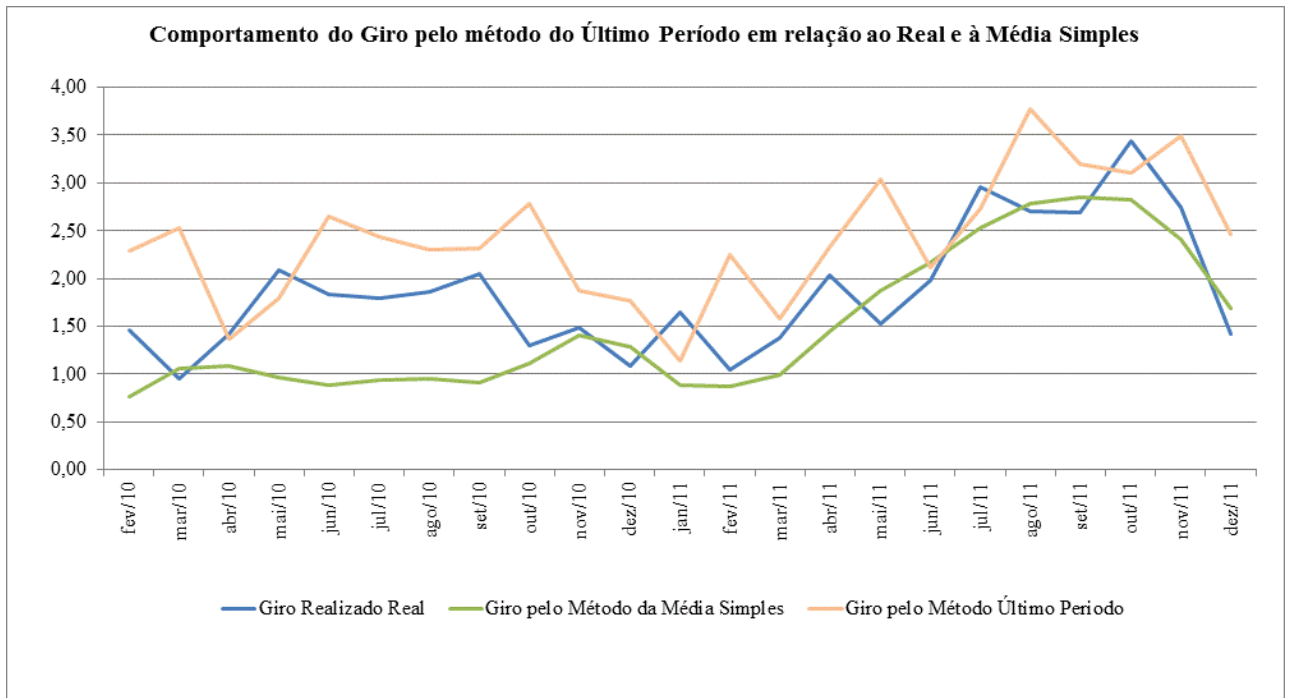


Figura 10. Giro de estoque pelo método do último período

Fonte: Autor

4.3 Cenário Proposto para o Estudo pelo Método da Média Ponderada

O terceiro cenário baseado no método da média ponderada é demonstrado na Tabela 4 o qual sugere um nível de comportamento de consumo relativo aos pesos considerados ao longo dos períodos, porém esta elevação dos pesos os períodos são inflacionados e caso não sejam efetivamente realizados podem ocasionar em aumento dos volumes mensais.

Tabela 4 – Comportamento da demanda, estoque e giro proposta baseada no método da média ponderada

Mês	Produção	Faturamento/Vendas	Estoque total Montadora - Final	Giro pelo Método média ponderada	Peso %	Faturamento/Vendas
jan/10			6.543			
fev/10	6.934	5.469	8.008	1,46	0	5.469
mar/10	9.960	9.210	8.758	0,95	0	9.210
abr/10	7.921	6.880	9.799	1,42	0	6.880
mai/10	6.667	5.338	11.128	2,08	0	5.338
jun/10	7.109	6.441	11.796	1,83	0	6.441
jul/10	8.029	7.108	12.717	1,79	0	7.108
ago/10	7.792	7.182	13.327	1,86	0	7.182
set/10	7.372	6.803	13.896	2,04	0	6.803
out/10	9.191	10.033	13.054	1,30	0	10.033
nov/10	9.891	9.242	13.703	1,48	0	9.242
dez/10	6.689	9.759	10.633	1,09	0	9.759
jan/11	4.620	6.035	9.218	1,53	5	5.748
fev/11	7.527	8.769	7.976	0,91	5	8.351
mar/11	8.679	7.679	8.976	1,17	5	7.313
abr/11	11.054	7.283	12.748	1,75	5	6.936
mai/11	10.969	10.430	13.287	1,27	5	9.933
jun/11	9.957	8.852	14.392	1,63	5	8.430
jul/11	10.386	7.524	17.254	2,29	10	6.840
ago/11	9.666	8.894	18.027	2,03	10	8.085
set/11	8.105	8.940	17.192	1,92	10	8.127
out/11	7.528	7.278	17.443	2,40	10	6.616
nov/11	4.458	8.364	13.537	1,62	15	7.273
dez/11	2.124	10.487	5.174	0,49	15	9.119

No quarto cenário o resultado dos dados apurados baseado no método da média ponderada é demonstrado a partir do comportamento do giro de estoque na Figura 11. Neste modelo utilizando o método da média ponderada temos 16 períodos com mais de 1,3 giros e somente 7 abaixo deste limite de giro. Este método tem um ponto de desvantagem denotado que é a ação de caráter quantitativo que necessita do estabelecimento de pesos para cada período de demanda apurado. Este é um critério que fica exclusivamente para o analista estabelecer sugerindo uma situação diferente quando da análise por outro gestor, sendo assim uma determinação de peso pessoal poderá distorcer o resultado a cada critério adotado.

Para este caso foi considerado como critério de estabelecimento dos índices dos pesos a importância dos períodos, sendo os mais recentes recebendo peso maior, enquanto os períodos mais antigos no tempo recebendo pesos mais baixos. No segmento automobilístico a estratégia aplicada é que o próximo período tenha um comportamento crescente, assim quanto mais tempo se passa espera-se que as demandas passadas sejam menos impactantes para prever o futuro.

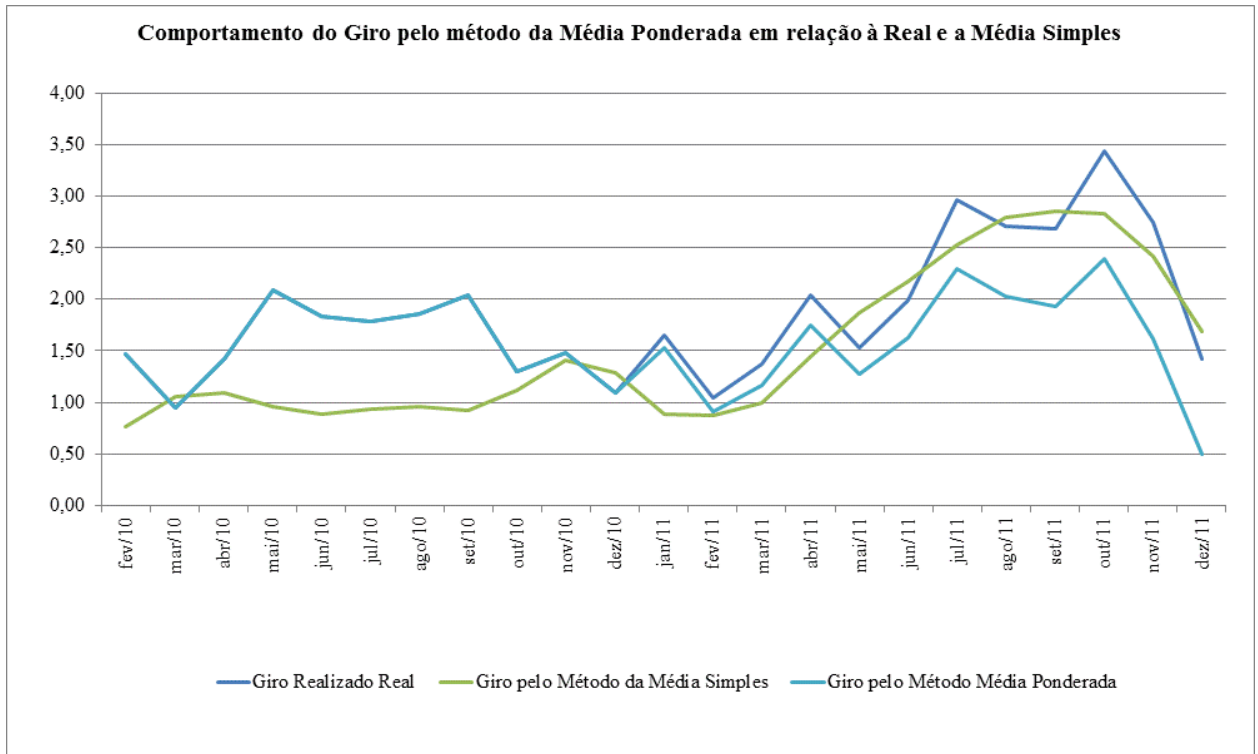


Figura 11. Giro de estoque pelo método da média ponderada

Fonte: Autor

Analisando o comportamento da aplicação dos dois métodos em relação ao giro de estoques verifica-se que o método da média simples tem desempenho mais eficiente em relação ao método de média ponderada, no entanto o método da média ponderada reverte este cenário a partir dos oito últimos períodos analisados. Este desempenho deve ser ressaltado que é a ação na designação de peso de acordo com o critério pessoal do analista que poderá inflacionar os dados obtidos correndo-se o risco de não ocorrer na vida real e assim desencadear em maior estoque.

4.4 Cenário Proposto para o Estudo da Demanda pelo Método dos Mínimos Quadrados

A função resultante da utilização do método dos mínimos quadrados a partir do conjunto de dados mostrado no item 3.2.2.2 é mostrada pela Equação 4.

$$f_n = 6958.281621 + 54.16897233 * x \quad (4.0)$$

A Figura 12 mostra o gráfico representativo da função obtida pela aplicação do método dos mínimos quadrados em relação ao conjunto de pontos.

Modelo Gráfico da Regressão pelo Método Mínimos Quadrados

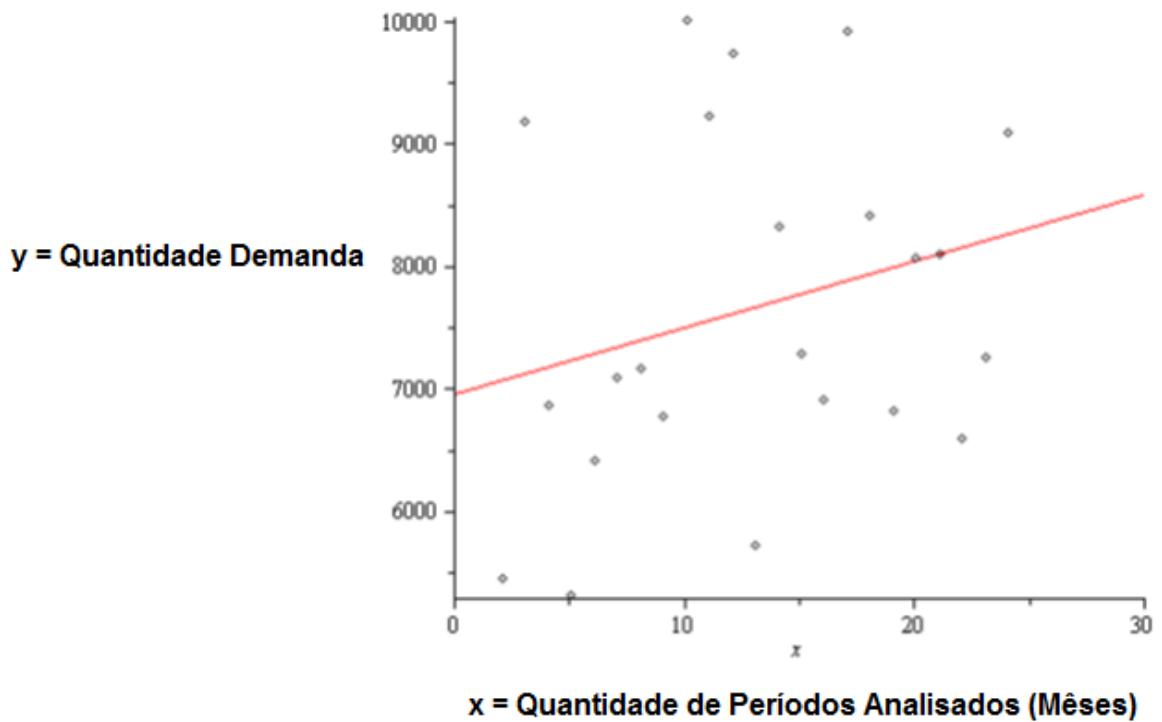


Figura 12. Gráfico representativo da reta de melhor ajuste pelo método dos mínimos quadrados

Fonte: Autor

Considerando este comportamento para ajuste das demandas realizadas apuradas teremos os dados demonstrados na Tabela 5, quando utilizamos o método dos mínimos quadrados. Nota-se que este método também apresenta um nível de comportamento reduzido nos estoques mensais finais, porém com menor frequência.

Tabela 5 – Comportamento da demanda, estoque e giro baseado no método dos mínimos quadrados

Ref	Mês	Produção	Faturamento/Vendas	Estoque total Montadora - Final	Giro pelo Método dos Mínimos Quadrados
1	jan/10			6.543	
2	fev/10	6.934	7.067	6.410	0,91
3	mar/10	9.960	7.121	9.250	1,30
4	abr/10	7.921	7.175	9.996	1,39
5	mai/10	6.667	7.229	9.434	1,30
6	jun/10	7.109	7.283	9.259	1,27
7	jul/10	8.029	7.337	9.951	1,36
8	ago/10	7.792	7.392	10.351	1,40
9	set/10	7.372	7.446	10.277	1,38
10	out/10	9.191	7.500	11.968	1,60
11	nov/10	9.891	7.554	14.305	1,89
12	dez/10	6.689	7.608	13.386	1,76
13	jan/11	4.620	7.662	10.343	1,35
14	fev/11	7.527	7.717	10.154	1,32
15	mar/11	8.679	7.771	11.062	1,42
16	abr/11	11.054	7.825	14.291	1,83
17	mai/11	10.969	7.879	17.381	2,21
18	jun/11	9.957	7.933	19.404	2,45
19	jul/11	10.386	7.987	21.803	2,73
20	ago/11	9.666	8.042	23.427	2,91
21	set/11	8.105	8.096	23.437	2,89
22	out/11	7.528	8.150	22.815	2,80
23	nov/11	4.458	8.204	19.068	2,32
24	dez/11	2.124	8.258	12.934	1,57

A utilização deste modelo estabelece um patamar de volume de demanda mais ajustada em relação ao real cenário apurado. Sugere que os volumes fabricados e de estoque também tenham um maior giro, porém em menor frequência que o método da média simples. Neste modelo utilizando o método dos mínimos quadrados temos 19 períodos com mais de 1,3 giros e somente 4 abaixo deste limite de giro.

Na Figura 13 verifica-se o comportamento do giro traçado mensalmente e sua tendência.

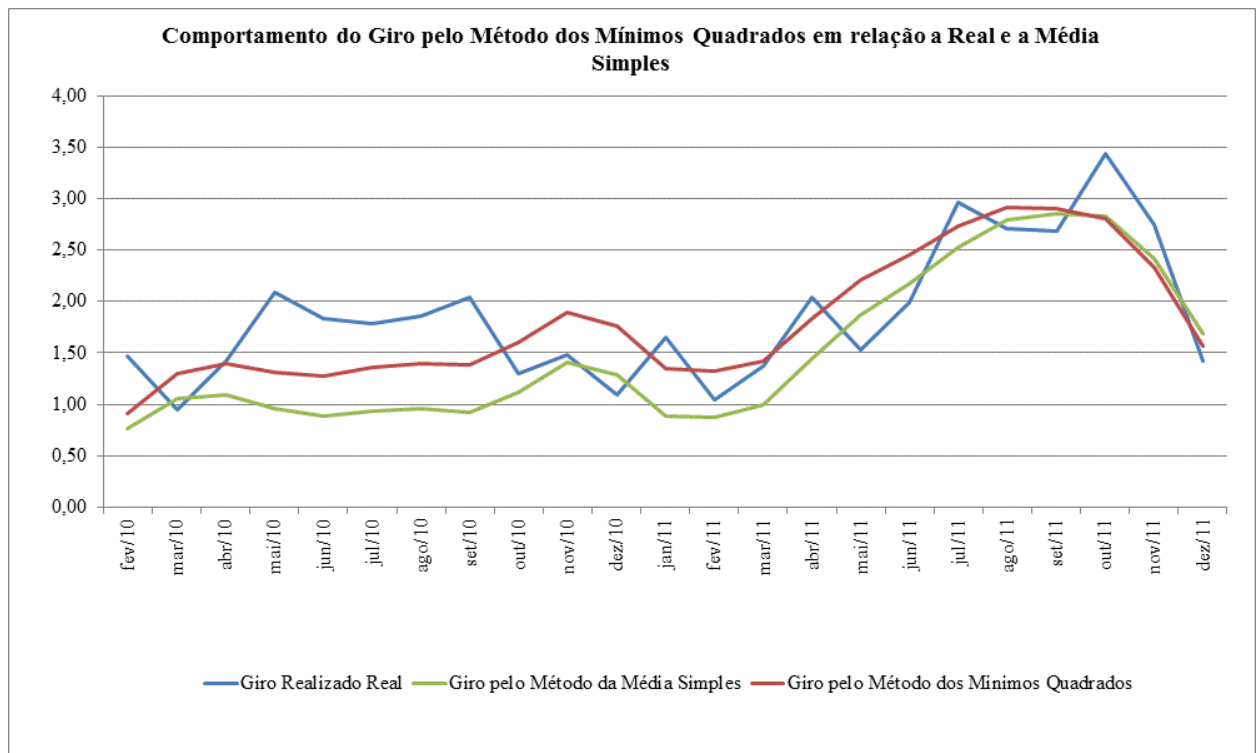


Figura 13. Giro de estoque pelo método dos mínimos quadrados

Fonte: Autor

Esse comportamento sugere um limite de estoque mais próximo do realizado. Também é notório que o método admite uma média linearmente crescente a cada mês. Porém a média simples ainda sugere uma melhor performance no giro do estoque em relação ao método mínimos quadrados.

4.5 Comparativo dos Cenários Propostos da Demanda Real versus os Métodos Propostos

A Tabela 6 mostra os comparativos dos resultados, estando de um lado o giro realizado pelas demandas reais em face da visibilidade concedida aos concessionários que é determinada até o nível de estoque disponível na montadora, e do outro lado com os resultados simulados utilizando-se os métodos: da demanda média simples linear, do último período, da média ponderada e dos mínimos quadrados contemplando uma visibilidade mais ampla do concessionário até o nível de estoque em trânsito e ainda estoque no processo de produção.

Tabela 6 – Comparativo do comportamento do giro realizado e de cada cenário proposto

Mês	Giro Realizado	Giro pelo Método da Média Simples	Giro pelo Método Último Período	Giro pelo Método Média Ponderada	Giro pelo Método dos Mínimos Quadrados
fev/10	1,46	0,76	2,29	1,46	0,91
mar/10	0,95	1,06	2,54	0,95	1,30
abr/10	1,42	1,09	1,37	1,42	1,39
mai/10	2,08	0,96	1,80	2,08	1,30
jun/10	1,83	0,89	2,65	1,83	1,27
jul/10	1,79	0,94	2,44	1,79	1,36
ago/10	1,86	0,96	2,31	1,86	1,40
set/10	2,04	0,92	2,31	2,04	1,38
out/10	1,30	1,12	2,79	1,30	1,60
nov/10	1,48	1,41	1,88	1,48	1,89
dez/10	1,09	1,28	1,76	1,09	1,76
jan/11	1,65	0,88	1,14	1,53	1,35
fev/11	1,04	0,87	2,25	0,91	1,32
mar/11	1,37	1,00	1,59	1,17	1,42
abr/11	2,04	1,44	2,32	1,75	1,83
mai/11	1,53	1,87	3,03	1,27	2,21
jun/11	1,98	2,17	2,12	1,63	2,45
jul/11	2,96	2,53	2,73	2,29	2,73
ago/11	2,70	2,79	3,78	2,03	2,91
set/11	2,69	2,85	3,20	1,92	2,89
out/11	3,44	2,83	3,11	2,40	2,80
nov/11	2,74	2,41	3,49	1,62	2,32
dez/11	1,42	1,69	2,47	0,49	1,57

A Tabela 7 mostra os resultados finais do giro apurado de todos os métodos utilizados como cenários, identificando o comportamento dos melhores desempenhos de cada período em relação aos giros realizados.

Tabela 7 – Comparativo do resultado do giro realizado versus os cenários propostos

Mês	Diferença Giro Realizado X método média simples	Aumento do Giro de estoque Média Simples	Diferença Giro Realizado X método último período	Aumento do Giro de estoque Último Período	Diferença Giro Realizado X método média ponderada	Aumento do Giro de estoque Média Ponderada	Diferença Giro Realizado X método dos mínimos quadrados	Aumento do Giro de estoque pelo método dos Mínimos Quadrados
fev/10	-0,71	SIM	0,00		-0,56	SIM	-0,56	SIM
mar/10	0,11		0,00		0,35		0,35	
abr/10	-0,33	SIM	0,00		-0,03	SIM	-0,03	SIM
mai/10	-1,12	SIM	0,00		-0,78	SIM	-0,78	SIM
jun/10	-0,94	SIM	0,00		-0,56	SIM	-0,56	SIM
jul/10	-0,85	SIM	0,00		-0,43	SIM	-0,43	SIM
ago/10	-0,90	SIM	0,00		-0,46	SIM	-0,46	SIM
set/10	-1,12	SIM	0,00		-0,66	SIM	-0,66	SIM
out/10	-0,18	SIM	0,00		0,29		0,29	
nov/10	-0,07	SIM	0,00		0,41		0,41	
dez/10	0,19		0,00		0,67		0,67	
jan/11	-0,77	SIM	-0,13	SIM	-0,30	SIM	-0,30	SIM
fev/11	-0,17	SIM	-0,13	SIM	0,28		0,28	
mar/11	-0,37	SIM	-0,20	SIM	0,05		0,05	
abr/11	-0,60	SIM	-0,29	SIM	-0,22	SIM	-0,22	SIM
mai/11	0,34		-0,26	SIM	0,68		0,68	
jun/11	0,19		-0,36	SIM	0,46		0,46	
jul/11	-0,44	SIM	-0,67	SIM	-0,23	SIM	-0,23	SIM
ago/11	0,09		-0,68	SIM	0,21		0,21	
set/11	0,16		-0,76	SIM	0,21		0,21	
out/11	-0,61	SIM	-1,04	SIM	-0,64	SIM	-0,64	SIM
nov/11	-0,33	SIM	-1,12	SIM	-0,42	SIM	-0,42	SIM
dez/11	0,27		-0,93	SIM	0,15		0,15	
Períodos com giro menor que o giro real		16		12		12		12

Verifica-se que dos 23 períodos estudados sugerem um melhor desempenho dos níveis de estoque da montadora para o modelo utilizando o método de média simples que destaca 16 períodos com desempenho do giro melhor que o realizado.

Para o estudo dos demais métodos pode-se observar que o desempenho também foi satisfatório em relação ao real obtendo 12 períodos com o giro menor.

Resumidamente o gráfico da Figura 14 compara os cenários (atual x propostos) demonstrando todas as *performances* com destaque das melhores cadências dos níveis de giro do estoque propostos.

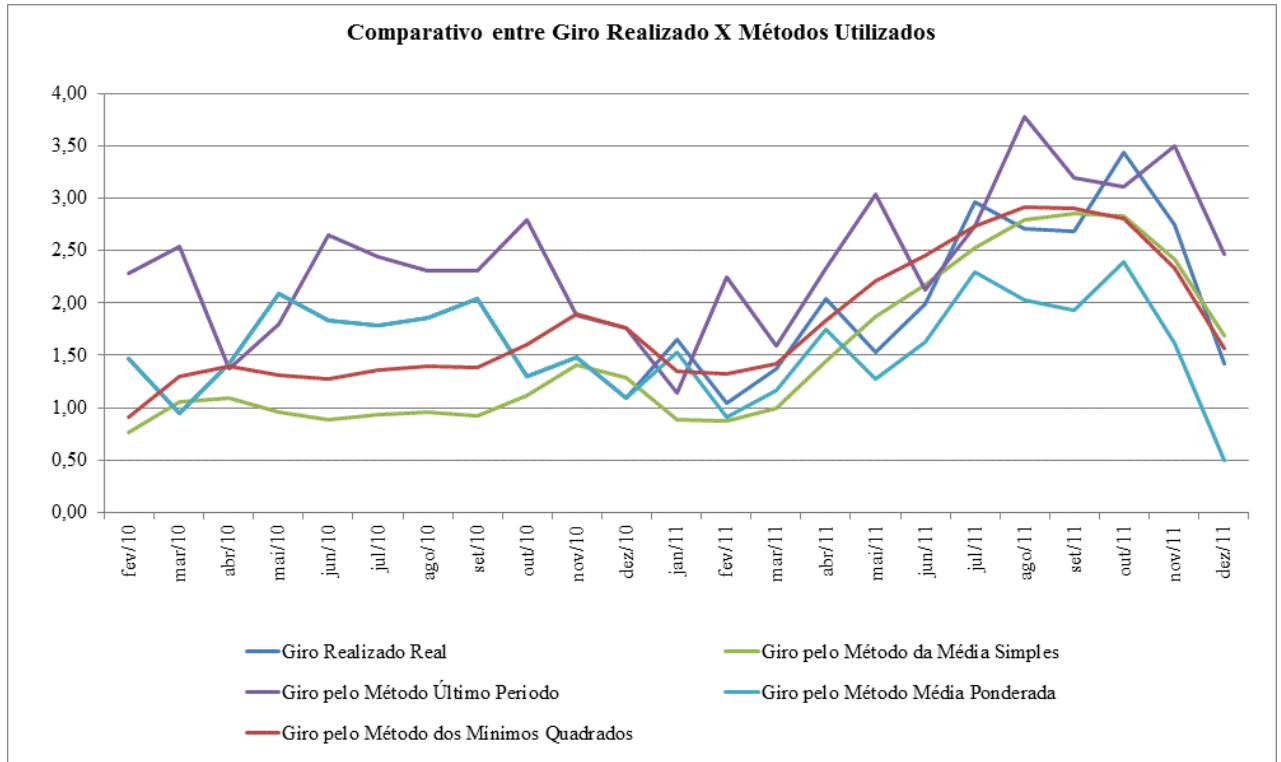


Figura 14. Gráfico comparativo do giro realizado x métodos utilizados propostos

Fonte: Autor

O cenário de visibilidade proposto agrega no auxílio da distribuição da demanda por meio da cadeia produtiva atrelando uma necessidade a um produto que está em processo e que, a vista do cenário atual, poderia se perder.

A opção do modelo da média simples resulta em consumir o estoque de forma linear e mostra que mesmo assim o giro poderá ser maximizado com a utilização da visibilidade ampliada de colocação de pedidos em quase todos os períodos analisados.

As demais opções de modelo mostram que todas variáveis tem comportamento semelhantes, no entanto não demonstra a mesma *performance* que o método da média simples quando se pensa em utilizar um método mais linear que facilite o processo produtivo alinhado ao fato que se pretende ter um comportamento que determine um giro maior do estoque.

4.6 Medição da Precisão

Ragsdale (2009) sugere que em uma abordagem comum para análise de série temporal envolve o teste das técnicas de modelagem para avaliação e explicação do comportamento passado variável das séries temporais. Para o auxílio deste teste de avaliação dos resultados existem medidas quantitativas mais formais de precisão para um bom ajuste e neste trabalho foi utilizada a medida EQM (erro quadrático médio) que está relacionada com a soma de critério de erros quadráticos das estimativas numa análise de regressão.

Esta medida de precisão serviu de base para o estudo de erros de cada método utilizado de previsão de demanda que resultou nos giros de estoque propostos

Calculando os giros de cada método pela ferramenta Excel através da equação (4.1) que determina o EQM resulta-se no comparativo demonstrado na Tabela 8.

$$EQM = \frac{1}{n} \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (4.1)$$

Onde:

Y_i = Valor real da i-ésima observação na série temporal;

\hat{Y}_i = Valor previsto ou esperado para uma observação;

n = Número de períodos.

Tabela 8 – Comparativo do resultado EQM dos cenários propostos

Mês	Giro Realizado	Giro pelo Método da Média Simples	Giro pelo Método Último Período	Giro pelo Método Média Ponderada	Giro pelo Método dos Mínimos Quadrados
fev/10	1,46	0,76	2,29	1,46	0,91
mar/10	0,95	1,06	2,54	0,95	1,30
abr/10	1,42	1,09	1,37	1,42	1,39
mai/10	2,08	0,96	1,80	2,08	1,30
jun/10	1,83	0,89	2,65	1,83	1,27
jul/10	1,79	0,94	2,44	1,79	1,36
ago/10	1,86	0,96	2,31	1,86	1,40
set/10	2,04	0,92	2,31	2,04	1,38
out/10	1,30	1,12	2,79	1,30	1,60
nov/10	1,48	1,41	1,88	1,48	1,89
dez/10	1,09	1,28	1,76	1,09	1,76
jan/11	1,65	0,88	1,14	1,53	1,35
fev/11	1,04	0,87	2,25	0,91	1,32
mar/11	1,37	1,00	1,59	1,17	1,42
abr/11	2,04	1,44	2,32	1,75	1,83
mai/11	1,53	1,87	3,03	1,27	2,21
jun/11	1,98	2,17	2,12	1,63	2,45
jul/11	2,96	2,53	2,73	2,29	2,73
ago/11	2,70	2,79	3,78	2,03	2,91
set/11	2,69	2,85	3,20	1,92	2,89
out/11	3,44	2,83	3,11	2,40	2,80
nov/11	2,74	2,41	3,49	1,62	2,32
dez/11	1,42	1,69	2,47	0,49	1,57
	EQM	0,3342412	0,645183	0,2192263	0,1967101

Os resultados mostrados pelos menores índices de erros evidencia que o método dos mínimos quadrados é o que mais se ajusta ao cenário de dados reais apurados com EQM de 0,19, mas o que se pretende no trabalho é um modelo que tenha um giro mais eficiente que o

real, assim este método por se aproximar ao real resultaria no mesmo comportamento. O segundo melhor EQM de 0,21 para o método de média ponderada, no entanto este método depende do critério pessoal de um analista podendo variar de acordo com cada interpretação.

O método da média simples apresenta EQM de 0,33, mas tem como ponto positivo que a média apurada auxilia os meios produtivos por se tornar linear para todos os períodos. Além que ele sugere pelo seu índice de erro que é um fator mais adequado já que demonstra que os níveis de giro de estoque são mais eficientes.

O Método do último período tem o EQM de 0,64, porém mesmo tendo um erro maior seu comportamento apresentou giros maiores que o real e muito além que o método da média simples. Outro ponto que a determinação do último período para este segmento automobilístico é um tanto complexo para se implantar já que os produtos possuem insumos importados que necessitam de um *lead time* de aquisição mais amplo, as vezes chegando a três meses de antecedência.

4.7 Fluxo Proposto com Base na Nova Visibilidade para a Abordagem Qualitativa

Na abordagem qualitativa a visibilidade proposta resulta na possibilidade que o concessionário venha a ter a condição de colocação de pedido de veículos que se encontra em qualquer etapa da cadeia produtiva.

A Figura 15 demonstra cada etapa do cenário de visibilidade independente dos modelos quantitativos propostos.

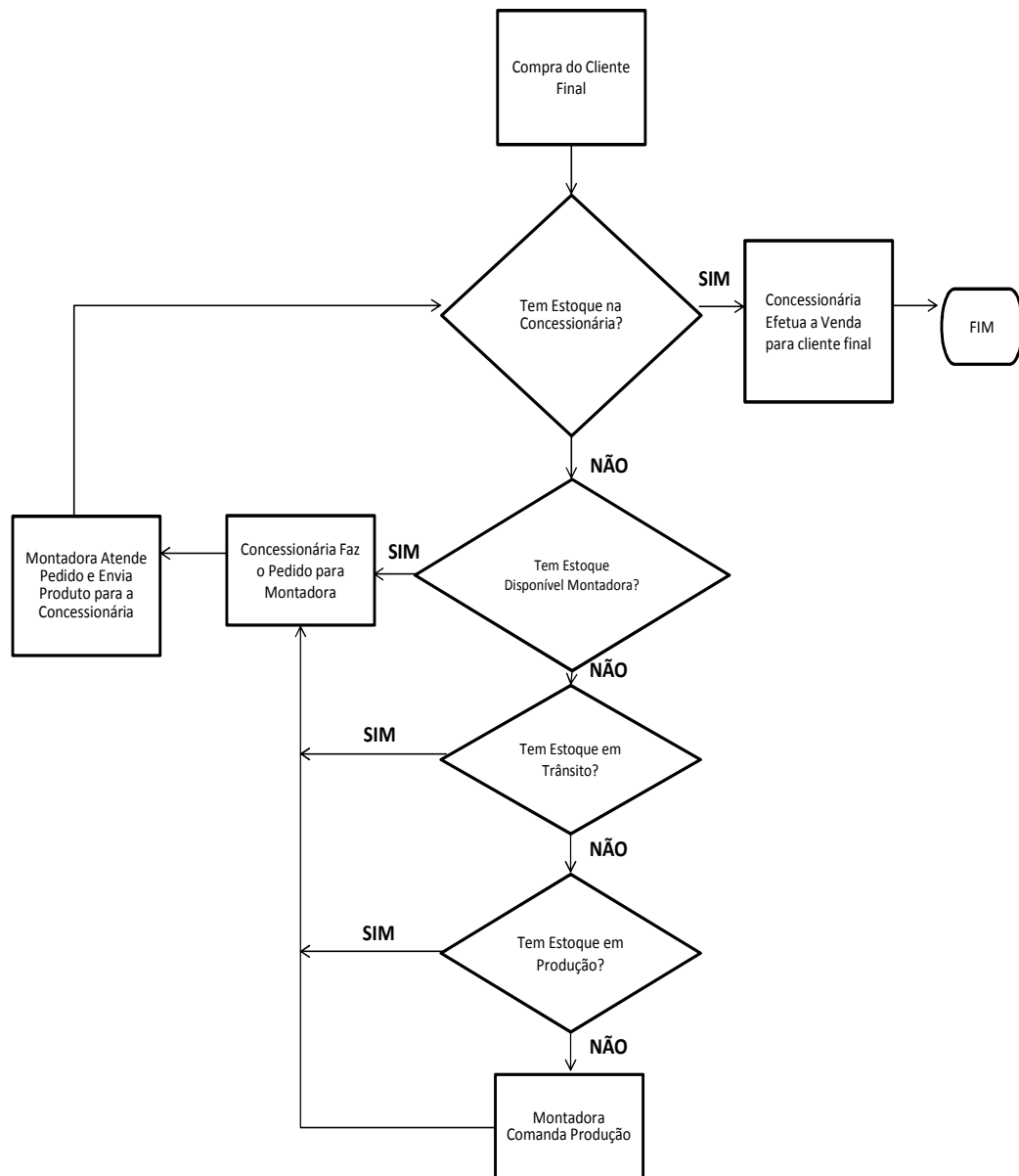


Figura 15. Fluxo do cenário de visibilidade proposto

Fonte: Autor

As etapas do fluxo sugerem que o concessionário sempre terá um estágio que lhe permita efetivar a solicitação do produto e acompanhar o seu desenvolvimento durante a evolução em todo o perímetro da cadeia. Se na etapa de disponibilidade de estoque o produto não estiver disponível, ele irá para a etapa posterior que é a do estoque em trânsito, se mesmo assim não tiver o produto, poderá se direcionar para a etapa ainda mais posterior que é a do produto em produção. Em último caso em que o produto não esteja visível nas etapas anteriores, o concessionário poderá efetuar um pedido para produção posterior.

5 CONCLUSÃO

O estudo sugere que ao introduzir um método sistêmico para ampliar a visibilidade do concessionário possibilitando a ele efetuar suas compras em outros estágios em que se encontram os produtos na evolução da cadeia produtiva, este cliente poderá colocar pedidos, que serão atrelados aos itens mesmo que estando antes do perímetro de disponibilidade. No momento em que os produtos se tornem disponíveis automaticamente serão faturados, assim otimizará o nível de giro de estoque e possibilitará que os volumes de cada item venham atingir parâmetros mais baixos.

A proposta de visibilidade evidencia um meio de distribuição da demanda que não era percebida ao longo do tempo no método anterior utilizado, assim o concessionário agora poderá negociar mais precisamente um prazo de entrega junto ao seu cliente ou mesmo se programar melhor para suprir seu estoque.

Um dos métodos mais básicos estudado de demanda utilizando a média simples, associado ao cenário proposto com a ampliação da visibilidade, sugere que, a qualquer momento independentemente do volume de estoque que tiver na ocasião ou sob uma variação de demanda, o concessionário poderá colocar seu pedido mesmo que não tenha o produto em nenhuma etapa da cadeia, porque será comandada a produção pela montadora, bastando a ele negociar o prazo de entrega com o seu cliente final. Este método também sugere uma demanda linear que é o cenário mais adequado e almejado em qualquer empresa quando se trata de processo de produção e também resultou nas demonstrações gráficas um comportamento do giro de estoque mais eficiente o que sugere a redução do estoque em relação à demanda.

Com a adoção da visibilidade ampliada para toda a cadeia logística, a demanda pode ser distribuída mais linearmente de forma que o produto, ao ser concebido e disponibilizado para a comercialização, poderá ser imediatamente faturado ao cliente, sugerindo uma redução do tempo de estoque do produto e, assim, resultando no aumentando do giro de estoque.

Este modelo poderá ser utilizado para futuros trabalhos numa aplicação de microanálises com abordagem e estudo do comportamento do nível de estoque e da demanda de cada item vendido pela montadora, inclusive estendendo às características individuais de cada item, tais como versão, cor, opcionais.

REFERÊNCIAS

AFONSO, M. W.; NOVAES, M. L. O. Aplicação de modelos de previsão de demanda em uma farmácia hospitalar. **Relatório de Pesquisa em Engenharia de Produção da UFF**, ISSN 1678-2399. v. 11, n. 4, 2011.

ARAÚJO, S. A. de; LIBRANTZ, A. F. H; ALVES, W. A. L. Algoritmos genéticos na estimação de parâmetros em gestão de estoque. **Exacta**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 21-29, 2009.

ARAUJO, S.; CORREA, V.; OLIVEIRA, R. B. M.; NUNES, L. E. N. P. Avaliação do Uso da Simulação Computacional em Sistemas de Produção. **VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica – CONEM**, São Luís, MA, jul/ago, 2012.

ARNOLD, J. R. T., **Administração de Materiais**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BARCO, C. F., VILELA, F. B. Análise dos Sistemas de Programação e Controle da Produção. – **XXIII ENEGEP** – Rio de Janeiro, RJ, 13 a 16 de outubro, 2008.

BITTAR, R. C. S. M., BARROS, J. G. M., LIMA, P. C., JUNIOR, C. A. B. Mapeamento do Fluxo de Valor de uma Cadeia de Suprimentos na Indústria Automobilística. Um Estudo de Caso. – **XII SIMPED** – Bauru, SP, 07 a 09 de novembro, 2005.

DIAS, M. A. P. **Administração de Materiais – Princípios, Conceitos e Gestão**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

FERREIRA, Y. L. C., GOMES, D. P., COSTA, T. T. S. Desenvolvimento de um aplicativo para previsão de demanda usando a ferramenta Microsoft Excel. **VIII CNEG Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Rio de Janeiro, RJ, ISSN 1984-9354. 08 e 09 de junho, 2012.

FIGUEIREDO, E. D., NETTO, M. A. C. Modelo de centralização de estoque para a logística de suprimento da exploração e produção da Petrobrás – **Pesquisa operacional**, v.21, n.2, p.137-158. ISSN 0101-7438. Jul/dez, 2001.

FRANCISCHINI, G. P., GURGEL, F. A. **Administração de Materiais e do Patrimônio**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2002.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

LACHTERMACHER, G., **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

LAW, A. M., How to conduct a successful simulation study – **Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference**, USA, 2003.

MENDES, V. M., ESCRIVÃO FILHO, E. Sistemas Integrados de Gestão (ERP) em Pequenas Empresas – **G&P Gestão & Produção**, v.9, n.3, p.227-296, dez. 2002.

MERIDITH, J.R. **The Management of Operations: A Conceptual Empahasis**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992.

MOREIRA, E. C. G., RANGEL, J. J. A., SKURY, A. L., SÁ, A. C. A. Simulação Computacional para produção de pasta Diamantada – **Perspectivas on line – Ciências Exatas e Engenharia**, v.1, n.1, 2011.

OLIVEIRA, C. S., Aplicação de Técnicas de Simulação em Projetos de Manufatura Enxuta. **Estudos Tecnológicos**, DOI: 10.4013/ete.20083.06 ISSN 1808-7310, v.4, n.3, p. 204-217, set/dez, 2008.

OLIVEIRA, E. S.; SILVA, C. E. S.; MELLO, C. H. P., SALGADO, E. G.; CARDOSO, S. S. Análise da Contribuição da Simulação Computacional no Projeto para Montagem. **XIII SIMPED**, Bauru, SP, nov. 2006.

PEREIRA, R. T., LORENZONI, L. L., BARROS, J. P. S., RESENDO, L. C., DUBKE, A. F. (2009). Técnicas Recentes para a Modelagem de Processos: Recomendações Gerais. – **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP** – Salvador, BA, 08 a 09 de outubro, 2009.

PINHO, A. F., MORAIS, N. S. Utilização da Simulação Computacional Combinada à Técnica de Otimização em um Processo Produtivo – **Revista P&D em Engenharia de Produção**, v.08, N.02, p.88-101, 2010.

RAGSDALE, C. T. **Modelagem e Análise de Decisão**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

RANGEL, J. J. A., CUNHA, A. P., PACHECO, A. P., MORGADO, I. F., MONTANÉ, F. A.T. Simulação Computacional para Análise do Frete no Transporte de Cana-de-açúcar – Um Estudo de Caso no Estado do Rio de Janeiro. – **Revista Eletrônica Sistemas & de Gestão**, v.3, n.3, p.250-261, set/dez 2008.

ROSSONI, L. Modelagem e Simulação Soft em Estratégia. – **Revista Produção on Line** – UFSC – Florianópolis, SC, Brasil, ISSN 1676 – 1901. v.6, N.2. ago. 2006.

SLACK N., CHAMBERS, S., JOHNSTON R., **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TAYLOR, D. A., **Logística na Cadeia de Suprimentos**. 1. ed. São Paulo: Pearson, 2006.

TORGA, B. L. M., MONTEVECHI, J. A. B., PINHO, A. F. (2006). Modelagem, Simulação e Otimização em Sistemas Puxados de Manufatura. – **XIII SIMPED** – Bauru, SP, 06 a 08 de novembro, 2006.

TUBINO, D. F., ANDRADE, G. J. P. A Implantação de Sistemas Puxados de Programação da Produção em Ambientes de Demandas Instáveis. – **XXII ENEGEP** – Ouro Preto, MG, 21 a 24 de outubro, 2003.

TUBINO, D. F., **Planejamento e Controle da Produção**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ZALLA FILHO, J. G., PORTO, A. J. V., GONÇALVES FILHO, E. V. (2004). Análise dos Estoques em Processo de Um Sistema de produção de Cabinas Através de Simulação. – **Revista Minerva Pesquisa & Tecnologia** – FIPAI - v.01, N.1 p.17-26, jul/dez, 2004.

ZIN, W.; LEVY, M; BOWERSOX, D.J. Measuring The Effect of Inventory Centralization/Decentralization on Aggregate Safety Stock: The Square Root Law Revisited, **Journal of Business logistics**, 10(1), 1-14, 1989.

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa desde que citado a fonte, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor.

Sergio de Araujo

e-mail: sergioara3@yahoo.com.br

Taubaté, dezembro de 2012.