

Nível de Serviço e Estoque aplicados na Indústria: Uma abordagem de dinâmica de sistemas

Marina Cardoso Guimarães (UFSC) marinacguimaraes@yahoo.com.br

Mauricio Uriona Maldonado (UFSC) m.uriona@ufsc.br

Resumo:

Este estudo tem como objetivo desenvolver um modelo de dinâmica de sistemas para analisar o processo logístico e de atendimento ao cliente de uma empresa, com o objetivo de elaborar políticas para reduzir os estoques, ou definir o cenário para o melhor atendimento possível ao cliente, sendo esse atendimento definido como entregas no prazo. O modelo desenvolvido permitiu simular as taxas de estoque ideal, tanto de produtos acabado quanto em processo (WIP), e principalmente alinhar o que foi chamado de assertividade da produção, ou seja, o realizado versus o planejado, o que influencia fortemente a expedição, e consequentemente o nível de serviço ao cliente. A perspectiva é de obter maior entendimento do sistema, e utilização das taxas dentro da organização aplicada. Com o estudo foi possível concluir que o fator impactante no nível de serviço, melhor atendimento ao cliente, é a assertividade das fabricações, fabricar os produtos corretos conforme puxada do cliente, o que possibilita uma alta taxa de pedidos entregues. Também, que quanto maior essa assertividade, menor a necessidade de estoque de componentes e produtos acabados, e que esses estoques podem permanecer estáveis.

Palavras-chave: Nível de serviço, Estoque, Dinâmica de sistemas.

Level of Service and Inventory applied in Industry: A system dynamics approach

Abstract:

This study aims to develop a system dynamics model to analyze the logistics and customer service process of a company, with the objective of elaborating policies to reduce inventories, or to define the scenario for the best possible customer service, being this service defined as deliveries on time. The developed model allowed us to simulate the ideal stock rates of both finished and in-process products (WIP), and especially to align what was called production assertiveness, that is, the accomplished versus planned, which strongly influences the shipment, and consequently the level of customer service. The perspective is to obtain greater understanding of the system, and use of the rates within the applied organization. With the study it was possible to conclude that the impact factor in the level of service, better customer service, is the assertiveness of the fabrications, manufacture the correct products as pulled from the customer, which allows a high rate of delivered orders. Also, that the higher this assertiveness, the lower the need for inventory of finished components and products, and that these inventories can remain stable.

Key-words: Level of Service, Inventory, System dynamics

1. Introdução

Este estudo tem como objetivo desenvolver um modelo de dinâmica de sistemas para analisar o processo logístico e de atendimento ao cliente de uma empresa, visando reduzir os estoques, ou definir o cenário para o melhor atendimento possível ao cliente, com entregas no prazo.

O modelo elaborado permite analisar o fluxo produtivo e logístico de uma empresa, a partir da produção de componentes, posterior montagem de produtos, e entrega dos pedidos ao cliente final. Permite testar os níveis de estoques, e nível de serviço, e taxa de assertividade ideal, dessa forma, analisar melhor o processo de atendimento do cliente na empresa, e os fatores que impactam no bom atendimento.

2. Identificação e definição do problema

Na empresa estudada foi identificada uma queda no Nível de Serviço, ou seja, embarque de pedidos fora do prazo de entrega do cliente, com uma média atual de 79%, abaixo da meta atual da empresa que é de 92%. Esse resultado está impactando negativamente no atendimento ao cliente e imagem da empresa perante o mercado. O problema é identificado, mas algumas causas não estão bem claras para a organização, também, a proposta de solução gerencial imediata é o aumento do nível de estoque de acabados, para melhor taxa de entrega de pedidos.

Conforme mencionado por Sterman (2000), o modelo de dinâmica de sistemas foi utilizado para analisar cadeias de suprimentos em vários níveis, e o mesmo indica que as cadeias de suprimentos consistem em uma sequência de processos, recebendo ordens e ajustando a capacidade de produção para atender às mudanças na demanda. Cada elo da cadeia mantém e controla seus estoques de materiais e produtos acabados, mas para entender o comportamento de uma cadeia de suprimentos e as causas de oscilação, amplificação e atrasos, primeiro é necessário compreender a estrutura e a dinâmica de um único elo, ou seja, como uma empresa individual gerencia seus inventários e recursos à medida que tenta equilibrar a produção com pedidos, tais processos de balanceamento sempre envolvem feedbacks negativos. Em tal tarefa de gerenciamento de estoque, o gerente procura manter um estoque em um determinado nível alvo, ou pelo menos dentro de um intervalo aceitável. As ações são alteradas apenas por mudanças nas taxas de entrada e saída. Esse comportamento mencionado por Sterman é visualizado na empresa, e o estudo tem como objetivo fazer a análise desse elo da cadeia.

3. Fundamentação teórica

3.1. Nível de Serviço e Estoque

Conforme Beamon (1998), uma cadeia de suprimentos é um processo de fabricação integrado, no qual as matérias-primas são transformadas em produtos finais e depois entregues aos clientes. No seu nível mais alto, uma cadeia de suprimentos é composta por dois processos básicos e integrados: Processo de Planejamento de Produção e Controle de Estoque e Processo de Distribuição e Logística.

A cadeia de abastecimento corresponde ao conjunto de processos requeridos para obter materiais, agregar-lhes valor de acordo com a concepção dos clientes e consumidores e disponibilizar os produtos para o lugar e para a data que os clientes e consumidores os desejarem (BERTAGLIA, 2009). Para Kim (2006), o gerenciamento da cadeia de suprimentos busca melhorar o desempenho competitivo integrando as funções internas dentro de uma empresa e conectando-as efetivamente com as operações externas de fornecedores, clientes e outros membros da cadeia. O benefício dessa integração da cadeia de abastecimento pode ser alcançado através de uma ligação eficiente entre várias atividades da cadeia de suprimentos, e a ligação deve estar sujeita à construção efetiva e à utilização de várias práticas para uma cadeia de suprimentos integrada.

A combinação do crescimento econômico mais lento e a concorrência mais acirrada vêm fazendo com que as empresas se concentrem na melhor apropriação de recursos logísticos.

Um resultado desses esforços foi o surgimento de uma nova posição nas empresas dedicada ao controle logístico. O serviço ao cliente, como forma de se agregar valor ao produto, constitui então importante papel na definição da estratégia competitiva das empresas (BOWERSOX e CLOSS, 1996).

Para Ballou (1993, p. 73),

“Nível de serviço logístico é a qualidade com que o fluxo de bens ou serviços é gerenciado. É o resultado líquido de todos os esforços logísticos da empresa. É o desempenho oferecido pelos fornecedores aos seus clientes no atendimento dos pedidos. O nível de serviço logístico é o fator chave do conjunto de valores logísticos que as empresas oferecem a seus clientes para assegurar sua fidelidade. Como o nível de serviço logístico está associado aos custos de prover esse serviço, o planejamento da movimentação de bens e serviços deve iniciar-se com as necessidades de desempenho dos clientes no atendimento de seus pedidos”.

O serviço ao cliente pode ser mensurado em termos da disponibilidade de materiais, desempenho operacional e confiabilidade. Nesse sentido, a disponibilidade varia de acordo com a disponibilidade dos estoques para o atendimento ao cliente. O desempenho operacional refere-se ao tempo desde o pedido da mercadoria até a entrega da mesma ao cliente, e a confiabilidade mede a pontualidade das entregas, isto é, o efetivo cumprimento dos prazos de entregas de acordo com os clientes (BOWERSOX e CLOSS, 1996).

A relevância da logística é influenciada diretamente pelos custos associados a suas atividades (BALLOU, 1993). Silva (2008) descreve que sistemas logísticos eficientes são, portanto, a base para o comércio e um fator-chave para a manutenção do alto padrão de vida nos países desenvolvidos. Quanto maior e mais sofisticado for o desenvolvimento operacional destes sistemas, e quanto mais baratas forem suas movimentações e armazenagens, mais livre será a troca de materiais, e em consequência, melhor será seu nível de serviço. Em contrapartida, o estoque se destaca como sendo um ponto chave para redução de custos, não apenas pela sua relevância dentro do custo total e a margem de lucro, mas principalmente, pelo valor imobilizado. O custo do excesso considera os custos referentes à sobra de peças em estoque, por isso, é equivalente ao custo de manter um item em estoque. Já o custo da falta, corresponde ao caso inverso, sendo equivalente ao custo da venda perdida, e da imagem da empresa perante o cliente, ou seja, diretamente ligada ao nível de serviço.

Garcia et al (2006) salientam que no ambiente empresarial, se por um lado baixos níveis de estoque podem levar a perdas de economia de escala e altos custo de falta de produtos, por outro lado, o excedente de estoque representa custos operacionais e de oportunidade do capital parado. Encontrar o ponto ótimo não é uma tarefa simples, o aumento da competição global, e da diferenciação de produtos, caracterizada pelo aumento do número de SKU's (Stock Keeping Units), têm feito com que esta tarefa se torne ainda mais complexa.

Definido também por Oliveira e Filho (2004), o comportamento do estoque deve ser analisado sob dois aspectos: o excedente, ou seja, o que não é necessário ser mantido em estoque, devido à queda na demanda ou ineficiência do sistema produtivo, etc. E também, o custo associado à ruptura do estoque, causada por atraso na entrega e aquecimento na demanda. Os autores indicam que, o que se busca é compatibilizar o nível de estoques com a demanda. Balanceando esses dois custos (o custo do excesso e o custo da falta), as empresas encontrarão um ponto de equilíbrio para dimensionarem seus estoques de segurança e estarem aptas a atender às variabilidades nas demandas, sem a diminuição significativa do nível de serviço e eventuais falhas no processo de suprimentos.

3.2. Dinâmica de sistemas

Em 1956, a Escola de Administração do MIT (Massachusetts Institute of Technology) convidou o professor Forrester a fazer parte de uma iniciativa na qual se acreditava que uma escola de administração de empresas desenvolveria em um ambiente técnico, novas e importantes direções, que seriam diferentes das desenvolvidas pelas escolas de administração dentro de outros ambientes acadêmicos (Forrester, 1968). Como primeiro resultado desse estudo, Forrester publicou seu primeiro livro “Industrial Dynamics” em 1961 (Franco, 2005).

Segundo Sterman (2000), a Dinâmica de Sistemas define-se como: Um conjunto de ferramentas conceituais que permite compreender a estrutura e a dinâmica dos sistemas complexos. A Dinâmica de Sistemas também é uma técnica rigorosa de modelagem que possibilita a construção de simulações formais de sistemas complexos e usá-los para desenhar políticas mais efetivas. Para representar a estrutura de um sistema são utilizados os diagramas de estoque e fluxo, e para isso, é necessário entender o que são estoque e fluxos. Estoque é tudo que se acumula e pode ser medido em um determinado ponto no tempo, e se acumulam, e integram seu fluxo (entrada ou saída). Em Dinâmica de Sistemas, a ideia fundamental é que o comportamento dinâmico de um sistema obedece a um princípio chamado de acumulação, que é a resposta de um sistema da transição dos valores de seus recursos acumulados em estoques e que essas transições são controladas por seus fluxos de entrada e saída nos estoques. Este princípio leva a uma forma particular de representação conhecida por Diagramas de Estoque e Fluxo (STERMAN, 2000).

Conforme identifica Uriona Maldonado (2008), quanto à utilização de uma abordagem de simulação e modelagem, em relação a outros métodos de pesquisa, ela se fundamenta em dois aspectos: primeiro, a dificuldade de identificar efeitos e impactos produzidos por variáveis intangíveis em processos reais, pois estas em geral são dificilmente quantificáveis, segundo, o estabelecimento de políticas dentro das organizações demora um determinado tempo para serem aplicadas e aproveitadas.

Akkermans e Dellaert (2005) salientam que, a abordagem de dinâmica de sistemas no Supply Chain Management, que hoje tem uma análise baseada em dados, e que pressupõe que mais informações, e informações de melhor qualidade levarão a melhores decisões, já a Dinâmica de Sistemas é uma abordagem que é capaz de compensar e reparar essas variáveis, modelando atrasos percebidos, racionalidade limitada e definição de metas. Agora temos milhares de cadeias de suprimentos controladas com novos softwares, como ERP e APS, mas muito pouca compreensão da dinâmica resultante, e os efeitos de feedback e atrasos que estão dirigindo isso. Na abordagem de melhoria de processos, o SD foi utilizado no passado para avaliar o desempenho dos mecanismos de controle JIT e puxado versus empurrado.

Vlachos, Georgiadis e Iakovou (2007) resumem a análise das cadeias de suprimentos com a utilização da Dinâmica de Sistemas no decorrer dos anos, como sendo a principal ferramenta de modelagem e análise utilizada. Forrester introduziu SD no início dos anos 60 como metodologia de modelagem e simulação para a tomada de decisões a longo prazo em problemas de gerenciamento industrial dinâmico. Já existem algumas publicações usando SD na modelagem da cadeia de suprimentos, e a maioria se refere à logística avançada. Forrester (1961) inclui um modelo de cadeia de suprimentos como um de seus primeiros exemplos da metodologia SD. Towill (1995) utiliza no redesenho da cadeia de suprimentos para fornecer insights adicionais sobre o comportamento, os resultados do modelo proposto são os modelos de dinâmica industrial das cadeias de abastecimento. Minegishi e Thiel (2000) usam SD para

melhorar a compreensão do complexo comportamento logístico de uma indústria de alimentos integrados.

4. Construção do Modelo

O modelo representa uma fábrica que inicia o processo pela fabricação de componentes em todas as suas unidades de produção, a uma taxa média de 214.625 peças/dia, conforme dados reais da empresa analisada. Estes componentes são produzidos internamente e enviados a unidade de montagem, na mesma planta da unidade de fabricação, e armazenados em um estoque de componentes (WIP). A partir desse estoque é abastecido o processo de montagem de produtos acabados, sendo que essa montagem acontece a uma taxa média de 50.500 produtos/dia. Os produtos acabados, por sua vez, são armazenados em um estoque final, de onde são separados os pedidos para embarque ao cliente por uma operação de picking.

As fábricas de componentes e acabados possuem metas de volume de produção em peças, baseadas em níveis aceitáveis de custo de transformação da fábrica, evitando máquinas e operadores parados, e elevado tempo de setup. Apesar de existirem vários fatores que influenciam na produção de componentes e também na operação de montagem, como refugos, assertividade da produção, quebra de máquina e disponibilidade, as duas operações sempre atingem suas metas de quantidade de peças produzidas. Porém, o que ocorre atualmente na empresa analisada, é que muitas vezes por influência dos fatores já descritos, nem sempre é possível produzir aquilo que realmente é necessário, conforme puxada do cliente. Eventualmente a produção de componentes não produz o que realmente é necessário para a montagem e entrega de pedidos, e consequentemente, a montagem não consegue produzir os produtos necessários. Isso faz com que a baixa de componentes não aconteça na taxa esperada, resultando em um aumento de estoque de componentes, e uma redução no nível de serviço de entrega ao cliente, pois não é possível realizar o embarque dos pedidos por falta de peças, mesmo com um estoque alto de componentes, tendo assim uma baixa assertividade.

O modelo foi elaborado com base no modelo de Stermam (2000), capítulo 18, que salienta a estrutura de Supply Chain, porém, foram acrescentadas novas variáveis para que o mesmo demonstrasse a realidade atual da empresa.

4.1 Descrição das Variáveis e Fórmulas Do Modelo

Grande parte das variáveis do modelo foram consideradas endógena, sendo que as mais importantes são descritas abaixo, as mesmas são identificadas em quantidade de peças em estoque ou produzidas e variam no intervalo de tempo de dias, sendo analisado o período de 90 dias.

Produção de componentes

A taxa de produção, que é a entrada de peças no estoque de componentes, é dada praticamente como uma constante e influenciada pela assertividade da produção, a meta diária de produção de componentes da fábrica estudada, sendo de 214.625 peças.

Conforme descrito no texto, o início da produção de componentes não é orientada pela puxada do cliente, e sim por um volume mensal de peças a ser produzido visando um menor custo de transformação possível, e volumes de estoque médio calculados para cada item (kanban).

Assertividade da produção

Refere-se a um índice que mostra o quanto a fábrica está produzindo o que realmente precisa para atender a montagem, é dada em um número percentual.

Aparece como a soma do OEE dos equipamentos (Utilização x Qualidade x Eficiência) + Turn over de pessoas + 0,22. O que resulta em 0,89, ou seja, 89%, resultado apresentado geralmente na prática da fábrica estudada.

Baixa de componentes

Representa a taxa de saída do estoque de componentes. Cada produto acabado é composto de uma média de 4,25 componentes fabricados, por isso, a baixa de componentes é obtida pela taxa de montagem multiplicada por 4,25.

Montagem

A Montagem refere-se à produção de produtos acabados, ou seja, os produtos embalados ao cliente. A quantidade média de produtos acabados montados é 50.500 produtos/dia, essa é a meta diária da fábrica e que geralmente tem pouca variação na quantidade de peças. Na fórmula, este número sofre um impacto negativo pelo erro da produção de componentes e pelo OEE da montagem. Em função da grande variação do mix de produtos, e sincronização dessa montagem, foi utilizado um delay de ordem três na montagem, considerando o início e tempo de ciclo da montagem, em média de cinco dias.

Montagem=

$SMTH3(\text{Inicio_de_Montagem}, \text{Tempo_de_ciclo_de_montagem}) * OEE_da_Montagem$

Assertividade da montagem

Refere-se ao índice que mostra o quanto a montagem está produzindo o que realmente precisa para atender o picking de pedidos, ou seja, a puxada do cliente final. É dada em um número percentual, e quanto maior, melhor. Dados reais da empresa analisada.

$\text{Assertividade_da_montagem} = \text{Assertividade_da_produ} * .73$

Taxa de produção desejada

Essa variável e o Início da montagem irão definir na simulação quando a produção deve iniciar a montagem, utilizando a fórmula abaixo em função do ajuste de estoque e taxa de pedidos esperada.

$\text{Taxa de produção desejada} = \text{MAX}(0, \text{Taxa_de_pedidos_Esperada} + \text{Ajuste_Estoque})$

Previsão de Pedidos

Em função da estruturação atual das metas de vendas e procedimento de faturamento da empresa, no decorrer do mês a entrada de pedidos de clientes mantém uma média de 190 pedidos diários, mas nos quatro últimos dias de cada mês existe um pico de entrada de pedidos, elevando essa taxa para uma média de 580 pedidos. Para demonstrar essa concentração no período de análise (90 dias) foi acrescentada a função Step.

Para que o modelo fique dentro da realidade da empresa estudada na simulação, foi adicionado um ajuste na previsão de pedidos, considerando uma taxa de pedidos ideal (média), essa alteração no modelo possibilita uma melhor análise, criando um estoque de pedidos.

A taxa que alimenta esse estoque é o **Ajuste na previsão da demanda**, em função do tempo de ajuste, que é de cinco dias (média). Dessa forma, o estoque de pedidos esperado se acumula, conforme a demanda e a média real de pedidos.

Ajuste na previsão da demanda =

$(\text{Previsao_de_pedidos} - \text{Taxa_de_pedidos_Esperada}) / \text{Tempo_de_ajuste_necessario}$.

Picking

Representa a taxa de saída do produto acabado, ou seja, a separação de pedidos no centro de distribuição e posterior embarque ao cliente.

Essa taxa é influenciada pela capacidade de separação de pedidos, conforme quantidade de operadores atual e modelo de separação, e pela assertividade da montagem, conforme detalhado nas variáveis anteriores, considerando o erro da montagem em enviar ao Centro de Distribuição produtos que não tem necessidade.

$$\text{Picking} = \text{taxa_de_expedicao_desejada} * \text{Taxa_de_atendimento_a_pedidos} - (\text{Montagem} * (1 - \text{Assertividade_da_montagem}))$$

Pedidos faturados no prazo

Caso a montagem não entregue os produtos necessários, os pedidos atrasam para o cliente final. Portanto, os pedidos faturados no prazo dependem da assertividade da montagem, e da capacidade diária de preparação do centro de distribuição.

$$\text{Pedidos_faturados_no_prazo} = \text{Previsao_de_pedidos} * \text{Assertividade_da_Montagem}$$

Nível de Serviço

O nível de serviço medido no sistema é considerado o percentual de pedidos entregues no prazo.

$$\text{Nivel_de_serviço} = \text{Pedidos_faturados_no_prazo} / \text{Previsao_de_pedidos} * 100$$

Estoques

A gestão do estoque também é uma das atividades do ciclo do pedido. O objetivo dessa gestão é controlar a disponibilidade de produtos no armazém e não permitir que falem materiais tanto de matéria prima quanto de produtos acabados.

Estoque de componentes

Dessa forma, o estoque de componentes se dá pela relação das variáveis descritas acima e pela fórmula conforme abaixo, sendo que o estoque inicial é o valor real médio da empresa, de um total de 2.057.383 peças.

$$\text{Estoque_de_componentes}(t) =$$

$$\text{WIP}(t) = \text{WIP}(t - dt) + (\text{Producao} - \text{baixa_componetes}) * dt$$

$$\text{INIT WIP} = 2057383$$

Estoque de PA

O estoque de produtos acabados é a relação da montagem e picking conforme fórmulas abaixo, e contem um estoque inicial de 750.000 peças.

$$\text{Estoque_de_PA}(t) = \text{Estoque_de_PA}(t - dt) + (\text{Montagem} - \text{Picking}) * dt$$

$$\text{INIT Estoque_de_PA} = 750000$$

5. Validação do Modelo

Conforme Forrester (1961), a validade ou significância de um modelo deve ser julgada pela sua adequação a um propósito. O objetivo desse estudo é desenvolver um modelo de dinâmica de sistemas para analisar e validar a dinâmica dos estoques de uma fábrica, e seu nível de serviço, visando elaborar políticas que permitam melhorar o atendimento ao cliente.

6. Análise de Cenários

Conforme indicado na validação do modelo, o que pode ser percebido com as assertividades da montagem e produção atuais, é de que o nível de serviço é mantido constante mas muito baixo em 65%, ou seja, 65% dos pedidos são entregues no prazo do cliente, sendo que essa é a variável mais importante da análise nesse estudo e para a percepção do cliente. Pode-se perceber também, que os estoques tem comportamento dente de serra, o que gera bastante oscilação, e esse comportamento só é possível se houver uma interferência no sistema pela gestão, como parar a produção, férias programadas, ou interferir na programação. Dessa forma, além de ser prejudicial aos clientes, podendo trazer alto custo para a empresa sobre a venda perdida, o aumento do estoque indefinidamente, ou mesmo com intervenção (ajustes), traz também o custo do capital parado e o caos na produção, pois cada intervenção, gera uma reprogramação, e perda de produtividade da fábrica.

Ballou (2001) enfoca o problema gerado pela política de estoque da empresa, citando que existem três classes gerais de custos importantes para determinar a política de estoques: custos de obtenção, custos de manutenção e custos de falta de estoque. Esses custos estão em conflito, ou em compensação, uns com os outros. Essas políticas podem afetar a imagem da empresa no mercado e devem ser cuidadosamente estudadas.

Sabe-se que a taxa de assertividade da produção e montagem de 100% é praticamente impossível e utópica, em função da instabilidade dos processos e máquinas, taxas de refugo e perdas da mão de obra, porém, com essa análise podemos perceber que as variáveis que possuem forte relação de interferência no nível de serviço são as assertividades da montagem e fabricação, ou seja, produzir o que realmente é necessário para os pedidos, aumentando assim a taxa de picking e pedidos embalados. Essa relação mostra que aumentar os níveis de estoque não é a melhor solução para atender corretamente o cliente, pois é possível atingir um nível de serviço de 100%, melhorando as taxas de produção e assertividade, com melhores formas de programação, planejamento e previsão e integração de demanda, ou seja, maior assertividade na previsão de vendas, e integração da cadeia de suprimentos.

Também, o problema encontrado nessa análise da empresa em relação às taxas de assertividade é gerado em função das fábricas e gerencias tomarem decisões locais, baseadas nas metas específicas de cada produção (componentes e produtos acabados), o que gera dificuldade do gerenciamento global da empresa, e busca do nível de serviço comum ao cliente. Conforme orientado por Angerhofer e Angelides (2000), Stermann (1989) propõe que as percepções errôneas do sistema respondem por um desempenho fraco na tomada de decisão dinâmica, pois os processos de decisão são baseados em uma heurística de ancoragem e ajuste. Stermann (1989) afirma que na maioria das situações realistas de gerenciamento de estoque, a complexidade dos feedbacks entre as variáveis impede a determinação da estratégia ótima, e propõe um modelo de decisão de ordem baseado em uma heurística localmente racional, afirmação essa que foi possível comprovar no estudo.

A meta de nível de serviço da empresa é de 92%, dessa forma, foi realizada a simulação das assertividades ideais para atingir tal número. Como a assertividade da fabricação tem baixa interferência no modelo, foi então mantida a taxa atual da empresa de 89%, que também já era um valor alto e aceitável, porém, a assertividade da montagem deve se manter em 92% ou superior, para atingimento da meta de nível de serviço em 92% e estável. A taxa de pedidos esperada varia conforme Step proposto, e Figura 2, e o estoque de PA reduz durante o decorrer do período analisado, e de WIP se mantém constante, em função do baixo impacto da assertividade, conforme comentado anteriormente. Pode-se observar também, que em função da demanda externa, e concentração de pedidos nos últimos dias do mês, o estoque de

PA tem uma redução brusca nesses últimos dias, conforme Figura 3, e que não é possível se manter estável no período. Com o estudo pode-se perceber a redução brusca do estoque de PA no decorrer do período analisado, essa mudança gera instabilidade nos processos, dificuldade no planejamento da produção, dificuldade no controle e acurácia dos estoques, e todos esses pontos são gerados por falta de planejamento nas definições das metas e do processo de vendas.



Figura 2 – Taxa de pedidos esperada

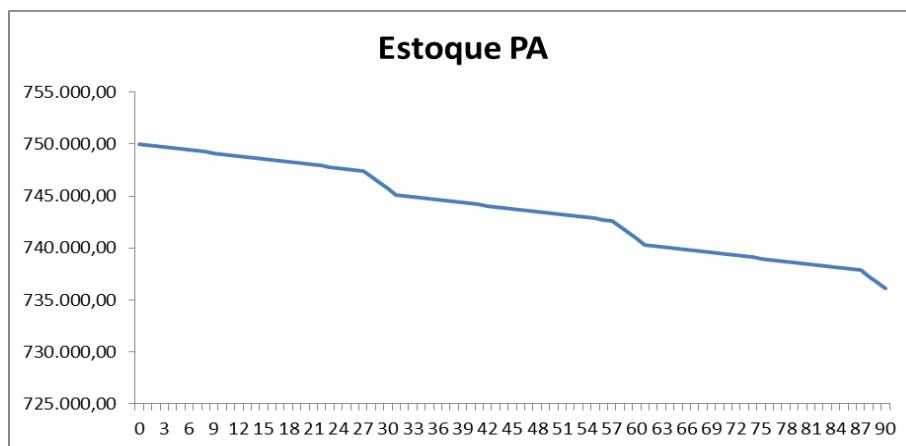


Figura 3 – Estoque de PA proposto

Também, pode-se avaliar a redução total dos estoques de componentes e PA, trabalhando com o modelo de estoque zero. Nessa simulação os estoques iniciais e de referência de PA e componentes foram zerados e mantidos os percentuais de assertividade de 100%, da montagem e fábrica. Esse modelo sugerido é proposto pelo Sistema Toyota de Produção, ou Sistema Just in Time, que é uma busca atual das grandes indústrias, principalmente as automotivas. Porém, para se alcançar baixos níveis de estoque, e manter o bom atendimento ao cliente, é necessária altas taxas de assertividade na produção, para isso, é necessário estabilizar os processos, equipamentos, mão de obra, e máquinas, sendo um desafio para implantação completa.

A Produção Just in Time, conforme Sugimori et al (2007), foi criada para evitar problemas como desequilíbrio de estoque e equipamentos e trabalhadores excedentes, e pela necessidade

de sistemas ajustáveis de acordo com as mudanças devido a problemas e flutuações da demanda, ou seja, resumo da análise gerada por esse estudo. Para isso, foi desenvolvido um sistema de produção que é capaz de encurtar o tempo de entrega desde a entrada de materiais até a conclusão da produção. A produção just-in-time é um método pelo qual o tempo de execução da produção é amplamente encurtado, mantendo a conformidade com as mudanças, ao ter todos os processos produzindo as peças necessárias, no tempo necessário, e apenas o estoque mínimo necessário para manter os processos juntos.

O modelo então valida a teoria da manufatura enxuta, de que é possível atender o cliente no prazo com baixo estoque, melhorando seus processos internamente. Ohno (1997) define que o JIT significa produzir o produto certo, no tempo certo e na quantidade correta. Uma vez implementado o JIT integralmente, a empresa pode chegar ao estoque zero, eliminando-se assim uma atividade que não agrega valor. Os métodos tradicionais de produção não possibilitam uma produção JIT, sendo necessária assim a mudança do paradigma de produção, ou seja, será preciso migrar para a produção enxuta. O JIT significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias na manufatura chegam no momento e na quantidade certa. Isto proporciona a redução dos estoques em diversas fases da função processo. Ao reduzir os estoques, ocorre também a redução ou eliminação de perdas como, por exemplo, a 'perda de superprodução' (SHINGO, 1996).

Conclusão

Conforme Garcia et al (2006) salienta, que no ambiente empresarial, se por um lado baixos níveis de estoque podem levar a perdas de economia de escala e altos custo de falta de produtos, por outro lado, o excedente de estoque representa custos operacionais e de oportunidade do capital empatado. Encontrar o ponto ótimo não é em geral uma tarefa simples. Também, de acordo com Ballou (2001), a administração do ciclo do pedido é uma atividade que proporciona uma visão clara do nível de serviço logístico de empresas, e a administração do ciclo de pedido oferece a oportunidade de olhar a própria empresa através dos olhos dos seus clientes, vendo e experimentando a transação da forma que o consumidor faz.

De acordo com esses conceitos, foi utilizada a dinâmica de sistemas para analisar o fluxo de produção e expedição de materiais de uma empresa, e o comportamento dos estoques e nível de serviço de atendimento ao cliente.

Com essas análises foi possível concluir que o aumento do estoque não é o fator predominante para um melhor atendimento ao cliente, e sim as taxas de assertividades da produção dos itens, visto que se produzido exatamente o que o cliente comprou, não existe a necessidade de estoque, criando essencialmente o fluxo de produção puxado.

O artigo teve o objetivo de identificar as melhores práticas de estoque e assertividades para se obter melhor nível de serviço e atendimento ao cliente, e conforme conclusões apresentadas nos testes de políticas, esse objetivo foi atingido.

Referências

AKKERMANS, Henk.; and DELLAERT, Nico. The rediscovery of industrial dynamics: the contribution of system dynamics to supply chain management in a dynamic and fragmented world. *System Dynamics Review*, 21: 173–186. 2005.

ANGERHOFER, Bernhard J.; ANGELIDES, Marios C. System dynamics modelling in supply chain management: research review. *Simulation Conference*, 2000. Proceedings. Winter. 10-13 Dec. 2000. Orlando, FL, USA.

BALLOU, R. Logística empresarial. São Paulo: Atlas, 1993.

- BALLOU, Ronald H.** Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. Trad. Elias Pereira. 4ª Edição, Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BEAMON, Benita M.** Supply chain design and analysis: Models and methods. Int. J. Production Economics. 1998. 281-294.
- BERTAGLIA, P. R.** Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento. 2.ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 2009.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.** Logistical management: the integrated supply chain process. New York: McGraw-Hill, 1996.
- BOWERSOX, D. J.; COOPER, M. B.** Estrategic marketing channel management. New York: McGraw-Hill, 1992.
- ELIAS, Sérgio José Barbosa.; MAGALHÃES, Liciane Carneiro.** Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da Produção mais Limpa. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.
- FORRESTER, J.** Industrial Dynamics. Cambridge, Mass: MIT Press, Inc, 1961.
- FORRESTER, J.** Industrial Dynamics – After The First Decade. Management Science. v. 14. March, 1968.
- FRANCO, Raul Arellano Caldeira.** Processo de terceirização logística: uma abordagem de dinâmica de sistemas – São Paulo, 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- GARCIA, Eduardo Saggioro.; REIS, Leticia Mattos Tavares Valente dos.; MACHADO, Leonardo Rodrigues.; FILHO, Virgílio José Martins Ferreira.** Gestão de Estoques: Otimizando a Logística e a Cadeia de Suprimentos. Rio de Janeiro. E-Papers Serviços Editoriais. 2006.
- KIM, S. W.** Effects of supply chain management practices, integration and competition capability on performance. Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 11 Issue: 3, pp.241-248. 2006.
- MINEGISHI S, THIEL D.** System dynamics modeling and simulation of a particular food supply chain. Simulation— Practice and Theory. 2000; 8:321–39.
- OLIVEIRA, Josenildo Brito De.; FILHO, Cosmo Severiano.** Aspectos Ocultos do Custo Logístico de Oportunidade em Gestão De Estoques. XI Congresso Brasileiro de Custos – Porto Seguro, BA, Brasil, 27 a 30 de outubro de 2004.
- OHNO, T.** O Sistema Toyota de produção. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- SHINGO, S.** O Sistema Toyota de produção: do ponto de vista de engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SILVA, Liliane Sena da.** Nível de Serviço Logístico: Estudo de Caso em uma Empresa de Bebidas da Paraíba. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro. 2008.
- STERMAN, J. D.** Business dynamics. Systems thinking and modeling for a complex world. Boston: McGraw Hill Higher Education, 2000.
- SUGIMORI, Y.; KUSUNOKI, K.; CHO, F.; & UCHIKAWA, S.** Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respectfor-human system. International Journal of Production Research, 15:6, 553-564, 2007.
- TOWILL D.** Industrial dynamics modeling of supply chains. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 1995;26(2):23–42.
- URIONA MALDONADO, Mauricio.** Análise do impacto das Políticas de Criação e Transferência de Conhecimento em Processos Intensivos em Conhecimento: Um modelo de Dinâmica de Sistemas. Florianópolis, 2008. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Programa de Pós Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina.
- VLACHOS, Dimitrios.; GEORGIADIS, Patroklos.; IAKOVOU, Eleftherios.** A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains. Computers & Operations Research. Volume 34, Issue 2, February 2007, Pages 367-394.