

**REPOSIÇÃO DE ESTOQUES A PARTIR DO USO DA MODELAGEM E
SIMULAÇÃO: UMA APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE AUTOMAÇÃO
INDUSTRIAL DE PEQUENO PORTE**

**STOCKS REPLACEMENT THROUGH MODELING AND SIMULATION USE: AN
APPLICATION IN AN INDUSTRIAL AUTOMATION SMALL SIZED COMPANY**

Mirela Lazzarotto – Acadêmica de Tecnologia em Logística (IFRS – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves)
mirela.lazzarotto@gmail.com

Daniel Battaglia – Doutorando em Engenharia de Produção (UNISINOS) e professor no IFRS (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves)
daniel.battaglia@bento.ifrs.edu.br

Fabiane Cristina Brand – Doutoranda em Administração (UNISINOS) e professora no IFRS (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves) –
fabiane.brand@bento.ifrs.edu.br

Informações de Submissão

Daniel Battaglia. Endereço Avenida
Oswaldo Aranha, 540; Bento
Gonçalves/RS - CEP: CEP: 95700-000.
Recebido em: 07/08/2014
Aceito em: 14/11/2014
Publicado em: 10/12/2014

Palavras-chave

Gestão de estoques. Modelagem e
Simulação. Logística.

Keywords

Inventory management. Modeling and
simulation. Logistics.

Resumo

O gerenciamento de estoques de matérias-primas, materiais em processo ou produtos prontos apresenta-se como função importante a ser desempenhada pelos gestores. Decisões sobre a quantidade a ser estocada podem ser definidas com base em resultados decorrentes da aplicação de técnicas de Modelagem e Simulação. O presente estudo visa apresentar uma análise de cenários para a definição de uma política de reposição de estoques adequada a uma empresa de pequeno porte. Além disso, o artigo apresenta, também, uma experiência de aplicação de Modelagem e Simulação em um contexto de pequena empresa. Para isso, uma pesquisa com características qualitativa e quantitativa foi conduzida. Dentre os resultados, sugere-se que um dos cenários modelados melhor se configura à realidade da empresa, visto que permite que seja implementada uma política de reposição de estoques em que a quantidade de material estocado permanece mais equilibrada e praticamente não ultrapassa o nível crítico do estoque de segurança.

Abstract

The management of raw materials, in process materials or finished products presents as an important function which the managers need to enact. Decisions regarding the ideal quantity at inventory can be taken through the results of Modeling and Simulation techniques. The main objective of this study is to present a scenario analysis to define an inventory replenishment policy suitable to the small firm. Besides this objective, it is presented an experience of application

regarding to Modeling and Simulation in a context of a small firm. To do this, a qualitative and quantitative study was conducted. One of the results showed the best scenario to the case. In this situation, an inventory replenishment policy is suggested to be implemented.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por consumo de bens e serviços no mercado interno brasileiro assim como a inserção do país no mercado mundial são indutores para a busca das empresas por melhores práticas de gerenciamento dos seus estoques. Sobretudo desde o final da década de 1990, as empresas voltaram os seus esforços para o gerenciamento da cadeia de suprimentos. Nesse sentido, a Logística Empresarial ganhou ênfase no cotidiano das empresas, uma vez que permite integrá-las aos seus elos da cadeia de suprimentos visando à sincronização de processos e à obtenção de melhores resultados. Para o alcance desses objetivos, a gestão de estoques e a movimentação de materiais vêm recebendo atenção crescente (NOVAES, 2007). Esse cuidado relaciona-se, por exemplo, a um controle eficiente dos estoques, que possibilita a prática de preços mais competitivos, ao atendimento a prazos definidos e à entrega de produtos de qualidade aos consumidores. A visão logística almeja, portanto, otimizar a administração dos recursos materiais através do planejamento, da organização e do controle efetivo dos estoques (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2000; NOVAES, 2007).

A administração de materiais ganha importância devido à alta soma de capital direcionada à aquisição e manutenção de estoques. Aliado a isso, está o fato de que os estoques são elementos cruciais no atendimento da demanda prevista, visto que alimentam todo o fluxo produtivo. Uma correta administração desses recursos permite racionalizar compras, garantindo a homogeneidade do processo e possibilitando economias de escala por parte da empresa (ACCIOLY; AYRES; SUCUPIRA, 2008; BALLOU, 2011). Visando a um controle eficiente de estoques, o gestor pode utilizar ferramentas que auxiliam o seu processo de tomada de decisões. Dentre essas ferramentas, está o uso da modelagem e da simulação computacional que dizem respeito à criação de cenários através da representação computacional de determinada realidade. A partir da análise dos cenários criados torna-se possível a melhoria na previsão e análise dessa situação. A modelagem e simulação vêm se destacando, principalmente, pelo fato de gerar respostas, a partir de um sistema real, de forma prévia à aplicação de mudanças. Isso conduz à melhoria na tomada de decisão por parte dos gestores (FREITAS, 2008; CHWIF; MEDINA, 2010).

A Simulação, de acordo com Pegden (1991) *apud* Freitas (2008), consiste no processo de projetar um modelo a partir de um sistema real. Para a construção desse modelo, o analista constrói teorias e hipóteses, conduz experimentos visando ao entendimento de seu comportamento e valida estratégias para sua operação. Em relação ao campo de aplicação da simulação, observa-se que esse é bastante amplo, com aplicação tanto para as áreas de manufatura como de serviços. Na Logística, a modelagem e a simulação podem ser aplicadas para definir qual a melhor política de estocagem, transporte e distribuição (CHWIF; MEDINA, 2010). A simulação permite a criação e o detalhamento de cenários. Para isso, o uso de animações conduz a uma melhor visualização dos sistemas durante as simulações. Um estudo simulado gera economia de tempo e de recursos financeiros, pois, nesse caso, anteriormente à implementação de um projeto, por exemplo, há a possibilidade de avaliação e de correção, o que pode gerar ganhos de produtividade e de qualidade (FREITAS, 2008). Porém, apesar de seus benefícios, a modelagem e simulação ainda é uma técnica pouco utilizada nas organizações para a resolução de problemas. Se considerada a variável tempo, observa-se que é possível realizar um experimento através de, relativamente, poucas horas de simulação (CHWIF; MEDINA, 2010).

No que diz respeito aos custos, mesmo com a utilização de recursos humanos e físicos para a realização da modelagem, eles se mantêm mais baixos do que a execução do projeto em um sistema real. Em algumas situações não é possível efetuar mudanças diretamente no sistema devido, por exemplo, a questões de segurança, tempo ou acesso. Para esses casos, o uso da simulação é essencial (CHWIF; MEDINA, 2010). Ademais, um modelo é mais flexível para a realização de alterações do que um sistema real. Considerando-se o tema “Modelagem e Simulação”, esse trabalho visa contribuir para disseminação de conhecimentos sobre o tema no ambiente acadêmico-científico. Nesse sentido, o estudo justifica-se por possibilitar uma revisão da literatura segundo os autores estudados, assim como a apresentação de um caso que considera a análise de cenários para se buscar uma melhor política de reposição de estoques. Quanto à contribuição ao meio empresarial, o objetivo consiste na apresentação de um estudo de caso que exemplifique a possibilidade de utilização da Modelagem e Simulação no ambiente organizacional, visto que sua aplicação em um contexto de pequenos negócios ainda é pouco explorada. Em específico à empresa analisada, o trabalho visa contribuir para a apresentação de perdas que podem ocorrer com a falta de uma política de reposição de estoques que seja melhor adequada à sua realidade. O modelo de simulação desenvolvido poderá, também, ser utilizado por outras organizações que buscam racionalizar a sua política de reposição de estoques. Para reforçar tais contribuições, observa-

se que na área de simulação de chão de fábrica está havendo um esforço crescente por parte de desenvolvedores de técnicas de simulação e de universidades para o desenvolvimento de ferramentas que permitam a criação de modelos que representem o mais próximo possível a realidade do fluxo produtivo da empresa em sua totalidade (SLACK *et al.*, 2009; CHWIF; MEDINA, 2010).

Para o alcance dos objetivos apresentados, o artigo apresenta cinco seções. Nessa primeira, é apresentada a contextualização do tema e os objetivos do estudo. Na segunda seção, é descrita a revisão da literatura sobre Gestão de Estoques e Modelagem e Simulação. A seção seguinte apresenta a metodologia utilizada, enquanto a seção quatro, o estudo de caso realizado em uma empresa do ramo de automação localizada na Serra Gaúcha. A seção cinco traz as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão de Estoques

Estoques são acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em determinados pontos do processo produtivo. O estoque ocorre em virtude da diferença entre a necessidade de determinado item e o tempo para o seu fornecimento. Nesse sentido, o ideal seria equilibrar sua oferta com a sua demanda (BALLOU, 2011; SLACK *et al.*, 2009; CHOPRA; MEINDL, 2011). A existência de estoques permite que uma organização possa racionalizar suas compras além de buscar a homogeneidade nos processos produtivos e a prática de economias de escala. No que diz respeito a questões financeiras, os estoques são considerados como fatores geradores de custos (ACCIOLY; AYRES; SUCUPIRA, 2008). Por esses motivos, a gestão eficaz de estoques relaciona-se à competitividade organizacional. Na literatura, modelos de reposição de estoques são apresentados como técnicas que podem auxiliar essa gestão. Esses modelos são classificados como: de reposição periódica, de reposição contínua e de estoque base (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2007; CHOPRA; MEINDL, 2011). O propósito de um modelo de reposição de estoques é esclarecer quando um pedido de reposição deve ser colocado e qual a quantidade demandada (SILVER *et al.*, 1998; CHRISTOPHER, 2009).

O modelo de reposição contínua consiste em estabelecer um nível fixo de reposição que, ao ser atingido, dispara a emissão de um novo pedido de tamanho definido a partir do lote econômico ou de premissas da empresa. Esse modelo requer monitoramento contínuo por

parte da empresa quanto ao nível de estoque (RAO, 2003; CHOPRA; MEINDL, 2011). O modelo de reposição contínua visa a otimizar investimentos em estoque, e consiste no estabelecimento de dois parâmetros: ponto de pedido e lote de compra. O ponto de pedido (ou de reposição) visa dar início ao processo de ressuprimento em tempo hábil para que não ocorra falta de material. Esse ponto é calculado a partir do produto da demanda média do item pelo tempo médio de reposição adicionando ao estoque de segurança. A quantidade a ser demandada pode, também, ser definida através da aplicação do modelo de lote econômico de compra (SILVER *et al.*, 1998; CHING; 2001; CHOPRA; MEINDL, 2011). O modelo de reposição periódica, por sua vez, consiste na definição de um intervalo ótimo entre cada solicitação e de uma quantidade máxima de itens em estoque. A principal vantagem desse modelo está na flexibilidade da determinação de datas para a realização dos pedidos. As revisões, portanto, são realizadas em intervalos fixos, eliminando, dessa forma, a necessidade de controle contínuo (ALVARENGA; NOVAES; 2001; CHING, 2001; CHOPRA; MEINDL, 2011). O modelo de estoque base estabelece que a cada retirada do estoque, realiza-se um pedido de igual quantidade visando à reposição da base. A lógica está em manter o estoque sempre no mesmo patamar (REGO; MESQUITA, 2011).

Outro conceito importante para o estudo de Gestão de Estoques refere-se ao Estoque de Segurança, que visa a compensar incertezas inerentes ao fornecimento. As empresas, em geral, mantêm estoque de segurança para evitar problemas de atendimento à demanda, amenizando os custos ocultos de componentes indisponíveis (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2007; SLACK *et al.*, 2009; CHOPRA; MEINDL, 2011). De acordo com Corrêa e Corrêa (2006), o estoque de segurança depende de alguns fatores, como: (i) a própria demanda; (ii) o *lead-time* de ressuprimento ; e (iii) o nível de serviço desejado.

2.2 Modelagem e Simulação

O início da aplicação de técnicas de simulação ocorreu entre as décadas de 1950-1960. Seu uso inicial ocorreu em organizações aeroespaciais e em fabricantes de aço, devido ao seu grande investimento de recursos financeiros e técnicos. A partir da década de 1970, em função da evolução dos computadores, houve uma difusão de seu uso em outras organizações. Porém, foi apenas a partir da década de 1990 que a simulação tornou-se uma solução importante e mais acessível à análise de processos organizacionais (KELTON *et al.*, 1998). As técnicas de modelagem e simulação permitem melhorar os processos de tomada de decisão por parte de gestores, visto que geram a criação de possíveis cenários a serem analisados

(LACHTERMACHER, 2007). Em específico, entende-se que a modelagem de processos ou sistemas permite que o modelo criado imite possíveis respostas do sistema real. Isso permite o entendimento de seu comportamento e a avaliação de estratégias para a sua operação (PRADO, 2006; FREITAS, 2008). No entendimento de Chwif e Medina (2010), o modelo de simulação procura capturar o comportamento de determinado sistema e permite que ele seja representado como um modelo computacional. Todo modelo de simulação deveria ser capaz de representar os diversos fenômenos aleatórios existentes no sistema, construídos a partir da observação e do levantamento de dados do fenômeno. Isso aponta a complexidade da construção de um modelo de simulação dado que ele deveria ser o mais representativo possível do sistema real (CHWIF; MEDINA, 2010).

A modelagem e simulação têm se tornado uma ferramenta utilizada de forma gradual pelas organizações para a tomada de decisões. Dentre os benefícios citados na literatura para a aplicação dessa ferramenta encontram-se: (i) a obtenção de melhor entendimento do sistema, através da criação de modelo e de sua visualização através de recursos gráficos; (ii) ganhos quanto ao tempo para a observação de fenômenos operacionais; (iii) uso de uma abordagem sistêmica para a resolução de problemas; e (iv) a possibilidade de replicação e de testes repetidos do modelo. Porém, mesmo diante desses benefícios, existem desvantagens descritas como: (i) dificuldade na interpretação de resultados obtidos; (ii) consumo alto de recursos para a sua execução, dentre os quais os de recursos humanos especializados; e (iii) alto custo dos *softwares* (FREITAS, 2008; CHWIF; MEDINA, 2010). Contemplando a etapa de planejamento para a criação de um modelo, é preciso que exista orçamento adequado à realização da modelagem. Erros podem ocorrer, por exemplo, quanto a falhas na coleta dos dados, ao nível inadequado de detalhes, à falta de recursos humanos capacitados e mesmo de problemas de comunicação entre os envolvidos (LAW; KELTON, 1991; FREITAS, 2008; CHWIF; MEDINA, 2010).

Quanto aos campos de aplicação, a modelagem e simulação podem ser utilizadas na Logística, tanto interna quanto externa, para o estudo de sistemas de movimentação e de armazenagem, em linhas de montagem ou de células automatizadas e na análise de estoques. Em específico, em aeroportos e portos observa-se uma diversidade de aplicações, como o dimensionamento do número de postos de *check-in* necessários ou da verificação da adequação do número de equipamentos e pessoas ao atendimento de um navio atracado. Em bancos e supermercados, por sua vez, é possível determinar qual a melhor política para abertura de caixas, para o estudo de problemas de *layout* e para a determinação do tempo máximo de espera em filas (CHWIF, 2010). Quanto aos tipos de modelagem e simulação,

encontram-se na literatura três categorias de simulação: Monte Carlo, contínua e de eventos discretos (FREITAS, 2008; CHWIF; MEDINA, 2010).

Na simulação “Monte Carlo” utilizam-se geradores de números aleatórios, considerando somente o tempo como variável. Por sua vez, na simulação “contínua”, os modelos analisados variam continuamente ao longo do tempo e de “eventos discretos” caracteriza-se por mudanças em momentos discretos no tempo (CHWIF; MEDINA, 2010). Modelos discretos e contínuos são definidos de acordo com as características dos eventos em análise ou da forma como são representados. Nos modelos de eventos discretos, as variáveis de estado mantêm-se inalteradas ao longo do tempo e mudam o seu estado em pontos bem definidos do tempo. Portanto, as mudanças de estado não variam ao longo do tempo, mas sim, em determinados momentos. Os modelos contínuos são caracterizados pela variação contínua da variável ao longo do tempo. Um exemplo para ilustrar esses modelos, é o consumo de um pneu em um carro de Fórmula 1 durante a corrida. Esse gasto ocorre de maneira contínua no decorrer do percurso, enquanto o comportamento do estoque de válvulas do motor é discreto, pois as peças são substituídas em momentos distintos da corrida (CHWIF; MEDINA, 2010).

Freitas (2008) apresenta outra classificação para os sistemas de modelagem: (i) estática ou (ii) dinâmica. Modelos estáticos não consideram a variável tempo nas simulações, enquanto os dinâmicos consideram explicitamente a passagem do tempo e são os mais aplicados em simulações. Quanto ao tratamento dos dados, os modelos dinâmicos dividem-se em determinísticos ou estocásticos. Os primeiros possuem um conjunto conhecido de dados de entrada que, por sua vez, resultam em um conjunto único de saídas, enquanto os estocásticos possuem uma ou mais variáveis aleatórias de entrada que levam a saídas aleatórias. Esses modelos, em específico, geralmente são mais complexos que os determinísticos (CHWIF; MEDINA, 2010; FREITAS, 2008). Outra classificação encontrada é quanto à forma de observação dos sistemas no mundo real. Nesse sentido, Freitas (2008) apresenta três métodos de modelagem: (i) por eventos; (ii) por atividades; (iii) por processos. Na modelagem por eventos, o sistema é criado através da identificação de seus eventos característicos. Assim, as rotinas programadas descrevem mudanças de estado que podem ocorrer no sistema em pontos discretos no tempo, de acordo com a ocorrência dos eventos. Já na modelagem por atividades, a realização do próximo evento dependerá tanto do tempo programado para a ocorrência da atividade quanto das mudanças de estado ocorridas no sistema devido às características das entidades. Na modelagem por processos, o programa de computador procura acompanhar o comportamento das entidades em seu fluxo ou movimento ao longo do sistema (FREITAS, 2008).

Simular uma realidade requer muito mais do que simplesmente conhecer o *software* para a modelagem e simulação. Um estudo de simulação é, por natureza, um projeto. Para isso, um projeto de simulação deve ser planejado a partir do conhecimento de cada etapa envolvida. A Figura 1 apresenta etapas para o desenvolvimento de um projeto de simulação.

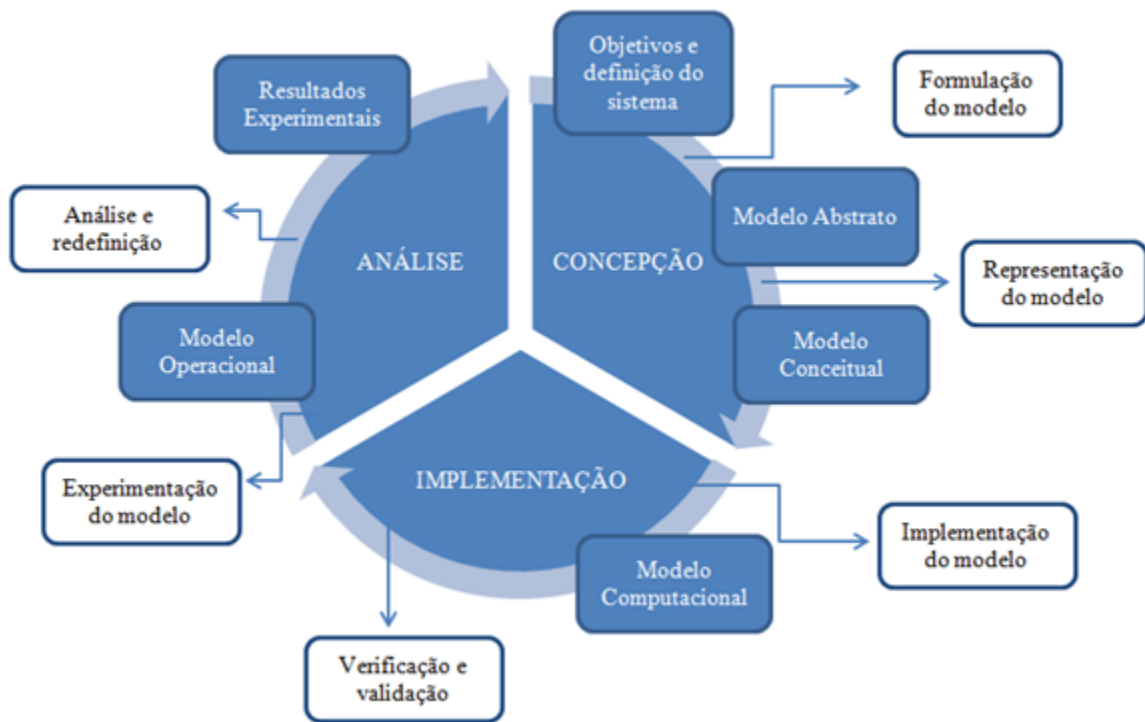


Figura 1: Etapas para o desenvolvimento de um projeto de simulação
 Fonte: Chwif e Medina (2010)

A modelagem e simulação caracterizam-se como um projeto com etapas distintas a serem seguidas pelo analista. Para Chwif e Medina (2010), na primeira etapa, existe a necessidade em se definir um planejamento para a execução do projeto. Nessa etapa, os objetivos são definidos e também são delineadas as representações do modelo através da criação de propostas com base na realidade encontrada. Após, na etapa de implementação, há a necessidade de realização de testes estatísticos para avaliar a aderência dos dados coletados, assim como a análise da viabilidade dos parâmetros definidos na etapa da concepção. Assim, o analista pode fazer ajustes para, então, realizar a operacionalização propriamente dita do modelo. Por conseguinte, como última etapa, ocorre a geração de resultados a serem interpretados pelo analista. Esses resultados fornecem, então, subsídios para que os gestores possam tomar decisões com menores margens de erro.

3 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza quantitativa e qualitativa. Uma pesquisa de natureza quantitativa permite que hipóteses, ou no caso, cenários sejam testados através da análise numérica e gráfica de dados, com o intuito de que possam ser comprovadas ou contestadas (LAKATOS; MARCONI, 2010). A pesquisa qualitativa, por sua vez, visa a uma melhor compreensão do cenário para a busca de soluções para determinados problemas, através da coleta de percepções ou fatos relatados pelos sujeitos que participam da pesquisa. É também adequada para situações incertas, como na possibilidade dos resultados conclusivos serem diferentes das expectativas iniciais (MALHOTRA, 2011). Quanto à parte quantitativa do estudo, houve a utilização do *software* Promodel para a criação e modelagem dos cenários. Para a análise estatística, foi utilizado o *software* Stat-Fit, integrante do Promodel. Para a obtenção de dados, foram conduzidas entrevistas semi-estruturadas visando à melhor compreensão do processo modelado. Como estratégia de pesquisa, o estudo apresentado por ser classificado como um Estudo de Caso Único.

A utilização do Estudo de Caso como estratégia de pesquisa justifica-se pelo fato de permitir um detalhamento e aproximação da realidade pesquisada e da aplicação empírica em uma empresa. De acordo com Yin (2010), o Estudo de Caso é uma investigação empírica que analisa um fenômeno em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre esse fenômeno e o contexto não são claramente evidentes. Essa estratégia de pesquisa busca esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões, assim como o motivo pelo qual as decisões foram tomadas, a forma e os resultados encontrados (YIN, 2010).

O modelo estudado pode ser classificado como dinâmico, uma vez que as variáveis de estado sofrem alterações ao longo do tempo (CHWIF; MEDINA, 2010). Além disso, são mudanças aleatórias e não determinísticas. Os eventos são caracterizados como discretos, pois essas mudanças de estado ocorrem em pontos discretos do tempo (FREITAS, 2008). Para a realização da pesquisa, foi realizada a coleta de dados seguida de análises e de conclusões. Para a coleta de dados, foram realizadas entrevistas com funcionários das áreas de produção e de compras. Além disso, foi utilizado um formulário de controle de material em estoque, que foi preenchido pelos funcionários no decorrer do tempo de análise (entre os meses de Setembro e Novembro de 2014). Esse formulário apresentou campos específicos que foram preenchidos com informações sobre o material analisado, a quantidade adquirida, as datas do pedido e da entrega, as quantidades e datas de saídas do estoque e da baixa do material no estoque. Também, foram analisadas notas fiscais recebidas pela empresa.

A partir da tabulação e análise dos dados, seguiu-se a modelagem do sistema. A modelagem e análises gráficas foram realizadas com a utilização do *software* Promodel. Uma análise estatística prévia à construção do modelo foi realizada, visando à avaliação da possível aderência dos dados a uma distribuição estatística. Essa análise foi conduzida no *software* Stat-Fit. Segundo Chiwf e Medina (2010), essa etapa de análise estatística se faz necessária para permitir que o modelo represente de forma mais apropriada o comportamento da variável de interesse.

4 CASO ESTUDADO

4.1. Apresentação da empresa e detalhamento dos procedimentos para a pesquisa

A unidade de análise da pesquisa foi uma empresa de automação industrial localizada na Serra Gaúcha que atua no ramo de prestação de serviços e de automação industrial de máquinas e equipamentos. A empresa, em funcionamento há cinco anos, é classificada como de pequeno porte, segundo a classificação sugerida pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2014). Atualmente, emprega cinco funcionários, sendo que dois deles atuam na Produção, dois na Engenharia, Compras e Comercial e um é responsável pelas áreas do Financeiro e de Recursos Humanos. Para a unidade em análise, esse estudo visa demonstrar que a técnica de modelagem e simulação pode ser útil, também, para a tomada de decisão de gestores de pequenas empresas. Na busca por alternativas para a sua gestão de estoques, a empresa busca a operacionalização de uma estratégia para a reposição de materiais que atenda às suas necessidades de manufatura, elimine compras de emergência e mantenha níveis de estoques satisfatórios.

A partir dos dados coletados efetuou-se uma avaliação estatística. Nessa etapa, houve a exploração de dados, efetuando-se uma análise mais aprofundada das variáveis. Assim, houve a verificação da existência de *outliers* (valores não usuais que podem provir de erros coleta dos dados) e o cálculo das medidas de posição e de dispersão. Em seguida, foi analisado se a distribuição estatística encontrada realmente poderia refletir a amostra. Para a modelagem, a partir da definição dos objetivos e da estruturação do estudo, foi criado um modelo conceitual com base em um esboço do sistema real em forma gráfica. Nesse modelo foram definidos os componentes e suas interações (FREITAS, 2008; CHWIF; MEDINA, 2010). Segundo Chiwf e Medina (2010), o ACD (*Activity Cycle Diagram*) é uma das formas de modelar as interações entre os objetos de um sistema. Para tanto, utilizam-se dois símbolos

para descrever os ciclos de vida das entidades: o retângulo que representa uma atividade e a circunferência que representa uma fila. A Figura 2 apresenta o ACD do sistema modelado.

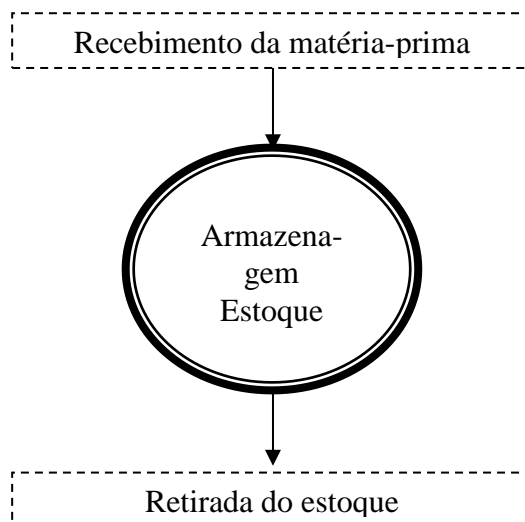
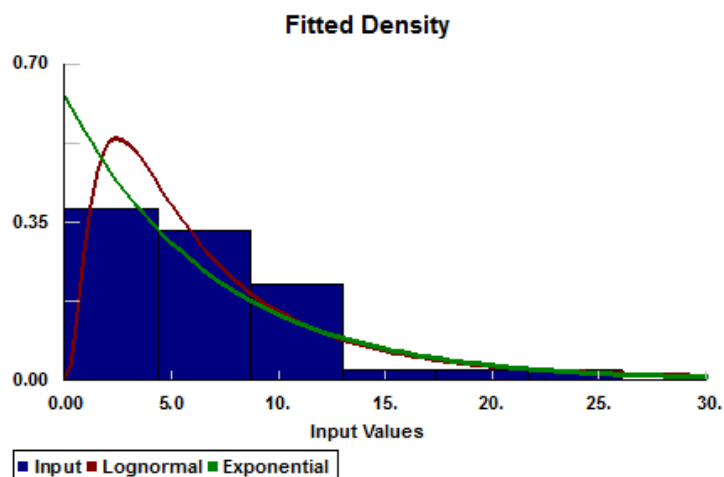


Figura 2: Modelo conceitual em formato de *Activity Cycle Diagram*
 Fonte: autores

Foram analisados, os tempos entre chegadas, que compreendem os intervalos entre cada novo recebimento de material no sistema. O recebimento da matéria-prima (chegada da mercadoria) foi o primeiro processo estudado. Observou-se que o intervalo mínimo de reposição de estoque é de zero dia e o máximo de 26 dias. Para verificar a consistência da análise dos dados, os intervalos entre as chegadas de mercadoria foram analisados pelo Stat-Fit. Foi gerado um histograma, conforme Figura 3, que apresenta um ranqueamento de 86,2 de ajustamento para a distribuição lognormal, o que determina a distribuição característica desses dados. A distribuição exponencial também foi aceita, porém, com um rank de 45,7. Assim, como ambas não podem ser rejeitadas, foi realizado um teste de Kolmogorov-Smirnov (KS).



Auto::Fit of Distributions

distribution	rank	acceptance
Lognormal[0., 1.68, 0.884]	86.2	do not reject
Exponential[0., 6.83]	45.7	do not reject
Uniform[0., 26.]	0.	reject

Figura 3: Histograma (análise das distribuições de dados)
 Fonte: autores

O valor obtido através do cálculo do KS foi comparado a um valor tabelado, resultante da relação entre o nível de significância desejado e o tamanho da amostra. Nesse caso, foi utilizado o nível de significância de 5%. Para a amostra, segundo Chwif e Medina (2010) composta por 42 dados, o valor da função calculada deveria ser inferior a 0,2052 (valor tabelado). Assim, o valor calculado para a distribuição exponencial foi de 0,181 e para a lognormal de 0,186. Como ambos os valores foram menores do que o tabelado, conclui-se que as hipóteses não podem ser rejeitadas, validando as distribuições exponencial e lognormal. O último teste realizado para qualificar os dados foi o *p-value*. O valor calculado pelo *software* Stat Fit foi de 0,112 para a distribuição exponencial e 9,62e-002 para a lognormal. Observou-se, portanto, que não há evidências contra as hipóteses de aderência. Após a realização dos testes citados, e segundo os testes realizados, optou-se pelo uso da distribuição exponencial para representar os tempos entre chagas das mercadorias. Também foram analisados os tempos de permanência das mercadorias, que compreendem aos intervalos entre chegadas e saídas dos produtos armazenados no estoque. Para isso efetuaram-se as análises nos mesmos moldes dos tempos entre as chegadas. A Figura 4 apresenta o histograma de frequências com as inferências realizadas.

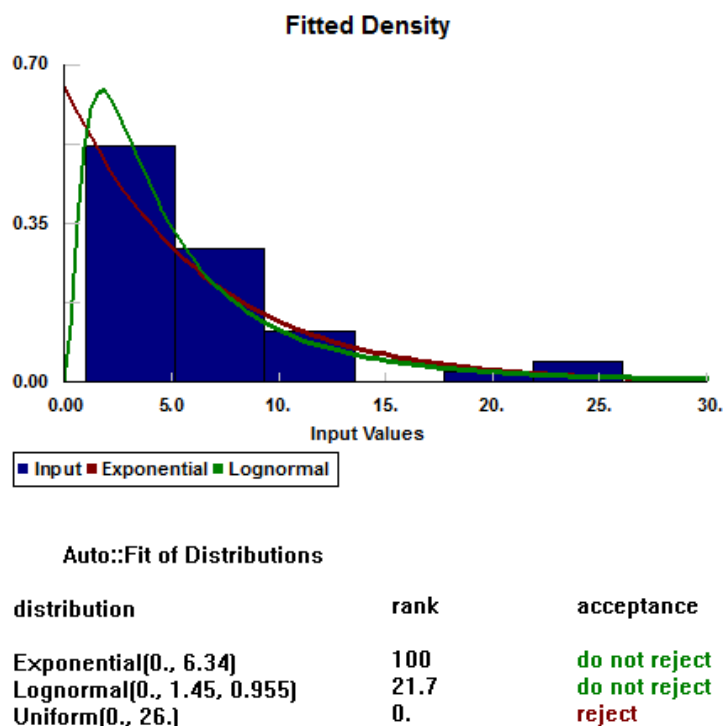


Figura 4: Histograma (análise das distribuições de dados)
 Fonte: autores

As distribuições exponencial e lognormal foram aceitas pelos testes de aderência, obtendo-se 100 e 21,7 de ranqueamento. O teste KS feito no *software* Stat-Fit calculou os valores de 0,159 e 0,186 para as distribuições exponencial e lognormal, respectivamente. O resultado quando comparado ao valor tabelado de 0,2006 (5% nível de significância e 44 dados coletados) permanece menor, sendo assim as hipóteses exponencial e lognormal não podem ser rejeitadas. Para a escolha da melhor distribuição, o cálculo do *p-value* realizado ajudou a confirmar que a distribuição lognormal é a distribuição a mais indicada para representar os dados coletados. Os valores obtidos foram de 0,193 e 8,46e-002 para as distribuições exponencial e lognormal.

O modelo, então, foi construído com base em *layout* elaborado no *software* Floorplanner. Inicialmente, foram definidos os locais, considerados como os de estoque, propriamente dito, e da saída das mercadorias. Nesses dois pontos ocorrem as movimentações do sistema. Em seguida, foram criadas as entidades, definidas como qualquer material processado no sistema. Para o estudo foram definidas as caixas como entidades, visto que o material é adquirido e entregue em caixas. O próximo passo foi a definição e construção de recursos, responsáveis pelas ações que ocorrem no modelo. No caso estudado, toda a movimentação de material é efetuada por um colaborador, visto que se tratam de caixas pequenas e de baixo peso, não sendo necessário o uso de equipamentos. Após definidos os

locais, as entidades e os recursos, foi, então, iniciado o processo de programação e lógica do sistema.

O primeiro passo foi estabelecer os processos que ocorrem no sistema (qual o tempo de duração, que tipo de operação a entidade irá sofrer e qual será o seu destino). Em seguida foram construídas as chegadas, que indicam o mecanismo de determinação dos momentos em que uma nova entidade é introduzida ao sistema. A partir da programação das chegadas, o sistema pode ser rodado. Porém, antes da simulação propriamente dita foram definidos alguns pontos-chave para o sistema: (i) turnos de trabalho; (ii) período de abastecimento; (iii) tempo de simulação; (iv) replicações a serem realizadas. Visando a assegurar que a simulação fosse executada satisfatoriamente, precisou-se verificar e validar o modelo desenvolvido. Para isso, foram utilizadas técnicas disponíveis no *software* Promodel que detectam possíveis erros de programação e de lógica, apontando os pontos necessários para a realização de correções. O modelo foi validado a partir da comparação de resultados obtidos através da modelagem utilizando-se dados históricos da empresa. Através da análise desses dados, observou-se um aumento na quantidade de material estocado no final do mês de Setembro. Analisando-se as ocorrências internas da empresa, percebeu-se que nesse período houve compras em demasia, enquanto as vendas permaneceram abaixo do esperado. Notou-se, assim, segundo as informações investigadas, que modelo simulado representou satisfatoriamente a realidade da empresa e confirmou a sua validade de utilização para a realização das análises.

4.2 Análises dos resultados

Para as análises foram construídos três cenários: o primeiro cenário teve como base o sistema real da empresa, enquanto o segundo e terceiro sofreram alterações quando às chegadas de materiais. No caso do terceiro cenário, foi alterada também a quantidade adquirida. O cálculo do estoque de segurança foi utilizado para comparar a falta de material ocasionado por incertezas do mercado. Assim, os níveis de estoques precisam se manter, na maior parte do tempo, acima do valor mínimo calculado para que a empresa trabalhe com maior segurança e confiança. Para o cálculo de segurança, foram obtidas as seguintes informações: nível de significância considerado de 97%; demanda média (d) de 726 metros; desvio padrão da demanda média (σ_d) de 495 metros; *lead-time* médio (t) de 2,55 dias; e desvio padrão do *lead-time* (σ_t) de 2,32 dias. Assim, obteve-se um estoque de segurança de 900 metros de material. Cada caixa contém 100 metros, ao qual, resulta em um estoque de segurança ideal de 9 caixas do material.

No primeiro cenário foram utilizados os dados como foram observados. A programação do processamento ocorreu a partir da leitura das matrizes dos dados coletados. Os tempos entre chegadas foram definidos a partir da construção dos ciclos de chegadas, que foram criados relacionando a quantidade comprada com o exato momento de cada aquisição. No primeiro cenário não foram necessárias rodadas de replicações, pois se buscou modelar o sistema real. Nesse caso, a análise estatística permite verificar o comportamento dos níveis de estoque na empresa, conforme Figura 5.

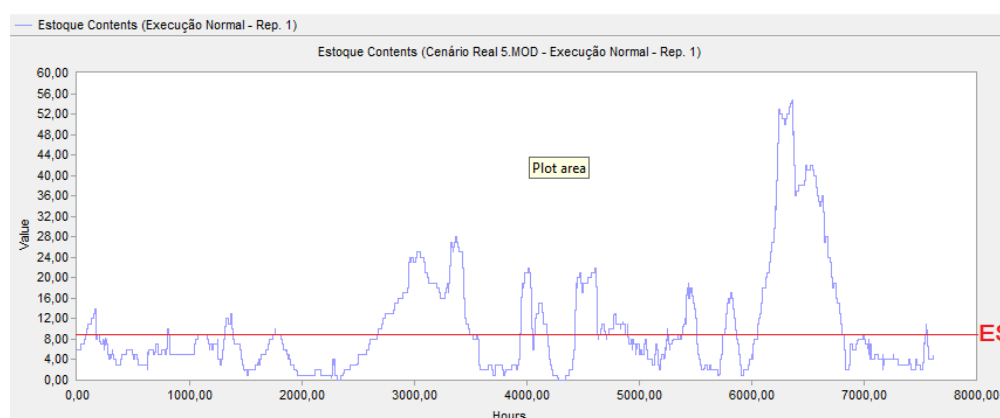


Figura 5: Cenário 1 (Real) - níveis de estoque
 Fonte: elaborado pelos autores

A partir desses resultados, observa-se a disparidade nos níveis de estoque no primeiro cenário. Assim, é possível perceber que em diversos momentos o estoque chegou próximo à zero. Quando é traçada uma linha identificada como estoque de segurança (ES), nota-se que a empresa trabalha em boa parte do tempo com níveis de estoque abaixo do ES. Dessa forma, qualquer imprevisto que ocorra com a entrega de materiais comprometerá o fluxo produtivo da empresa, o que pode ocasionar perdas com essa situação.

No segundo cenário, as chegadas foram definidas através de uma distribuição estatística, com média de reposição de sete dias e desvio-padrão de cinco dias. As quantidades compradas também foram estabelecidas pela média histórica das compras, obtendo-se, assim, o resultado de sete caixas. O tempo de processamento permaneceu estabelecido através da leitura das matrizes. Nesse cenário, foi preciso estabelecer um “período de aquecimento”, visto que nesse tempo o sistema está se estabilizando e normalizando a coleta dos dados. Também foram definidas três rodadas de replicação, uma vez que novamente pelo fato de utilizar a distribuição estatística o sistema poderá coletar qualquer ponto na amostra. Os níveis de estoque do segundo cenário, apresentados na Figura 6, mantiveram-se mais equilibrados

em comparação ao primeiro, porém em alguns pontos da curva os níveis ainda permaneceram abaixo do ES.

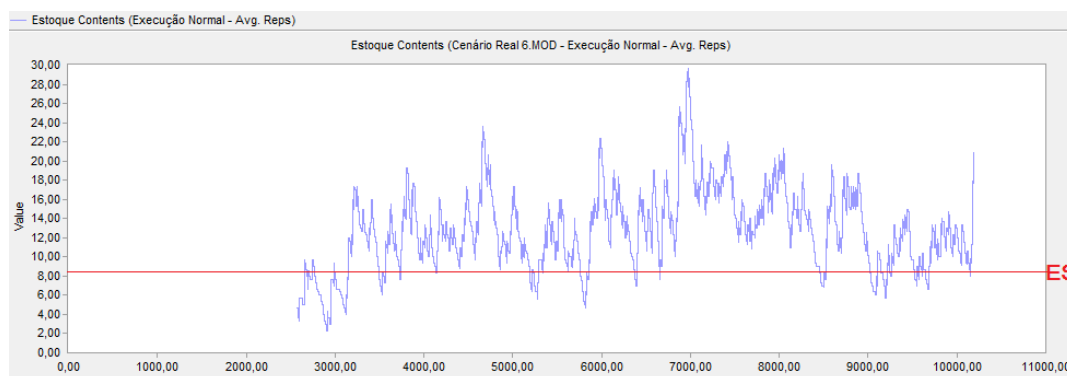


Figura 6: Cenário 2 - níveis de estoque
Fonte: elaborado pelos autores

O terceiro cenário, por sua vez, foi construído a partir da programação dos intervalos de chegada de novos materiais do sistema no intervalo de quatro dias. Além disso, a quantidade comprada passou de sete para nove caixas. A partir da análise do gráfico, apresentado na Figura 7, observa-se um comportamento mais padronizado dos dados segundo os intervalos de entrada e saída do estoque da matéria-prima analisada. Os níveis de estoques permanecerem mais equilibrados e praticamente não ultrapassaram o nível crítico do ES. Assim, conclui-se que o terceiro cenário melhor se adapta à política de estoques a ser adotada pela empresa.

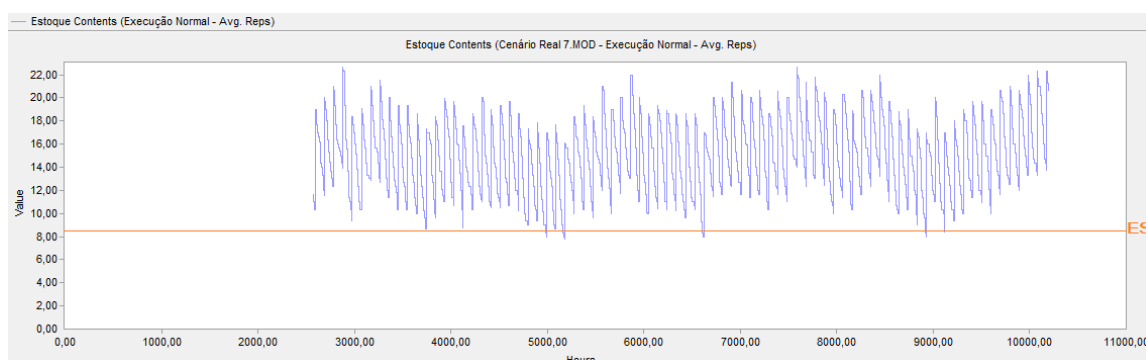


Figura 7: Cenário 3 - níveis de estoque
Fonte: elaborado pelos autores

5 CONCLUSÕES

O estudo evidenciou a importância do uso da modelagem e simulação para auxiliar a tomada de decisão por parte dos gestores de uma empresa de pequeno porte. Dessa forma, mesmo diante dos custos envolvidos para o desenvolvimento de um projeto de simulação, pode-se concluir que o uso dessa ferramenta permite um apoio a decisões mais acertadas por parte dos gestores. O planejamento de estoques nas empresas vem ganhando espaço, pois na maior parte dos casos a soma de capital empregado na aquisição e manutenção de materiais é elevada. Consta-se, dessa forma, o papel estratégico que os estoques possuem como recursos para as organizações.

O presente trabalho apresentou uma revisão da literatura sobre Gestão de Estoques e Modelagem e Simulação. Quanto à Gestão de Estoques, os modelos de reposição auxiliam os gestores na definição de políticas de estoques que melhor se encaixam a sua realidade organizacional. Pode-se concluir que não é possível estabelecer uma regra com base nos modelos de reposição que atenda de forma homogênea a todas as organizações. Os processos de cada empresa precisam ser analisados, considerando-se suas peculiaridades, para que, então, possa ser implementado o modelo mais adequado.

O uso de *softwares* para a modelagem de situações reais permite testar variações possíveis no modelo criado virtualmente, sem precisar interferir nos processos produtivos da organização evitando-se, assim, perdas e gastos desnecessários. A partir do uso da modelagem, os gestores podem efetuar simulações referentes a controle de estoques, a mudanças de layout, à verificação da capacidade produtiva ou a questões logísticas internas e externas. O trabalho teve como objetivo analisar a reposição de estoques de uma empresa de pequeno porte para que essa mantivesse os seus níveis de estoques nivelados. Para isso, utilizou-se a modelagem e simulação visando representar o cenário atual da empresa e alterações possíveis, através da construção de dois novos cenários, buscando-se a situação mais adequada. Das análises realizadas quanto aos cenários 2 e 3 em relação ao cenário real da empresa (1), observou-se que o cenário 3 apresentou-se como sendo o mais apropriado para atender a demanda de materiais utilizados pela empresa. O cenário 3 apresentou um comportamento mais harmonizado quanto aos níveis de estoque do sistema, possibilitando uma maior capacidade de previsibilidade da estocagem. Observou-se, também, que os níveis dos itens em estoque permaneceram, na maior parte do tempo, acima do nível crítico do estoque de segurança calculado.

Como oportunidade para a condução de estudos futuros, sugere-se o uso da modelagem e simulação para analisar outras operações da empresa, como mudanças de layout ou o exame da capacidade produtiva e logística da empresa. Outra sugestão é a análise de cenários em uma empresa de maior porte e a comparação com uma de menor porte.

6. REFERÊNCIAS

ACCIOLY, F.; AYRES, A.P. S.; SUCUPIRA, C. **Gestão de estoques**. Rio de Janeiro: Editora da FGV, 2008.

ALVARENGA, A. C.; NOVAES, A. G. **Logística Aplicada**: suprimento e distribuição física. São Paulo: Blucher, 2000.

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial**: transportes, administração de materiais e distribuição física. 24. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. **Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CHING, H. Y. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada - Supply Chain**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

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

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos**: teoria e aplicações. 3. ed. Sao Paulo: Ed. Do Autor, 2010.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**: criando redes que agregam valor. 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

CORREA, C.A.;CORREA, H.L. **Administração de Produção e Operações**: manufatura e serviços - Uma Abordagem Estratégica. São Paulo: Editora Atlas, 2006.

FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K.F. **Logística empresarial**: a perspectiva brasileira. São Paulo. Atlas, 2000.

FREITAS, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em Arena**. 2. ed. Visual Books, 2008.

KELTON, W.D.; SADOWSKI, R.P; SADOWSKI, D.A. **Simulation with Arena**. Boston: McGraw-Hill, 1998.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LAW, A. M; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing: foco na decisão**. 3.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

NOVAES, A.G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em simulação**. Belo Horizonte: INDG, 2006.

RAO, U.S. Properties of the periodic review inventory control policy for stationary, stochastic demand. **Manufacturing & Service Operations Management**, v.5, n.1, p. 37 – 53, 2003.

REGO, J. R.; MESQUITA, M. A. Controle de estoque de peças de reposição em local único: uma revisão da literatura. **Produção**, v. 21, n. 4, p. 645-666, 2011.

SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas). Disponível em <http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>. Acessado em: 18 de Nov. de 2014.

SILVER, E.A.; PETERSON, R.; PYKE, D. **Decision systems for inventory management and production planning**. 3. ed. New York: Wiley, 1998.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 728 p.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
