

Modelagem e simulação a eventos discretos no controle de estoques em empresas de operações de serviços

Elizângela de Jesus Gibelati (UNINOVE) elizangela.gibelati@sky.com.br
Erica Silva (UNINOVE) erica.eps@gmail.com
Fabio Henrique Pereira (UNINOVE) fabiohp@uninove.br

Resumo:

A simulação a eventos discretos é uma das técnicas mais utilizadas da área de pesquisa operacional. Trata-se de uma técnica de apoio a decisão, na qual a busca pela solução de um problema é feita pela análise de um modelo computacional que descreve o comportamento do sistema em estudo. Aplicações dessa técnica são encontradas em diversas áreas com resultados muito significativos. Neste trabalho é apresentada a construção de um modelo de simulação a eventos discretos na área de planejamento da quantidade de materiais. O objetivo principal é a definição do estoque ideal para cada material em um centro de distribuição. Apesar de representar uma questão muito importante, já que a falta ou o excesso de materiais no estoque gera custos desnecessários, esse tema é ainda pouco explorado na gestão de estoques, quando se considera aplicações em sistemas de operações de serviços, existindo uma carência de material para pesquisa. Para tal, propõe-se o desenvolvimento de uma modelagem e simulação no sistema computacional Arena da cadeia de suprimentos de uma empresa de serviços. A construção do modelo segue os passos usuais de planejamento do projeto e construção do modelo conceitual. Com a simulação foi possível acompanhar a evolução das variáveis do modelo, relacionadas ou não às filas, e observar em que condições ocorre a ruptura ou o excesso de estoque e identificar a melhor opção de compra para um dado cenário de demanda e previsão de vendas.

Palavras-chave: Simulação de eventos discretos, Cadeia de suprimentos, Gestão de estoques, Modelagem.

Modeling and simulation in inventory control of service operations in businesses

Abstract

A discrete event simulation is one of the most used techniques in the field of operations research. It is a technique to support the decision, in which the search for a problem solution is performed by analysis of a computational model that describes the behavior of the system under study. Applications of this technique are found in several areas with very significant results. Building a model of discrete event simulation in planning the amount of material is presented in this work. The main objective is the definition of the ideal for each material at a distribution center inventory. Though a very important issue, since the lack or excess materials in stock generates unnecessary costs, this topic is still little explored in inventory management, when considering applications in service operations systems, there is a lack of material for research. To this end, we propose the development of a modeling and simulation in computer system Arena supply of a service company chain. The construction of the model follows the usual steps of project planning and construction of the conceptual model. With the simulation it is possible to follow the evolution of the model variables, related or not to the queues, observe the conditions under which rupture or excess inventory occur and identify the best option for a given scenario of demand and sales forecast.

Key-words: Discrete event simulation, supply chain management, Inventory management, modeling.

1. Introdução

A simulação a eventos discretos é uma das técnicas mais utilizadas na área de pesquisa operacional. Trata-se de uma técnica de apoio a decisão, na qual a busca pela solução de um problema ocorre pela análise de um modelo computacional que descreve o comportamento do sistema em estudo. Aplicações da simulação a eventos discretos são encontradas em diversas áreas como, por exemplo: engenharia, finanças, cadeia de suprimentos, entre outras, com resultados muito significativos (AGUILAR et al., 2009; HERNANDE e LIBRANTZ, 2013). Contudo ainda há carências de estudos em diversas áreas, em especial em operações de serviços.

A gestão de operações e serviços compreende um conjunto de atividades que transformam insumos (recursos) em bens e serviços (produtos) demandados pelos consumidores. Tais atividades ocorrem em todas as organizações. Os seguintes aspectos são envolvidos: a) a definição dos objetivos estratégicos; b) as ferramentas técnicas ou quantitativas empregadas e c) o gerenciamento dos recursos humanos. No ambiente atual, a gestão de operações e serviços interage com outras funções como engenharia, marketing e finanças, auxiliando a organização no atendimento de seus objetivos estratégicos (MARTINS, 2000).

O dimensionamento de estoque de uma empresa de operações de serviços, pode ser considerada semelhante de uma indústria. Desta forma aplicações de modelagem e simulação utilizadas por indústrias, também podem ser aplicadas em operações de serviços.

Na prática, a simulação a eventos discretos pode auxiliar no processo de tomada de decisão avaliando a adequação de possíveis soluções para um dado problema. Portanto, informações resultantes da simulação podem ser usadas, por exemplo, em um processo de dimensionamento de estoques no gerenciamento da cadeia de suprimento (*Supply Chain Management*).

A cadeia de suprimento integra desde a compra do fornecedor do fornecedor até o pós-vendas de um produto ou serviço já entregue. Atualmente a cadeia de suprimento já é considerada complexa por suas integrações, em uma operação de serviço é ainda mais. Em uma empresa de serviços, as variáveis são difíceis de serem mensuradas, iniciando com a própria demanda, pois é sempre tratada por serviço e depois transformada efetivamente em demanda de material (se existente). Também existe o fator do material ser consumido somente no final da cadeia (processo produtivo), o que acaba gerando mais variáveis que podem interferir em qualquer processo da cadeia de suprimento.

Pelo material ser considerado um agregado na prestação de serviço, pode ocorrer à falta de atenção no seu planejamento. Nesse sentido, o principal objetivo desse trabalho é a criação de um modelo de simulação a eventos discretos que contemple as variáveis fundamentais do processo de dimensionamento de estoques em cadeia de suprimentos, com vistas à definição do estoque ideal de materiais um centro de distribuição e promovendo maior precisão na previsão do planejamento. Para atingir esse objetivo foi desenvolvida uma modelagem e simulação no sistema computacional Arena®, da cadeia de suprimentos de uma empresa de serviços, no âmbito de um estudo de caso na empresa Sky Brasil®.

O modelo foi validado confrontando os resultados obtidos com o sistema real. O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a seção 1.1 apresenta uma discussão de trabalhos semelhantes com o intuito de ilustrar a carência de estudos no contexto de operações de serviços. Na sequência, um referencial teórico traz referências e teorias de outros autores referentes aos conceitos abordados; Materiais e métodos, a metodologia que foi utilizada para escrever o artigo e para construção do modelo de simulação; Resultados e análises, na qual são apresentados os resultados e análises da simulação e modelagem; e por fim as

Considerações finais sobre o artigo e os possíveis trabalhos futuros.

1.1 Revisão da literatura

Apesar de representar uma questão muito importante, já que a falta ou o excesso de materiais no estoque geram custos desnecessários, esse tema é ainda pouco explorado quando se considera aplicações em sistemas de operações de serviços, existindo uma carência de material para pesquisa.

Nos artigos pesquisados nenhum trata diretamente o assunto proposto por esse artigo. Os estudos para gestão de estoque apresentam somente uma parte e discussões de outros tópicos como, por exemplo, modelos de planejamento de estoque ou análises de algumas variáveis que interferem na gestão. Na cadeia de suprimento existem diversas variáveis, mas algumas podem ser mais significativas na gestão de estoque, que podem interferir diretamente no planejamento. Nesse aspecto, Santoro e Freire (2008) afirmam que a escolha entre modelos de estoque auxilia a tomada de decisão, com base em diversas variáveis como: previsão de demanda, histórico de vendas, quantidade de pedidos de compras.

Entretanto, as variáveis de uma operação de serviços podem ser diferentes das consideradas em uma indústria, pois existem particularidades do negócio e cada ramo de serviço também possuem suas características.

Por outro lado, faltam estudos sob a perspectiva de uma operação de serviços no que diz respeito ao uso de modelagem e simulação. Não foram encontrados artigos que apresentem o conceito completo de modelar e simular diversas variáveis que interferem o planejamento de um centro de distribuição sob a perspectiva de uma empresa de serviços.

Sakurada e Miyake (2009) descrevem a aplicação de simulação a eventos discretos em operações de serviços, analisam como o processo de modelagem varia de acordo com cada tipo de serviço analisado e conclui que os desenvolvimentos da tecnologia de simulação bem como os *softwares* de simulação ainda precisam evoluir até incorporarem a capacidade de representar uma gama mais completa de elementos e relações envolvidos em processos de serviço.

Na modelagem e simulação em gestão de estoques é importante considerar, todas as variáveis que interferiram no volume do planejamento do material, pois todos os resultados são mensurados através do volume de material como, por exemplo, custos, movimentação e ocupação.

Garcia et al., (2012) abordaram o controle de estoque para cadeia de suprimentos com um controle adaptado baseado sobre o lead time, incorporando o tempo de produção na variável do tempo total. No entanto, não utilizaram modelagem e simulação, mas poderia ser uma ferramenta que auxiliasse nos resultados. Pois segundo Carteni e Luca (2012) a simulação a eventos discretos ajuda a atingir alguns objetivos, superar as limitações matemáticas de abordagens de otimização, com apoio de modelos computacionais e auxiliam nos processos de tomada de decisão. Ainda afirma que, a abordagem é muito eficaz na simulação de operações de um terminal de contêineres.

Conforme apresentado, a cadeia de suprimentos é muito complexa por suas interações, mas ainda é pouco explorada em empresas de operações de serviços. Em 2006, Machuca et al. realizaram uma pesquisa, na qual apresentou uma carência de pesquisa em gestão de serviços, afirmou também que existem poucos estudos em gestão de serviços relacionado com cadeia de suprimento.

A modelagem e simulação podem auxiliar na tomada de decisão, através dos resultados, mas

em operações de serviços ainda é pouco utilizada, existem estudos sobre o tema nas indústrias, mas sem tratar diretamente o objetivo deste trabalho. Tracht et al., 2013 apresentou simulação para reposição de peças de aeronaves, definindo níveis de estoque de armazenagem na indústria de aviação, levando em conta diversos parâmetros de entrada e saída de planejamento.

Já Jammerneegg e Reiner, 2007 discutiram as oportunidades e desafios para melhorar o desempenho dos processos. Utilizando simulação, demonstraram como a aplicação coordenada de métodos de gerenciamento de inventário e gerenciamento de capacidade em resultado, melhorou medidas de desempenho de custos e níveis de serviço. Ilustrando a abordagem, por um fornecedor do ramo de telecomunicações e um do ramo automobilístico. Hernandez e Librantz (20013) propõem uma redução de todos os custos logísticos envolvidos no processo de exportação, empregando simulação a eventos discretos como metodologia utilizando o *software* ProModel® como uma plataforma de simulação. Os cenários simulados mostram redução em custos, e uma nova estratégia de planejamento também foi avaliada.

A modelagem e simulação são muito utilizadas em indústrias, na cadeia de suprimento para gestão de estoques: como mensurar níveis, capacidade, desempenho de processos e custos logísticos. Desta forma, indicam bons resultados, demonstrando que podem ser aplicados em operações de serviços, no qual os processos são similares.

2. Referencial teórico

2.1 Modelagem e simulação

Segundo Aguilar et al. (2009) a simulação é uma representação de um processo do mundo real, ela envolve a geração de um sistema artificial, através da observação deste sistema são retiradas as conclusões a respeito das características de operação do sistema real.

Modelagem e simulação de um processo ou sistema se trata da simulação de problemas complexos, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo. Da visão computacional, o modelo é um programa de computador cujas variáveis apresentam o mesmo comportamento dinâmico e estocástico do sistema real que representa. Unindo essas duas definições a simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real, conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ ou avaliar estratégias para sua operação (FREITAS, 2008).

Kelton (1998) afirma que a ferramenta de simulação computacional, a qual era anteriormente muito cara e especializada, vem sendo cada vez mais usadas nas empresas e direcionada para diversas aplicações no processo de apoio à tomada de decisão.

Para utilizar a modelagem e a simulação é necessário construir um modelo. Segundo Freitas (2008) a construção do modelo é feita com base nos passos da formulação de um estudo de modelagem e simulação, conforme ilustrado na Figura 1.

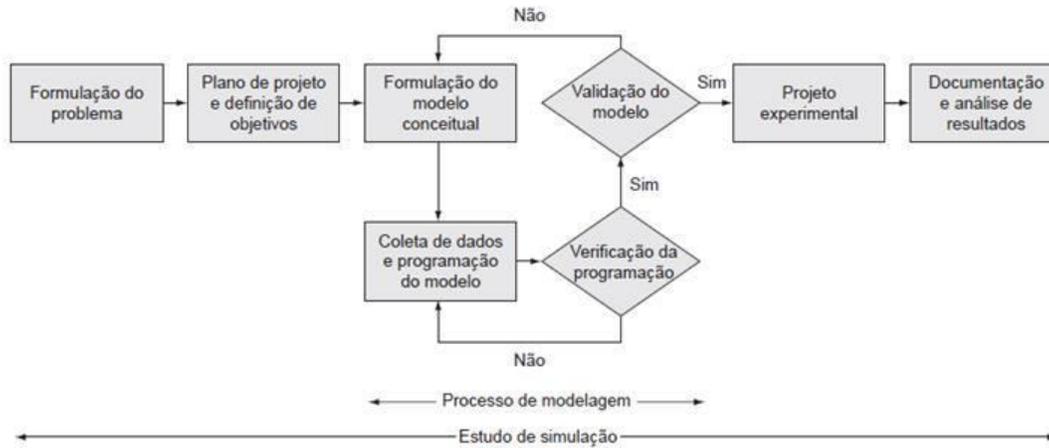


Figura 1 – Processo de modelagem num estudo de simulação. Fonte: (SAKURADA E MIYAKE, 2009).

A etapa da coleta de dados é dividida em três partes: Levantamento de dados, tratamento dos dados e inferência. (CHWIF, 2006).

1. Na coleta de dados é feito o processo de amostragem, já que analisar toda a população neste caso é impossível pela quantidade de dados. Nesta etapa o importante é garantir que a amostra coletada represente o mais próximo possível do fenômeno.
2. O tratamento de dados é feita a análise para identificar possíveis *outliers* e também aumentar o conhecimento do modelo estudado.
3. A terceira é última etapa da coleta de dados é a inferência, no qual são aplicados cálculos de probabilidades para inferir qual o comportamento da população a partir da amostra, o resultado é uma distribuição de probabilidades.

2.2 Supply Chain

Ballou (2006) descreve que o gerenciamento da logística empresarial é sinônimo de gerenciamento da cadeia de suprimentos. A gestão da cadeia de suprimento nada mais é do que, um conjunto de atividades logísticas repetidas ao longo da cadeia de suprimentos.

Supply Chain Management é o gerenciamento da cadeia de suprimentos, ou seja, é o gerenciamento da parte operacional, a administração da logística, na qual englobam diversas áreas e processos. O conceito assemelha-se aos processos logísticos, porém assume um escopo mais amplo e integrado de maneira estratégica agregando valor a toda cadeia.

A palavra logística tem sido usada por muito mais tempo do que o atual conceito de logística empresarial e originou-se a partir da disciplina militar. Havia divisões militares responsáveis pelo fornecimento de armas necessárias, munições e rações quando fosse necessário. Nessa situação, a divisão de logística iria fornecer todo apoio necessário para mover as armas, munições, tendas, alimentos e etc. O Dicionário de Inglês Oxford define logística como: "O ramo da ciência militar que tem a ver com a aquisição, manutenção e transporte de materiais, pessoal e instalações". Outro dicionário define logística como "O posicionamento relacionada com o tempo de recursos." (ISLAM et al., 2012). A Figura 2 ilustra as divisões, áreas e processos do Supply Chain Management e da logística:

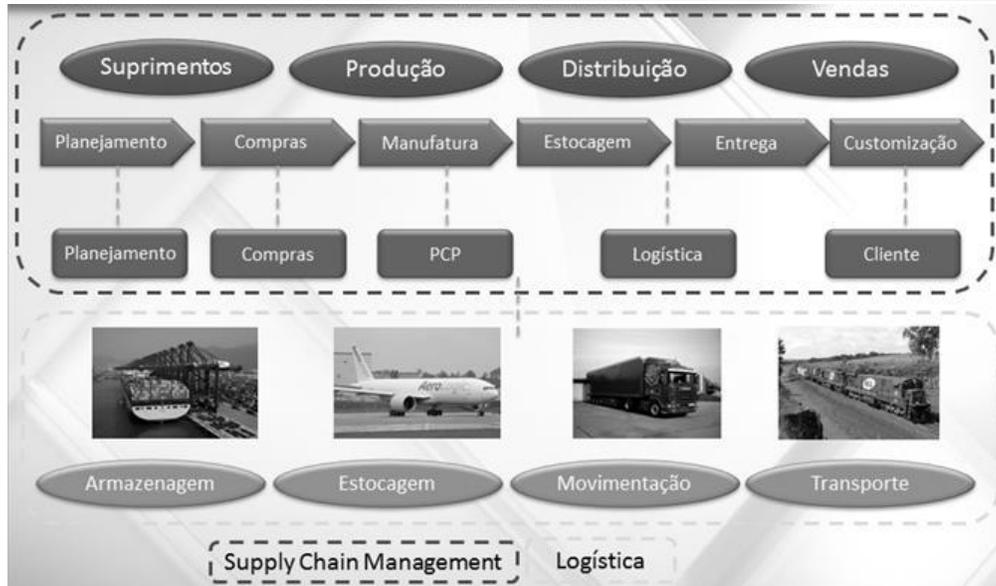


Figura 2 – *Supply Chain Management* e Logística. Fonte: (DO AUTOR, 2013)

2.2.1 Dimensionamento do estoque na cadeia de suprimento

Uma das áreas da cadeia de suprimento é o planejamento de materiais, a qual, resumidamente, é a área responsável pela gestão do estoque pela perspectiva, do planejamento da quantidade de materiais que será utilizado no processo de produção e de produtos acabados (BALLOW, 2006). E uma das principais questões do planejamento é a definição da quantidade ideal de estoque de cada material, até ser consumido ou a sua saída do estoque. A definição do estoque ideal é uma preocupação muito importante, pois tanto a falta quanto o excesso de material no estoque geram custos desnecessários.

O estoque representa de forma geral, os materiais que estão armazenados aguardando a utilização: consumo ou saída do estoque. (GARCIA et al., 2011) Dependendo do tipo de empresa (comércio, indústria ou prestação de serviço), o estoque pode apresentar diferentes características, formas de controle e gestão. Além disso, a decisão de manter produtos armazenados pode ser determinante para a estratégia de uma empresa.

Blackburn (2012) descreve que um dos fatores mais importantes da gestão de estoques é o custo do inventário total, ou seja, a quantidade monetária do volume total armazenado. Para realizar esse planejamento de volume é importante definir alguns parâmetros chaves para calcular a quantidade ideal de estoque que um centro de distribuição deve possuir.

A gestão de estoques abrange diversas atividades, desde a programação e planejamento das demandas de material em estoque, até a disponibilidade do mesmo adquirido. (FILHO, 2006).

A programação e o planejamento de necessidades de materiais (MRP - material requirement planning) são atividades relativas à definição dos modelos necessários à utilização de técnicas estatísticas, aplicáveis às previsões de necessidades e à gestão de estoques da empresa. (FILHO, 2006).

O MRP é um sistema lógico de cálculo que converte a previsão de demanda, em programação da necessidade de compra/ produção. A partir de uma premissa (lista técnica) e parâmetros cadastrados no sistema, juntamente com a demanda de vendas, é gerada a necessidade de cada material e sugestões de compras/ produção.

No caso de uma empresa de serviço, que não há um processo produtivo, ou o processo

somente ocorre momentos antes da entrega do serviço, não há ordens de produção, mas há ordem de compras de material, pois todo serviço depende de recursos para realizar a venda. Desta forma, uma empresa de operações também possui estoque de material para o atendimento da demanda de vendas. Em linha, também há uma necessidade de gestão de estoque com políticas e definição de volumes ideais.

A quantidade ideal de estoque que um centro de distribuição deve possuir nada mais é que, o volume entre o estoque mínimo e o máximo, ou seja, ou volume ideal para que não ocorra excesso ou ruptura de estoque, conforme Figura 3. Mensurar esse volume em dias é uma forma de definir um parâmetro. Esse parâmetro não precisa ser alterado a todo o momento, essa forma se adequa para uma demanda sazonal, na qual a alteração de volume pode ser diferente mês a mês.

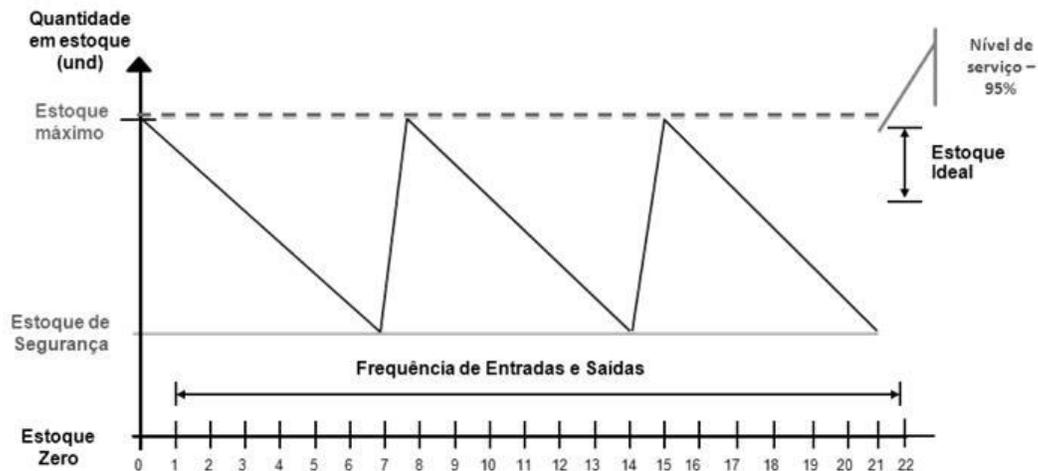


Figura 3 – Gráfico dente de serra. Fonte: (DO AUTOR, 2013)

2.3 Modelagem e simulação na cadeia de suprimento

Nas operações de serviços a modelagem e simulação podem contribuir para esclarecer um campo pouco explorado e estudado. Existem várias áreas a serem estudadas como, por exemplo, o planejamento de materiais no processo de gestão de estoque.

Existem muitas questões que a modelagem e simulação podem responder como, por exemplo, o volume de estoque que um centro de distribuição deve possuir. A resposta a essa questão é um parâmetro de MRP, que é definido e inserido em alguns sistemas de planejamento de recursos empresariais (ERP - *Enterprise Resource Planning*).

Outro aspecto do contexto atual que favorece a utilização da simulação é o extraordinário avanço das tecnologias de informática ocorridas nos últimos anos, e em constante crescimento. A técnica de Simulação de Eventos Discretos foi bastante favorecida em indústrias, que passou a contar com ferramentas computacionais poderosas, capazes de estudar sistemas de maior complexidade, envolvendo grande quantidade de variáveis. (AGUILAR et al., 2009).

Desta forma, a aplicação da modelagem e simulação, também pode ser satisfatória em operações de serviços, que é mais complexa devido a transformação da demanda de bens em serviços.

3. Materiais e métodos

A abordagem utilizada no artigo foi uma pesquisa quantitativa do tipo exploratória, com a construção de uma modelagem e simulação computacional no programa Arena®, com dados

levantados através de um estudo de campo na empresa de operações de serviços: Sky Brasil Serviços®.

A construção do modelo foi feita com base nos passos da formulação de um estudo de modelagem e simulação, conforme descrito na seção 2.1.

Na formulação e análise do problema, foram levantados vários possíveis problemas de gestão de estoque como, por exemplo, volume de estoque mínimo, volume de estoque máximo e ciclo de reposição de estoque, que podem ser respondidos com modelagem e simulação computacional.

Atualmente existe uma carência na empresa do estudo, na qual não há uma simulação de um sistema real.

Antes do modelo computacional, foi criado um modelo conceitual, definindo os processos e as atividades que constituem o sistema.

Após foi realizada a coleta de dados, na qual foram extraídos dados do sistema ERP, que foram inseridos no Arena®.

O próximo passo da formulação de um estudo de modelagem e simulação é a tradução do modelo, na qual foi feita a codificação na linguagem do Arena®.

No passo seguinte foi realizada a verificação e a validação do modelo, realizados os primeiros testes, confirmando se o modelo estará operando conforme planejado e, quando necessário, a realização de ajustes até atingir o resultado desejado.

O projeto final é também chamado de *go live* de produção, no qual foram realizados experimentos, gerando alguns cenários para ser analisados. Nessa etapa foi definido o tamanho da amostra de seis meses do cenário da simulação e trinta replicações.

O tamanho da amostra foi definida, com base que no período de seis meses, pois é possível observar o comportamento dos dados. Nesse período foi verificado se os dados possuíam algum *outlier*, que pudesse atrapalhar os resultados.

Inicialmente o modelo foi rodado uma vez com o tamanho da amostra: 30, com base no teorema do limite central. Bussad et al. (2002) afirma que quando o tamanho da amostra aumenta, a distribuição amostral da sua média aproxima-se cada vez mais de uma distribuição normal.

Seguintes aos cenários gerados foram feitas as análises dos resultados dos dias, na qual pode ser levantada a necessidade de gerar outros cenários ou a verificação de que não é possível existir um resultado ideal para responder o objetivo.

A seguir na comparação de sistemas e identificação das melhores soluções, as propostas dos melhores cenários serão analisadas detalhadamente, através de cálculos estatísticos como, por exemplo, teste T, para garantir estatisticamente que a resposta do modelo represente a melhor alternativa.

Após a conclusão do projeto é importante gerar documentação do modelo construído, com todos os passos e dados, para que sirva de guia para que alguém que conheça o processo ou não, possa fazer uso do mesmo e dos resultados já produzidos.

No último passo é feita a apresentação dos resultados e implementação do modelo, ela deve ser realizada para todos envolvidos no projeto e para os gestores que solicitaram, para que possa ocorrer à aprovação para implementação.

4. Resultados e análises

A seguir serão apresentados os resultados e análises aplicando os passos da simulação e modelagem.

Conforme apresentado o objetivo principal da modelagem e simulação é a definição do volume ideal de estoque para cada material em um centro de distribuição.

Após foi feito a construção do modelo conceitual:

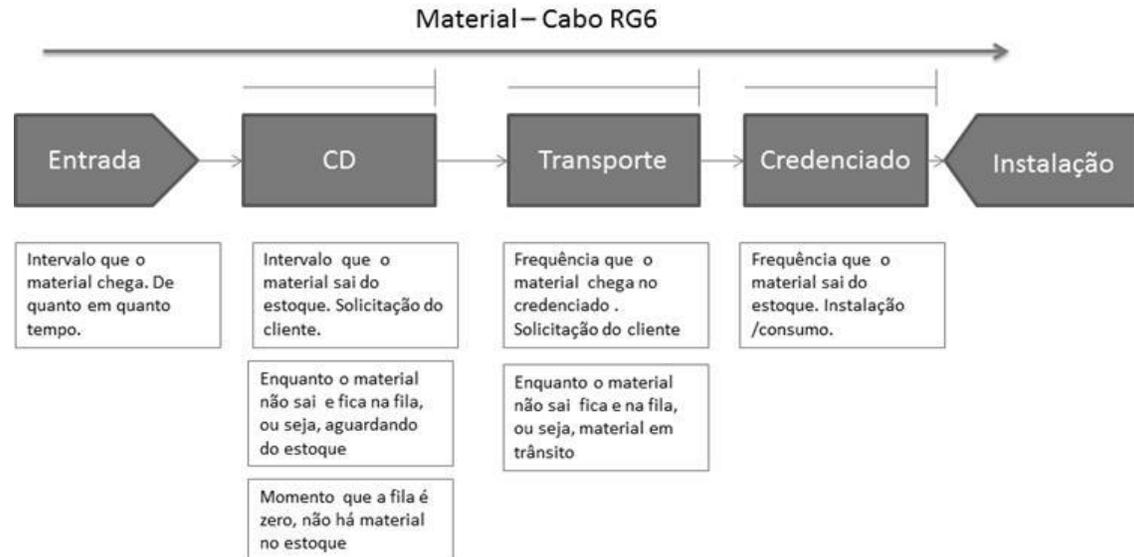


Figura 4 – Modelo conceitual. Fonte: (DO AUTOR, 2014)

O modelo conceitual representa parte da cadeia de suprimento, no qual os processos definidos influenciam diretamente no cálculo do resultado. Desta forma, foram definidos os processos que possuem relação direta com a gestão do estoque.

A entrada representa a entrada no material no estoque. O CD é o centro de distribuição, no qual o material fica estocado aguardando ate sua saída. O transporte representa o transito do material ate o seu destino. O credenciado representa o estoque do parceiro Sky®, que realizará o serviço para o cliente. E finalmente na instalação ocorre à prestação do serviço para cliente, o consumo do material e a finalização do processo.

Nesse modelo a fila representa o estoque, o tamanho da fila representa o volume disponível no estoque. Para esse caso não ter uma fila é ruim, pois representa a ruptura de estoque, em contrapartida também é ruim ter muita fila, uma vez que indica um excesso de estoque.

A intenção do desenvolvimento de um sistema simples é justamente para facilitar um usuário de negócio. Em alguns dos casos, o usuário do negocio pode deter maior facilidade de acesso e tratamento dos dados, pois possui maior conhecimento no dia-a-dia do processo.

Conforme apresentado, uma forma de representar o volume de estoque é em dias. Desta forma foi realizado um calculo para representar o volume em dias, com base no consumo mensal de material. No modelo computacional somente é possível utilizar uma única expressão, para atender essa limitação foi feito um calculo da frequência dos dias de entrega dividido pelo volume entregue já transformado em dias.

Nessa etapa também foi levantado o estoque inicial de cada processo, que foi colocado no modelo, por meio de módulos específicos inseridos no modelo, para ser considerado antes de

todas as replicações, já que a amostra dos dados levantados não considerava essa informação.

No passo seguinte, na inferência foi possível gerar a expressão da distribuição dos dados de cada processo no período de 6 meses, conforme Figura 5.

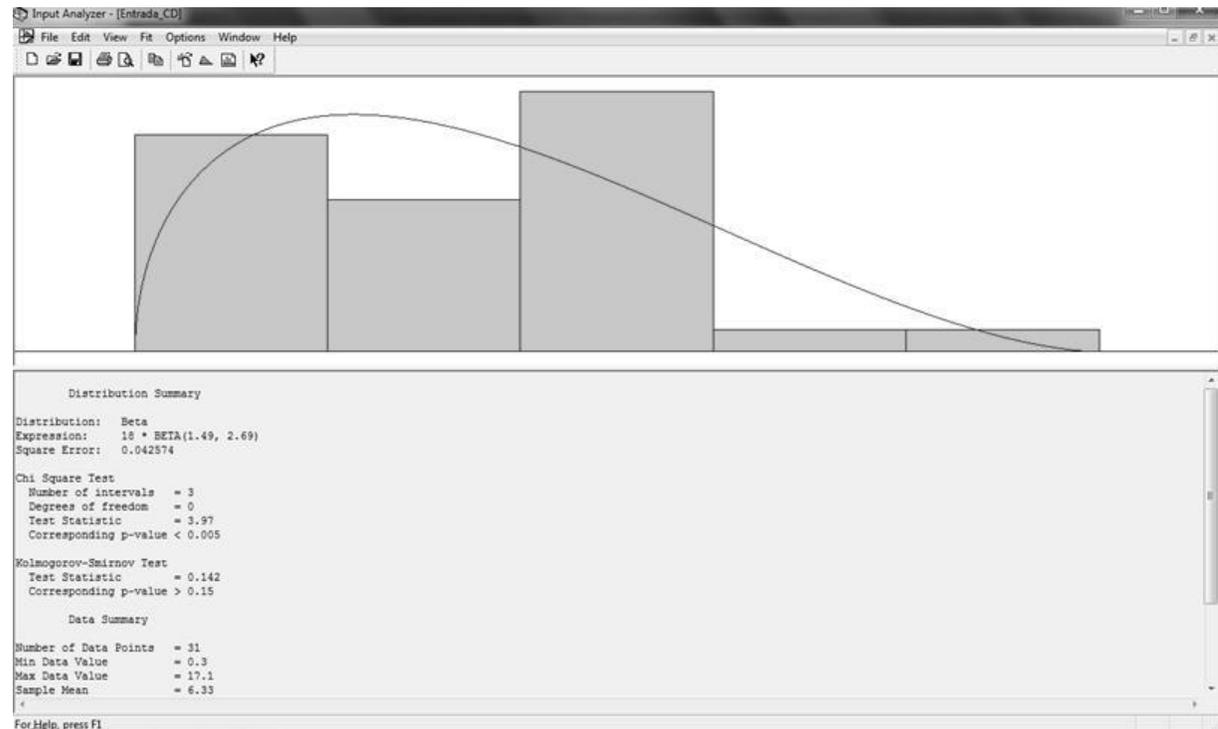


Figura 5 – Inferência dos dados no *Input Analyser*. Fonte: (DO AUTOR, 2014)

A Figura 5 representa a distribuição dos dados de entrada, que será inserido no modelo computacional, na expressão no processo de entrada. Todos os outros processos foram gerados expressões, que também serão inseridas no modelo da mesma forma, mas cada expressão correspondente ao seu processo. Neste processo a distribuição é do tipo beta com a expressão: $18 * \text{BETA}(1.49, 2.69)$.

A tradução do modelo é a codificação do modelo conceitual para o modelo computacional, conforme Figura 6.

O modelo foi construído com os blocos do módulo do fluxo básico. A entrada do material foi representado pelo módulo *Create*, os processos do CD, do Transporte e do Credenciado foram representados pelo módulo *Process*, e finalmente o processo de instalação o ultimo processo da cadeia de suprimento foi representado pelo módulo *Dispose*.

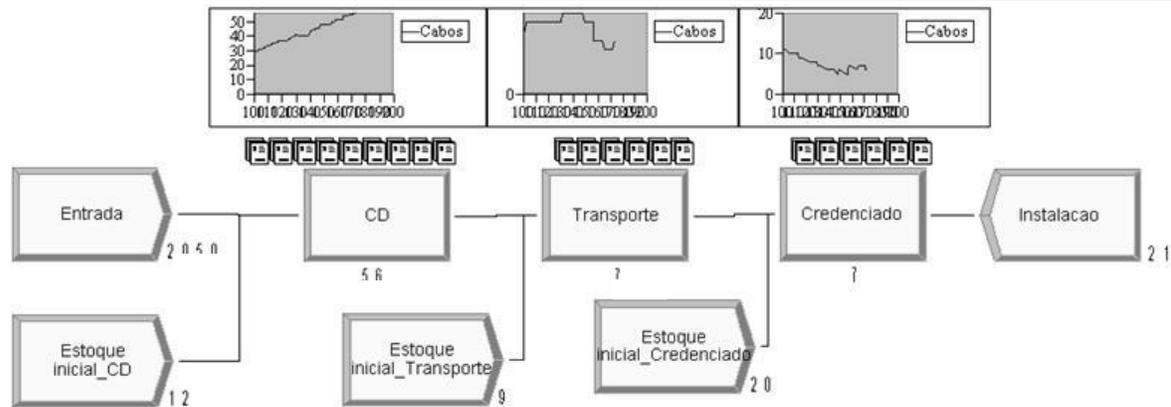


Figura 6 – Modelo Arena®. Fonte: (DO AUTOR, 2014)

A verificação e a validação do modelo foram feitas com base na comparação do sistema real existente, no qual foi feito através da codificação do modelo de simulação utilizando o Excel®.

Através dessa simulação foram gerados alguns resultados, que também foram comparados aos resultados gerados pelo sistema real existente do Excel®.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da replicação utilizando o tamanho da amostra: 30. Os números foram normalizados, devido à necessidade pela restrição dos dados, pois são confidenciais da SKY®. A Tabela 1 ilustra uma resposta da simulação que apresenta o tamanho médio das filas (*NumberInQueue*) nos diferentes elos da cadeia de suprimentos da qual a empresa em questão faz parte. O resultado mostra que, para o cenário testado, não houve um ruptura do estoque o indica, nesse caso, que o tamanho do estoque de adotado no cenário simulado foi suficiente para atender a demanda definida no cenário.

Descrição	Média de dias
CD.Queue.NumberInQueue	1
Transporte.Queue.NumberInQueue	0,25
Credenciado.Queue.NumberInQueue	0,37

Tabela 1 – Resultados do relatório do Arena®. . Fonte: (DO AUTOR, 2014)

Os resultados demonstram o volume média do material disponível em cada estoque do processo. Apesar de ter havido estoque suficiente, não se pode afirmar que representa o volume ideal pois pode representar um excesso de estoque.

Conforme apresentado na Figura 6, ilustrado pelo comportamento dos gráficos que representam as filas, o estoque em nenhum momento chega a ficar zerado.

5. Conclusões

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a aplicação de um modelo de simulação para o processo de controle de estoque em uma empresa de serviços.

Com a simulação é possível acompanhar a evolução das variáveis do modelo, relacionadas ou não às filas, observar em que condições ocorre ruptura ou excesso de estoque e identificar a melhor opção de compra para um dado cenário de demanda e previsão de vendas.

Como perspectiva futura, pretende-se simular diferentes outros cenários, assim como utilizar o modelo em aplicações de otimização como, por exemplo, o *Opquest* que é uma ferramenta utilizada para otimizar um modelo já existente.

É importante destacar a importância da apresentação aos envolvidos no projeto, aprovação dos gestores para implementação e após gerar a documentação final do projeto, com os processos e atividades para ser utilizado futuramente por qualquer usuário da simulação.

Finalmente a pesquisa bibliográfica realizada indica carências de trabalhos de gestão de estoque em empresas de operações de serviços.

Referências

AGUILAR, S.; GUIMARÃES, I.; SCHUCHTER, D.; MENDES, L. *Avaliação dos benefícios da aplicação da simulação, através do software arena 10.0, em uma empresa de transporte ferroviário.* Enegep XXIX, 2009.

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

BLACKBURN, J. *Valuing time in supply chains: Establishing limits of time-based competition.* Elsevier - Journal of Operations Management, 30, p. 396-405, 2012. doi:10.1016/j.jom.2012.03.002.

BUSSAB, W.; MORETTIN, A. *Estatística Básica.* 5. Ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

CARTENÍ, A.; LUCA, S. *Tactical and strategic planning for a container terminal: Modeling issues within a discrete event simulation approach.* Elsevier - Simulation Modeling Practice and Theory, 21, p. 123-145, 2012.

CHWIF, L.; MEDINA, L. *Modelagem e simulação a eventos discretos: tória & prática.* 2. Ed. São Paulo: 2006.

FILHO, J. *Administração de logística integrada: materiais, PCP e marketing.* 2. Ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.

FREITAS, P.J.F. *Introdução à modelagem e simulação de sistemas.* 2. Ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GARCIA, C. A.; IBEAS, A.; HERRERA, J.; VILANOVA, R. *Inventory control for the supply chain: An adaptive control approach based on the identification of the lead-time.* Elsevier – Omega, 40, p. 314-327, 2011. doi:10.1016/j.omega.2011.07.003.

HERNANDE, M.; LIBRANTZ, A. *Improvement of the supply chain for the sugar cane exportation process employing discrete events simulation techniques.* Acta Scientiarum. Technology (Online), v. 35, p. 637-643, 2013. doi: 10.4025/actascitechnol.v35i4.17468.

ISLAM, D; MEIER, J; ADITJANDRA, P; ZUNDER, T; PACE, G. *Logistics and supply chain management.* Elsevier - Research in Transportation Economics, 41, p. 3-16, 2012. doi: 10.1016/j.retrec.2012.10.006.

JAMMERNEGG, W.; REINER, G. *Performance improvement of supply chain processes by coordinated inventory and capacity management.* Elsevier - Production Economics, 183-190, 2007.

KELTON, D. *Simulation with Arena.* Boston: McGraw Hill, 1998.

MACHUCA, J. A. D.; ZAMORA, M. D. M. G.; ESCOBAR, V. G. A. *Service Operations Management research.* Elsevier–Journal of Operations Management, 25, p 585-603, 2007. doi:10.1016/j.jom.2006.04.005.

MARTINS, P.; ALT, P. *Administração de materiais e recursos patrimoniais.* São Paulo: Saraiva, 2000.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. *Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços.* Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 1, p. 25-43, jan.-mar. 2009.

SANTORO, M. C.; FREIRE, G. *Análise comparativa entre modelos de estoque.* Produção, v. 18, n. 1, p. 089-098, Jan./Abr. 2008.

TRACHT, K.; HAGEN, F.; SCHNEIDER, D. *Applied repairable-item inventory modeling in the aviation industry.* Elsevier, 334-339, 2013. doi: 10.1016/j.procir.2013.07.020.