

## Um modelo de simulação do jogo da cerveja para o estudo do impacto da informação na mitigação do efeito chicote na cadeia de suprimentos: ferramenta para apoio educacional em gestão da cadeia de suprimento

### *A beer game simulation model for studying the impact of information sharing to diminish the bullwhip effect in supply chains: an educational support tool in supply chain management*

Éder Vasco Pinheiro<sup>1</sup> – Univ. Fed. de Santa Catarina – Programa de Pós Graduação em Eng. de Produção  
Enzo Morosini Frazzon<sup>2</sup> – Univ. Fed. de Santa Catarina – Departamento de Eng. de Produção e Sistemas  
Leonardo Sgnaolin<sup>3</sup> – Univ. Fed. de Santa Catarina – Departamento de Eng. de Produção e Sistemas  
Luiz Henrique Souza Mendonça<sup>4</sup> – Univ. Fed. de Santa Catarina – Programa de Pós Graduação em Eng. de Produção

**RESUMO** Este trabalho apresenta o clássico “jogo da cerveja” através de uma ferramenta de análise por simulação orientada a objetos. Reproduz-se uma cadeia de suprimentos formada por cinco empresas que se relacionam de forma bidirecional, utilizando simulação para verificar a influência da informação de demanda na geração do Efeito Chicote. Com isso, pretende-se fornecer uma ferramenta didática simples para suporte ao ensino acadêmico de cadeias de suprimento. Como resultado das simulações, pôde-se demonstrar a ocorrência do Efeito Chicote e como o compartilhamento de informação é capaz de mitigá-lo.

**Palavras-chave** Gestão da Cadeia de Suprimento. Fluxo de Informação. Efeito Chicote. Simulação por objetos.

**ABSTRACT** *This paper simulates the Beer Distribution Game using object oriented simulation software. A five echelon supply chain with bidirectional relationships is reproduced, employing simulation to demonstrate the impact of information on the generation of the bullwhip effect. In doing so, this study intends to provide a simple didactic tool to assist academically in supply chain management. As the result of the simulations, it was possible to demonstrate the occurrence of the bullwhip effect and how information sharing can diminish it.*

**Keywords** *Supply Chain Management. Information Flow. Whipping Effect. Bullwhip Effect. Object Simulation.*

1. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Centro Tecnológico, Caixa Postal 476 - Campus Universitário, Universidade Federal de Santa Catarina, Trindade, Florianópolis, Santa Catarina. eder.vasco@gmail.com

2. enzo.frazzon@ufsc.br

3. sgnolinleo@gmail.com

4. lhsmendonca@gmail.com

PINHEIRO, E. V.; FRAZZON, E. M.; SGNAOLIN, L.; MENDONÇA, L. H. S. Um modelo de simulação do jogo da cerveja para o estudo do impacto da informação na mitigação do efeito chicote na cadeia de suprimentos: ferramenta para apoio educacional em gestão da cadeia de suprimento. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 11, nº 2, abr-jun/2016, p. 53-65.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde que as cadeias de suprimento ganharam um papel central na logística empresarial, um dos principais focos de estudo é a coordenação entre seus vários membros, vista na literatura como uma fonte decisiva de vantagem competitiva. Mais que isso, a coordenação entre os agentes numa cadeia é um tema tão complexo que já serviu como objeto de análise do próprio comportamento humano, da teoria da escolha racional e dos efeitos das decisões individuais (micro) na dinâmica de sistemas (macro).

Nesse contexto, o problema mais característico identificado é o efeito chicote (*bullwhip effect* ou *whiplash effect*), que se refere ao aumento da variabilidade da demanda na passagem de um elo para seu vizinho à montante na cadeia. Este fenômeno foi primeiramente observado por Forrester (1961), que o chamou de “amplificação da demanda”, atribuindo-o aos atrasos na dinâmica do sistema. Por sua vez, Sterman (1989) ofereceu uma boa ilustração deste efeito através do Jogo da Cerveja (*Beer Distribution Game*), em um estudo em que é evidenciado o efeito chicote imputando sua origem às percepções equivocadas de agentes da cadeia e na leitura dos resultados decorrentes de suas ações.

Esse efeito notável é um ponto chave no entendimento das cadeias de suprimento e sua compreensão é fundamental para pesquisadores que se iniciam nesse campo de estudo. Para tal, o mencionado Jogo da Cerveja apresenta-se como uma excelente ferramenta didática. Sterman (1989), o descreve como um jogo de simulação de papéis (*role-playing simulation*) num sistema de produção e distribuição industrial desenvolvido para introduzir estudantes de administração aos conceitos de dinâmicas econômicas e simulação computacional.

Com este trabalho, pretende-se fornecer uma ferramenta didática simples para suporte ao ensino acadêmico de gestão da cadeias de suprimento, nos níveis de graduação e pós-graduação. Desta forma, será reproduzido o “jogo da cerveja” através de simulação orientada a objeto e utilizado os resultados para inferir sobre o impacto da disponibilidade da informação na cadeia de suprimentos. O restante deste trabalho está dividido em quatro seções: na seção 2 há uma revisão de literatura em teoria de gestão da cadeia de suprimento e seu efeito chicote, a seção 3 apresenta uma descrição do modelo de simulação proposto e seus resultados são apresentados na seção 4, seguidos por uma conclusão e verificação dos objetivos na seção 5.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A primeira descrição do que posteriormente viria a ser chamado de efeito chicote é atribuída a Jay W. Forrester (1961), em seu clássico *Industrial Dynamics*. O autor analisou o comportamento de sistemas industriais com o intuito de demonstrar como políticas, decisões, estruturas e tempos estão inter-relacionados e influenciam no crescimento e na estabilidade. Dentre os diversos tópicos abordados, o autor mostra como pequenas mudanças nos níveis de vendas dos varejistas influenciam na “imagem do futuro” dos gestores e podem provocar grandes oscilações na produção industrial, num determinado sistema. O efeito chicote é chamado de “amplificação da demanda”, um conjunto de alterações características de sistemas que reagem ao feedback de informações. Dessa forma, mudanças no ambiente induzem a uma tomada de decisão que, por sua vez, resulta em novas mudanças no ambiente original.

Após três décadas, aproximadamente, a descrição mais difundida do efeito chicote foi apresentada por Stermann (1989). Em seu trabalho, este autor explora o princípio econômico da escolha racional no contexto de decisões gerenciais num sistema industrial. A argumentação é desenvolvida através do jogo da cerveja e novamente obtêm-se o resultado de que pequenas alterações na demanda do consumidor são invariavelmente traduzidas em fortes oscilações nos estoques e pedidos a montante da cadeia. O autor atribui tal efeito às decisões “irracionais” causadas pela limitação dos agentes decisores em enxergar a cadeia de suprimento como um todo.

A partir do fim da década de 90, diversos autores exploraram o tema, com foco em diferentes aspectos. Metters (1997), apresentou um trabalho precursor, que quantificou o efeito chicote utilizando programação dinâmica e com base em dados empíricos. Já Lee, Padmanabhan e Whang (1997), apresentaram o trabalho mais citado relacionado ao tema. Nele, os autores exploraram o que definem como as quatro principais fontes do efeito chicote:

- Processamento de informação de demanda: refere-se ao processo de decisão de compra dos varejistas, que tradicionalmente utilizam a demanda realizada como sinalização/previsão da demanda futura, geralmente resultando em erros de previsão;
- Empilhamento de pedidos: relaciona-se a busca por economias de escala (preços e transporte) nos pedidos de varejistas através do agrupamento de pedidos futuros;
- Variações de preços: característico de produtos que se encontram na fase de maturidade em seu ciclo de vida, quando promoções são o reflexo da competição por *market share*.

Além disso, os autores argumentaram que a disponibilidade da informação favorece a redução das incertezas ao longo da cadeia e, conseqüentemente, do efeito chicote. Nesse contexto, eles apontam que a completa disponibilização de informações sobre a demanda do mercado e a redução do tempo de entrega é viável quando se utilizam as tecnologias existentes, tais como *Electronic Data Interchange* (EDI).

No início de século XXI, com a difusão e desenvolvimento do campo de estudos em cadeias de suprimento, os trabalhos científicos se multiplicaram. Dejonckheere et al. (2000), apresentaram um modelo simples baseado em uma cadeia com dois estágios e em uma estratégia de estoque ligada aos pedidos. Desta forma, eles mensuraram o impacto do compartilhamento da informação sobre o efeito chicote e concluíram que a integração da informação pode reduzir esse efeito, mas não o elimina completamente. Carlsson e Fuller (2000), apresentam um modelo de abordagem difusa, ou *fuzzy*, que considera incertezas e conceitos estatísticos, como probabilidade para determinação de uma variável. Chegaram em conclusões semelhantes quanto ao compartilhamento de informações, principalmente de estimativas de vendas futuras.

Por sua vez, Fransoo e Wouters (2000), exploraram problemas pouco abordados anteriormente, como a compactação de dados (por exemplo, fornecer somente os dados mensais, sendo que seria necessário de forma diária), insuficiência de dados (faltando dados necessários para uma melhor tomada de decisão) e isolamento das informações (lidar com as informações de uma parte da cadeia de suprimentos de forma isolada, não considerando que faz parte de uma cadeia de suprimentos muito maior).

Dejonckheere et al. (2002), utilizaram uma abordagem de engenharia de controle para o tratamento do problema. Utilizando funções de transferência, os autores analisaram a influência de modelos de previsão de demanda na geração do efeito chicote. Disney e Towill (2003), por sua vez, compararam o estoque gerenciado pelo fornecedor (*vendor managed inventory* - VMI) com uma cadeia de suprimentos tradicional, onde cada empresa gerencia o próprio estoque. Os autores, então, demonstraram que a estratégia VMI reduz o efeito chicote, pois elimina duas de suas fontes: racionamento e empilhamento de pedidos.

No mesmo ano, Chen et al. (2003), discute em seu trabalho as causas do efeito chicote expostas na literatura anterior, apresentando alguns métodos para reduzir seu impacto. Esses métodos são: reduzir as incertezas, principalmente pela centralização da informação da demanda do cliente final; reduzir a variabilidade, praticando, por exemplo, uma política de manter sempre os preços baixos e constantes, evitando promoções; reduzir o *lead time*, demandando menos dados para uma boa previsão de demanda; e parceria estratégica, mudando a forma com que a informação é compartilhada e como o inventário é gerido por toda a cadeia de suprimentos.

Warburton (2004), trabalhando de forma analítica e por meio da equação diferencial de atraso para os inventários reagindo a um aumento da demanda, concluiu que muito do comportamento complexo do estoque é determinado pelo atraso de reposição. Deste modo, forneceu estratégias de gestão para lidar com esse problema. Já De Kok et al. (2005), apresentaram um projeto desenvolvido na *Philips Electronics*, com a finalidade de reduzir o efeito chicote nos elos da cadeia de distribuição formados pelas subsidiárias *Philips Semiconductors* e *Philips Optical Storage*. A relevância desse trabalho deve-se a utilização de teoria estocástica de estoque *multi-level* (*stochastic multiechelon inventory theory*) para a solução de um problema real de uma grande empresa do ramo de eletrônicos, o que resultou em uma economia estimada em US\$5 milhões.

Na literatura mais recente, Fiorioli e Fagliatto (2007), introduziram um modelo de simulação estocástico que considera um elemento que não está presente nos principais modelos anteriores: a variabilidade no *lead time* de entrega de pedidos. Já em Fiorioli e Fagliatto (2009), analisaram o desempenho dos principais modelos de quantificação do efeito chicote desenvolvidos até então, de Chen et al. (2000), e Fiorioli e Fogliatto (2007), para, então, propor um novo modelo, onde excessos de estoque são incorporados no cálculo do tamanho dos pedidos futuros. Por fim, simulações computacionais foram realizadas para comparar seu desempenho com os modelos.

Chen e Lee (2012), em seu trabalho, buscaram desenvolver um simples conjunto de fórmulas que descrevem a medição do efeito chicote como um resultado combinado de vários fatores importantes, como a capacidade finita, ordenação de lotes e sazonalidade. Concluem também que o nível de mensuramento do custo da cadeia de suprimentos deve estar ligado aos dados operacionais, caso contrário, não terá resultados confiáveis.

O último trabalho a ser comentado sobre modelagem de cadeia de suprimentos é de Udenio et al. (2013), que usaram a teoria de controle linear para analisar o desempenho de uma empresa que gera pedidos de material em função da diferença entre os inventários atuais e suas respectivas metas. Modelaram o comportamento gerencial permitindo ajustes parciais, em vez de completos, a serem executados em cada período, introduzindo assim uma aproximação para a reação real das empresas às mudanças.

Em relação ao jogo da cerveja, este foi inicialmente desenvolvido na *Sloan School of Management*, no *Massachusetts Institute of Technology*, nos anos 60. É um jogo de simulação de papéis num sistema de produção e distribuição industrial, desenvolvido com o objetivo de introduzir estudantes de administração aos conceitos de dinâmica econômica e simulação computacional. Segundo Serman (1989), é um jogo que se difundiu rapidamente para diversos lugares do mundo, envolvendo jogadores desde o ensino médio até presidentes de empresas e representantes governamentais. Uma versão computacional foi lançada e comercializada nos anos 90 (GOODWIN; FRANKLIN, 1994), mas obteve pouco sucesso.

O jogo envolve geralmente quatro elos da cadeia, sejam fabricante, distribuidor, atacadista e varejista. Um jogador, ou uma equipe são alocados a cada elo, com um representante da equipe encarregado de registrar a posição do estoque ou a posição cumulativa dos pedidos não entregues e o número de caixas de cerveja pedidas em cada período do jogo. As equipes não podem se comunicar, exceto através de pedidos de entrega.

A demanda dos consumidores por caixas de cerveja é o motor do sistema e está pré-definida para todos os períodos, mas é revelada somente ao varejista a cada período, com o andamento do jogo. À medida que o estoque no varejista diminui, este tem a opção de fazer um pedido ao atacadista, que, por sua vez, faz pedidos ao distribuidor e este à fábrica. A fábrica entrega do próprio estoque, ou realiza uma ordem de produção quando esse necessita ser repostado. A fábrica dispõe de um suprimento ilimitado de matéria-prima.

Quando os pedidos são realizados, existe um atraso de um período para que a ordem chegue ao seu destino para todos os elos da cadeia. Da mesma forma, existe um atraso de um período para que um lote de pedido seja transportado até seu destino. Assim, um pedido feito pelo varejista no primeiro período, não chegará antes do quinto período. Similarmente, a fábrica possui um *lead time* de produção de dois períodos, simulando os produtos em processo.

Goodwin e Franklin (1994), declaram que em vários anos de experiências didáticas o Jogo da Cerveja nunca falhou em demonstrar o efeito chicote. Os autores relatam experiências com gestores de diferentes continentes, oriundos de diversos ramos e funções industriais, gerando sempre os mesmos resultados. No referido trabalho, os autores argumentam que o Jogo da Cerveja provou ser um meio efetivo para comunicar e ilustrar os conceitos do pensamento sistêmico.

### 3. MODELAGEM

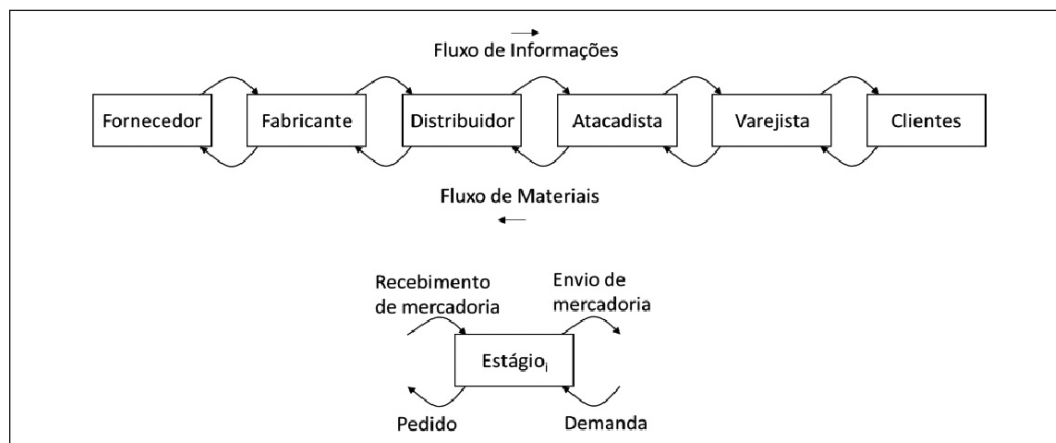
Esta seção apresenta a modelagem de simulação do Jogo da Cerveja. Por meio desse, faz-se o estudo do impacto sobre a redução do efeito chicote motivado pela disponibilização da informação dos clientes finais da cadeia de suprimento para todos os estágios. Nesse sentido o trabalho provê uma ferramenta para o estudo do fluxo de informação e de matérias na cadeia de suprimentos.

Considere uma cadeia de suprimentos composta por cinco empresas distribuídas em cinco estágios – fornecedor, fabricante, distribuidor, atacadista e varejista. Estes estágios relacionam-se conforme a Figura 1. Nesse jogo todos os estágios atuam simultaneamente em dois passos que se repetem ao longo do tempo. O primeiro passo corresponde à transmissão do fluxo de informação: todos comunicam os pedidos para a o estágio imediatamente a montante. O segundo passo corresponde ao fluxo de materiais: todos os estágios atendem ao pedido imediatamente a jusante.

Neste modelo de simulação, um período de tempo corresponde a execução sucessiva dos dois passos supracitados. A cada período, todas as empresas observam seus níveis de estoque e os pedidos que precisarão atender. Com isso, elas fazem um pedido para o nível imediatamente a montante da cadeia. O tempo de defasagem para a resposta de um pedido, que corresponde a decisão de quanto entregar é de um período.

Cada elo da cadeia faz o pedido com o objetivo de satisfazer as necessidades do cliente dele, mas mantendo um estoque mínimo de segurança. Todavia, entre as premissas do modelo, está a capacidade irrestrita dos recursos associados aos estágios. Portanto, a produção do fabricante e os estoques de todas as empresas possuem capacidade ilimitada.

Figura 1 – Cadeia de suprimentos utilizada neste trabalho.



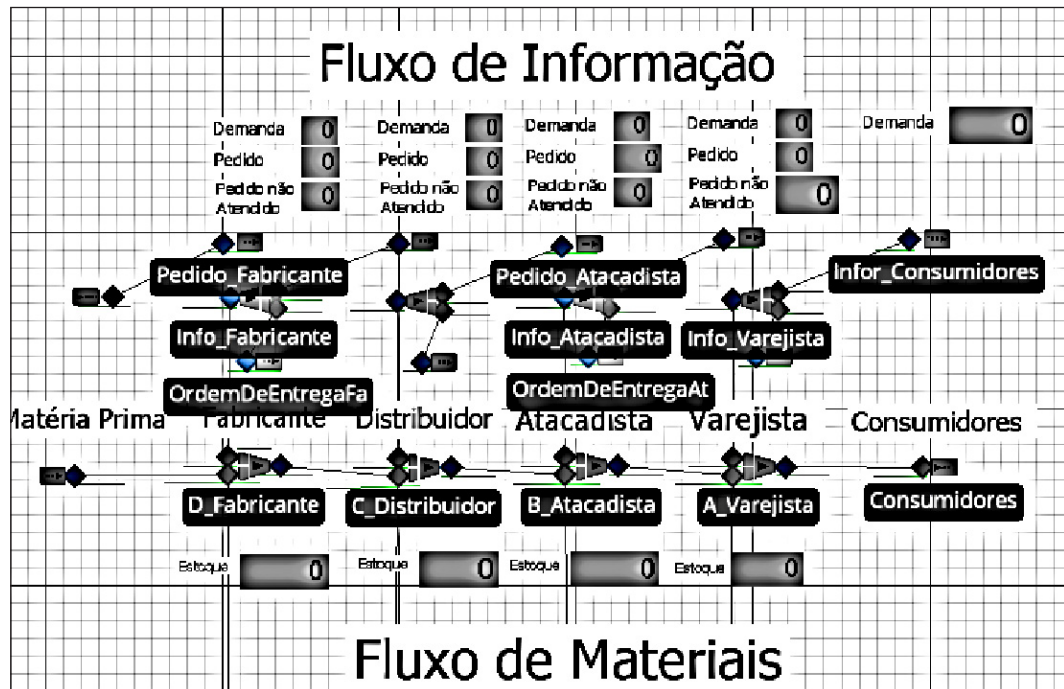
Fonte: Elaborado pelos autores.

O modelo foi construído em dois cenários. No primeiro cenário, o pedido dos estágios é gerado a partir da informação dos pedidos dos estágios a jusante. Por exemplo, o pedido do atacadista é dado em função da demanda apresentada pelo varejista. No segundo cenário, é considerada a informação de demanda dos clientes finais da cadeia como sendo transmitida para todos os seus elos, e que os pedidos de cada um destes é baseado diretamente nesta informação.

As entregas em cada estágio são feitas segundo a estratégia *the best I can*, ou seja, um estágio qualquer entrega para um estágio a jusante tudo o que lhe foi pedido, desde que haja em estoque. Além disso, tudo o que chega a um estágio é direcionado diretamente ao estoque em ambos os cenários. A Figura 2 a seguir apresenta a forma como a cadeia foi estruturada no software utilizado. Em ambos os cenários a demanda é dada por uma variável aleatória que segue uma distribuição normal com média 20 e desvio padrão igual a 2. Além disso, todos os estágios possuem estoques iniciais providos de 100 unidades.

O estoque de segurança para todos os estágios foi de 10 unidades. Para fixar esse valor foram executadas simulações com o valor do estoque de segurança variando de 1 a 100 e observou-se que esta variável não afeta na redução do efeito chicote. Desta forma, para o objetivo deste estudo o valor foi arbitrado em 10 unidades.

Figura 2 – Organização da rede de demanda no SIMIOTM.



Fonte: Elaborado pelos autores.

No primeiro cenário, quando a informação dos clientes finais estão disponíveis somente aos varejistas, no estágio  $i \in E \{Fabricante, Distribuidor, Atacadista, Varejista\}$  o pedido se deu conforme a expressão

$$P_i^t = \max\{0, TP_{ji}^t - (E_i^t - ES_i^t)\}, \quad (1)$$

em que  $j$  refere-se ao estágio imediatamente a jusante de  $i$ ,  $E_i^t$  é o estoque em  $i$  no período  $t$ ,  $ES_i^t$  é o estoque de segurança de  $i$  no período  $t$  e  $TP_{CV}^t$  é o total de pedidos feitos pelo estágio  $j$  para o estágio  $i$  e que não foram atendidos até o período  $t$ .

Para o cenário em que a informação da demanda dos clientes finais está disponível, o pedido de cada estágio  $i$  é dado por

$$P_i^t = \max\{0, TP_{CV}^t - (E_i^t - ES_i^t)\}, \quad (2)$$

em que  $TP_{CV}^t$  ao total de pedidos feitos dos clientes finais feitos para o varejista e que ainda não foram atendidos até o período  $t$ .



Para ambos os cenários, a quantidade entregue a partir de cada estágio para o estágio a montante é dado por

$$Q_i^t = \min\{E_i, TP_{ji}\}, \quad (3)$$

na qual a variável  $TP_{ji}$  corresponde a toda quantidade que já foi pedida pelo estágio  $i$  até o período  $t$ .

As Equações 1 e 3 compõem a dinâmica de execução do modelo no cenário primeiro e as Equações 2 e 3 delineiam o segundo cenário, em que as informações estão disponíveis em maior disponibilidade.

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados foram obtidos através do modelo de simulação desenvolvido por meio do software SIMIO 6, em um computador Intel Core i5-310M CPU 2.5GHz RAM 6GB.

Inicialmente, simulou-se a cadeia de suprimentos com a decisão da quantidade a ser pedida, em cada estágio, baseando-se somente na informação do pedido do estágio imediatamente a jusante. Com isto, os resultados obtidos foram bem característicos de uma cadeia de suprimentos com assimetria de informações, permitindo uma boa visualização do efeito chicote, ou seja, a variação da demanda aumentando dos clientes para o fornecedor. Os resultados foram obtidos com a demanda seguindo uma distribuição de probabilidade normal com média 20 e desvio padrão igual a 2. Foram simulados 364 períodos. O Quadro 1 e a Figura 3 apresentam as estatísticas dos pedidos em cada estágio. O Quadro 2 apresenta as estatísticas do estoque. Nelas observa-se uma grande variação tanto nos pedidos, evidenciando o efeito chicote, quanto uma das suas causas, que é o acúmulo no estoque. De fato, tendo em vista a incerteza da demanda, os estoques se acumulam para poder atender aos pedidos. Observa-se, por sua vez, que o estoque médio do fabricante é menor do que o estoque do elo a jusante. Isso se deve ao fato de que o fabricante, por hipótese, sempre tem seu pedido atendido pelos seus fornecedores. Os elos a jusante, ao contrário, podem ter seus pedidos parcialmente atendidos ou não atendidos em alguns períodos.

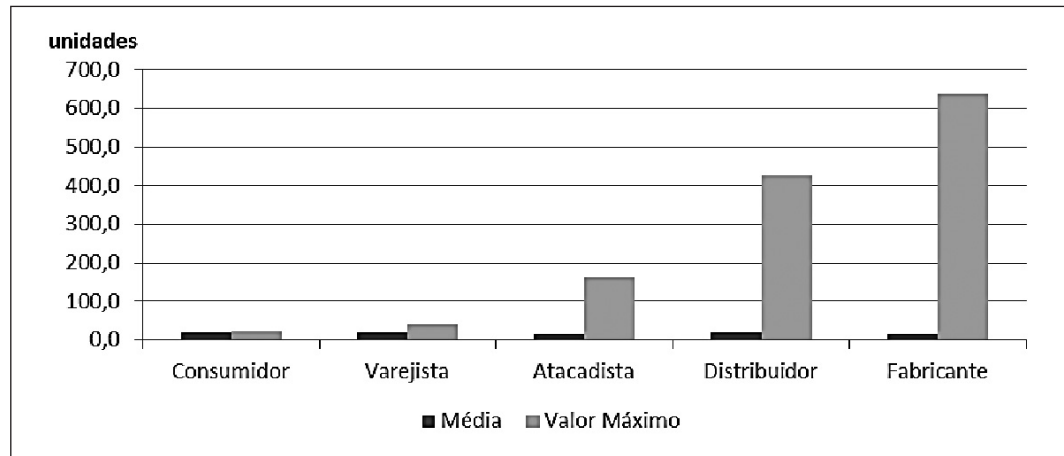
Quadro 1 – Estatística dos pedidos de cada estágio no cenário com restrição sobre de informação.

Estágio da Rede	Média	Valor Máximo
Consumidor	19,1	24
Varejista	19,6	40
Atacadista	18,3	162
Distribuidor	18,4	428
Fabricante	18,3	639

Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 3 – Estatísticas dos pedidos de cada estágio no cenário com descentralização da informação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 2 – Estatística das quantidades em estoque no cenário com restrição sobre de informação.

Estágio	Média
Varejista	80,63
Atacadista	153,46
Distribuidor	697,00
Fabricante	258,37

Fonte: Elaborado pelos autores.

No Quadro 2, observa-se que a média do estoque do varejista está em torno de 80 unidades. Este valor já era esperado pois os pedidos dos clientes finais seguem uma distribuição normal com média 20.

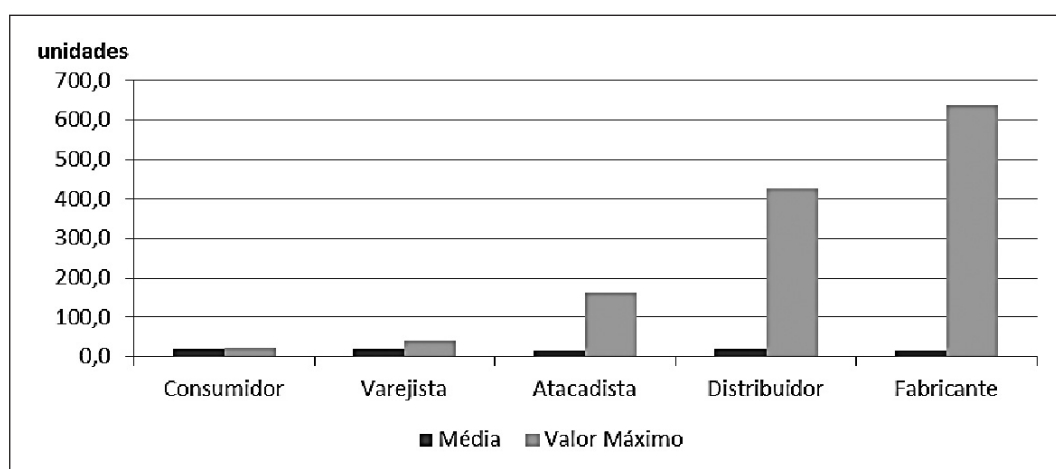
Os Quadros 3 e 4 e a Figura 4, a seguir, apresentam os resultados da simulação do “Jogo da Cerveja” para o cenário em que a informação da demanda do cliente final fica disponível para todos os estágios da cadeia. Os resultados mostram que mesmo com o acesso direto a informação dos clientes finais, o efeito chicote não é eliminado, confirmando o que foi apresentado por Chen et al. (2000). No entanto, há uma grande redução dos níveis de estoque em cada estágio e o efeito é consideravelmente atenuado.

Quadro 3 – Estatística dos pedidos em cada estágio no cenário com disponibilização da informação.

Estágio	Média	Máximo
Consumidor	19,8	24
Varejista	19,6	24
Atacadista	19,5	24
Distribuidor	19,3	24
Fabricante	19,2	46

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4 – Estatística dos pedidos em cada estágio no cenário com disponibilização da informação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 4 – Estatística dos estoques em cada estágio no cenário com disponibilização da informação.

Estágio	Média
Varejista	80,07
Atacadista	79,51
Distribuidor	81,77
Fabricante	81,51

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 5 – Comparação entre as estatísticas dos pedidos em cada estágio nos dois cenários.

Estágio	Pedidos com restrição da informação		Pedidos com disponibilização da informação	
	Média	Máximo	Média	Máximo
Consumidor	19,1	24	19,8	24
Varejista	19,6	40	19,6	24
Atacadista	18,3	162	19,5	24
Distribuidor	18,4	428	19,3	24
Fabricante	18,3	639	19,2	46

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em análise do Quadro 5, observa-se que é drástica a redução da variação dos pedidos comparando-se os estágios da cadeia, incluindo os clientes. O fabricante, que fez o maior pedido de 639 unidades no cenário em que atende ao pedido do distribuidor, teve uma redução no pedido máximo para 46 unidades no cenário com disponibilização da informação do cliente final. Dessa forma a variação em relação à média que era em torno de 621, foi para 27 unidades aproximadamente.

O Quadro 6 permite a comparação entre a média dos estoques nos dois cenários para cada estágio. A última coluna mostra o impacto da redução. Com base nesta informação, infere-se que há um ganho na quantidade em estoque que é tão maior, quanto maior é a quantidade em estoque em virtude do efeito chicote. Portanto, a redução do efeito chicote gera a redução das quantidades em estoque.

Quadro 6 – Comparação entre média da quantidade de unidades no estoque em cada estágio.

Estágio	Média do estoque no cenário COM restrição da informação	Média do estoque no cenário SEM restrição da informação	Redução da quantidade em estoque
Varejista	80,63	80,33	%
Atacadista	153,46	75,59	51%
Distribuidor	697,00	75,77	89%
Fabricante	258,37	80,63	69%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base no Quadro 6 e também o Quadro 5, conclui-se que apesar do fabricante apresentar a maior variação no pedido feito, o distribuidor apresentou a maior quantidade média em estoque. Isto acontece em função da não restrição para o suprimento do fabricante. O distribuidor, por sua vez, só recebe a quantidade que o fabricante pode fornecer.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de simulação proposto mostrou-se adequado para reproduzir o “Jogo da Cerveja” e, por meio desse, na reprodução do efeito chicote. A interferência na variabilidade dos pedidos dos dois cenários ficou evidente ao observar o crescimento da diferença entre os valores médios e os respectivos máximos ao longo da cadeia.

Os resultados do cenário com restrição na disponibilização da informação são drásticos quando comparados aos resultados obtidos no cenário sem restrição para a informação da demanda. Portanto, neste modelo de simulação é notório que mesmo na cadeia de suprimento em que os planejamentos dos pedidos se dão baseados em uma informação de curto espaço de tempo, onde há falta de uma acurada previsão de demanda e não há aplicação de técnicas para controle das principais variáveis, a disponibilização da informação tem efeito mitigador no efeito chicote. Observou-se que a transmissão da informação do cliente final para todos os elos da cadeia leva o efeito chicote a quase nulidade. No entanto, confirmando a literatura, tal efeito não pode ser eliminado totalmente devido ao comportamento estocástico da demanda.

De acordo com a prática, o comportamento ordinário do fluxo de informação na cadeia de suprimento permanece entre esses dois extremos, informação total e parcialmente disponibilizada, fazendo-se necessária uma estratégia viável para permanecer o mais próximo possível do melhor dos casos e atenuar os efeitos nocivos para os custos na cadeia de suprimento.

Desta forma, com os resultados do modelo alinhados à literatura, esse modelo de simulação confirma-se ferramenta de suporte ao aprendizado e estudo dos efeitos associados a cadeia de suprimento, auxiliando o desenvolvimento do ensino acadêmico. O modelo foi elaborado para uma cadeia com cinco empresas em cinco estágios, mas, havendo a necessidade de adaptar o modelo a uma estrutura diferente de cinco estágios, pouco esforço é necessário.

Novas pesquisas podem seguir o caminho de utilizar o modelo proposto neste trabalho para estudos com ferramentas híbridas, que utilizam em conjunto técnicas de otimização e simulação para o planejamento e gestão da cadeia de suprimentos.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao apoio parcial do CNPQ para a execução do trabalho que resultou neste artigo.

## REFERÊNCIAS

CARLSSON, C.; FULLER, R. Fuzzy Approach to the Bullwhip Effect. **15th European Meeting on Cybernetics and Systems Research**, Vienna, p. 228–233, 2000.

CHEN, F.; DREZNER, Z.; RYAN, J. K.; SIMCHILEVI, D. Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead Times, and Information. **Management Science**, v. 46, n. 3, p. 436-443, 2000.

CHEN, F.; DREZNER, Z.; RYAN, J. K.; SIMCHILEVI, D. The Bullwhip Effect: managerial insights on the impact of forecasting and information on variability in a supply chain. **Quantitative models for supply chain management**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2003.

- CHEN, L.; LEE, H. L. Bullwhip Effect Measurement and Its Implications. **Operations Research**, v. 60, n. 4, p. 771-784, 2012.
- DEJONCKHEERE, J.; DISNEY, S.M.; LAMBRECHT, M.R.; TOWILL, D.R..Transfer function analysis of forecasting induced bullwhip in supply chains. **International Journal of Production Economics**, v. 78, n. 2, p. 133-144, 2002.
- DISNEY, S. M.; TOWILL, D. R. Vendor-managed inventory and bullwhip reduction in a two-level supply chain. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n. 6, p.625-651, 2003.
- FIORIOLO, J. C.; FOGLIATTO, F. S. Modelagem matemática do Efeito Chicote em ambientes com demanda e lead time estocásticos. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2007, Fortaleza. **Anais... XXXIX SBPO**. Rio de Janeiro: Sobrapo, 2007.
- FIORIOLO, J. C.; FOGLIATTO, F. S. Modelagem do efeito chicote em ambientes com demanda e lead time estocásticos mediante uma nova política de tratamento dos excessos de estoque. **Revista Produção**, v. 19, n. 1, p. 27- 40, 2009.
- FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics**, Cambridge, Massachusetts: Mit Press, 1961.
- FRANSOO, J. C.; WOUTERS, M. J. F. Measuring the bullwhip effect in the supply chain. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 5, n. 2, p. 78-89, 2000.
- GOODWIN, J. S.; FRANKLIN, S. G. The Beer Distribution Game: Using Simulation to Teach Systems Thinking. **Journal of Management Development**, v. 13, n. 8, p. 7-15, 1994.
- KOK, T.; JANSSEN, F.; DOREMALEN, J. V.; WACHEM, E. V.; CLERKX, M.; PEETERS, W. Philips Electronics Synchronizes Its Supply Chain to End the Bullwhip Effect. **Interfaces**, v. 35, n. 1, p. 37-48, 2005.
- LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. **Management Science**, v. 43, n. 4, p.546-558, 1997.
- METTERS, R. Quantifying the bullwhip effect in supply chains. **Journal of Operations Management**, v. 15, n. 2, p. 89-100, 1997.
- STERMAN, J. D. Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment. **Management Science**, v. 35, n. 3, p. 321-339, 1989.
- UDENIO, M.; FRANSOO, J. C.; VATAMIDOU, E.; DELLAERT, N.P. An analysis of the effect of response speed on the Bullwhip effect using control theory. **Beta Working Paper**, series 420, 2013.
- WARBURTON, R. D. H. An Analytical Investigation of the Bullwhip Effect. **Production and Operations Management Society**, v. 14, n. 2, p. 150-160, 2004.

