

# MANUFACTURING CRITICAL-PATH TIME (MCT) E SYSTEM DYNAMICS (SD): UM ESTUDO DE CASO NO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO

**Andrey Domingues de Lima (TAM)**

andreydomingues@yahoo.com.br

**Stella Jacyszyn Bachega (UFG/UFSCar)**

stella\_bachega@yahoo.com.br



*Grande parte dos problemas enfrentados pelas organizações pode ocorrer devido à incapacidade de entender sistemas/processos cada vez mais complexos presentes no ambiente de mercado em que estão inseridas. O objetivo do presente trabalho é analisar o processo de orçamentação de uma empresa de materiais de escrita por meio do uso conjunto da abordagem soft da dinâmica de sistemas (System Dynamics - SD) e do Manufacturing Critical-Path Time (MCT). Assim, explorou-se a vocação de ambas as técnicas a fim de produzir insights durante o processo de modelagem: a SD forneceu o relacionamento entre os elementos e o MCT forneceu o mapeamento dos tempos globais das atividades do processo. Para tanto, utilizou-se de forma combinada as abordagens de pesquisa qualitativa e quantitativa, e os procedimentos de pesquisa teórico-conceitual e estudo de caso. Verificou-se no MCT que 60,3% do lead time total do processo de orçamentação, que é de 76 dias, é gasto com tarefas que não agregam valor. A abordagem soft da dinâmica de sistemas auxiliou no entendimento aprofundado do sistema como um todo e dos possíveis impactos que a alteração em alguma das variáveis poderia causar ao restante dos elementos do sistema. Esse artigo contribui para a maior compreensão e divulgação, no meio acadêmico e empresarial, do MCT e da SD.*

*Palavras-chaves: Dinâmica de sistemas, manufacturing critical-path time, orçamentação.*

## 1. Introdução

Grande parte dos problemas enfrentados pelas organizações pode ocorrer devido à incapacidade de entender sistemas/processos cada vez mais complexos presentes no ambiente de mercado em que estão inseridas. Além da complexidade, outro fator presente no meio organizacional é a necessidade de adaptação de suas atividades as novas exigências impostas pelo mercado. Forrester (1961) defende essa idéia, complementando que os maiores entraves para o progresso empresarial são gerenciais. A compreensão desses fatores exige a utilização de ferramentas que forneçam uma percepção mais clara da realidade, mostrando inclusive a inter-relação dos elementos envolvidos nos sistemas/processos.

A dinâmica de sistemas (*System Dynamics* - SD) é uma maneira de entender a realidade por meio da descrição de relacionamentos entre os elementos (parâmetros e variáveis) envolvidos nessa realidade, possibilitando o entendimento de sua complexidade e mudança. Autores como, Forrester (1961), Suri (1998), Baines e Harrison (1999), Folledo (2000), Sterman (2000), Sterman (2001), Tesfamariam e Lindberg (2005) e García (2006) advogam o uso da SD. Assim, a SD também permite modelar uma situação real do ambiente de negócios de uma grande empresa, fornecendo uma percepção da complexa realidade em que ela se encontra.

Todavia, apesar da SD permitir a identificação e organização dos componentes básicos do processo analisado de maneira simples e clara, ela não considera o tempo de execução gasto em cada componente do processo. Para isso, também se utilizou nesse trabalho a ferramenta gerencial *Manufacturing Critical-Path Time* (MCT), a qual foi proposta por Suri (1998). Essa ferramenta é de grande utilidade para o entendimento dos tempos despendidos em cada componente do processo, assim como para a diferenciação dos tempos que agregam valor ao processo daqueles que não agregam valor.

Sendo assim, o presente artigo tem o objetivo de analisar o processo de orçamentação de uma empresa de materiais de escrita por meio do uso conjunto da SD e do MCT. Para tanto, explorou-se a vocação de ambas as técnicas a fim de produzir *insights* durante o processo de modelagem: a SD fornecendo uma relação entre os elementos e o MCT fornecendo o mapeamento dos tempos globais das atividades do processo.

Orçamento, de acordo com Westwood (1991), é um plano que considera a expectativa de vendas da empresa em determinado período e o investimento nos recursos necessários para obter o resultado desejado. Para Gitman (2004), o processo de orçamentação envolve a avaliação e seleção de investimentos em longo prazo, sendo estes coerentes com os objetivos de maximização da riqueza dos proprietários da empresa.

Esse processo exerce um papel ativo na empresa estudada, pois funciona como um centro de informações da organização; requer, processa e fornece informações para muitos outros departamentos da organização. Com isso, o orçamento chama para si a responsabilidade de orientar os gestores a conduzirem as atividades de suas áreas de modo que a empresa como um todo alcance seus objetivos.

O presente artigo é estruturado da seguinte forma: na próxima seção há a revisão bibliográfica, onde são abordados alguns conceitos centrais sobre dinâmica de sistemas e sobre *manufacturing critical-path time*; na terceira seção está a metodologia de pesquisa; na seção quatro encontra-se o estudo de caso realizado, sendo apresentadas algumas informações sobre a empresa estudada e o processo de orçamentação, o MTC desenvolvido, o uso da abordagem *soft* da dinâmica de sistemas no processo estudado e a discussão dos resultados

obtidos por meio do uso conjunto do MCT e da SD; e na quinta seção há as considerações finais.

## 2. Revisão bibliográfica

A presente seção aborda a revisão bibliográfica sobre dinâmica de sistemas e sobre *manufacturing critical-path time*.

### 2.1 Dinâmica de Sistemas (*System dynamics* - SD)

Forrester (1961) desenvolveu o conceito de dinâmica de sistemas. Segundo esse autor, a SD foca principalmente a determinação da estrutura de um sistema, que por sua vez, especifica seu comportamento ao longo do tempo. Goodman (1989) complementa o conceito, afirmando que a SD foca na estrutura e comportamento dos sistemas compostos de *loops* de *feedback* ('ciclos de realimentação') interativos.

Mais recentemente, principalmente em razão do aperfeiçoamento das ferramentas computacionais, o uso da SD tornou-se relativamente mais simples, passando a ser aplicado nas mais diversas áreas do conhecimento (BASTOS, 2003). Ao invés de se procurar soluções imediatas para aqueles fatos que são considerados problemas, a dinâmica de sistemas permite uma compreensão mais completa sobre o comportamento do sistema no qual se insere o problema.

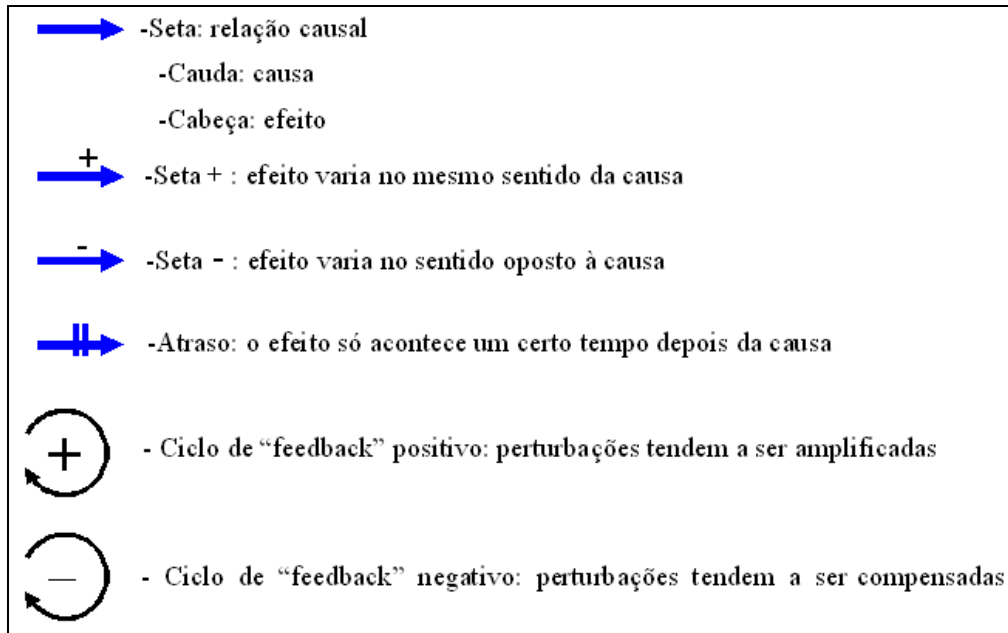
Bastos (2003) advoga que atualmente faz-se distinção entre os tipos de abordagens para a modelagem da dinâmica de sistemas, constituindo nas abordagens *soft* e *hard*, a saber (MAANI; CAVANA, 2000):

- a) Modelagem *soft*: a definição do modelo é considerada como um método para motivar insights e debates a respeito da realidade; o problema é definido considerando-se objetivos diversos/múltiplas dimensões; os agentes e as organizações são considerados integrantes do modelo; os dados e as informações são qualitativos; os objetivos giram em torno da compreensão aprofundada e da aprendizagem; os resultados obtidos compreendem o autodesenvolvimento ou o aprendizado em grupo;
- b) Modelagem *hard*: a definição do modelo é considerada como uma representação da realidade; o problema é definido considerando-se um objetivo específico, com uma única e bem definida dimensão; os agentes e as organizações não são levados em consideração; os dados e as informações são quantitativos; os objetivos giram em torno da busca de soluções e otimizações; os resultados compreendem recomendações ou produtos.

O foco da presente pesquisa está na abordagem *soft*. O resultado dessa modelagem é denominado diagrama de ciclo causal. Um diagrama de ciclo causal é um diagrama representando ciclos fechados de relações de causa e efeito (ciclos causais), que exprime a maneira como as variáveis do sistema se relacionam (STERMAN, 2000). Além disso, segundo Sterman (2000), os diagramas de ciclos causais também são constituídos por processos de *feedback* e *delays* (atrasos). Um processo de *feedback* ocorre quando a influência de um elemento impacta em outros elementos, e por meio de uma série de relacionamentos o efeito dessa influência inicial retro-alimenta a si. O atraso consiste no intervalo de tempo entre o efeito de uma variável sobre a outra.

Os símbolos mais comumente utilizados nos diagramas de ciclos causais são apresentados na Figura 1. A seta representa a relação causal, sendo que a cauda da seta retrata a causa e a cabeça da seta simboliza o efeito. A seta positiva indica que o efeito varia no mesmo sentido da causa e a seta negativa significa que o efeito varia no sentido oposto à causa. A seta com

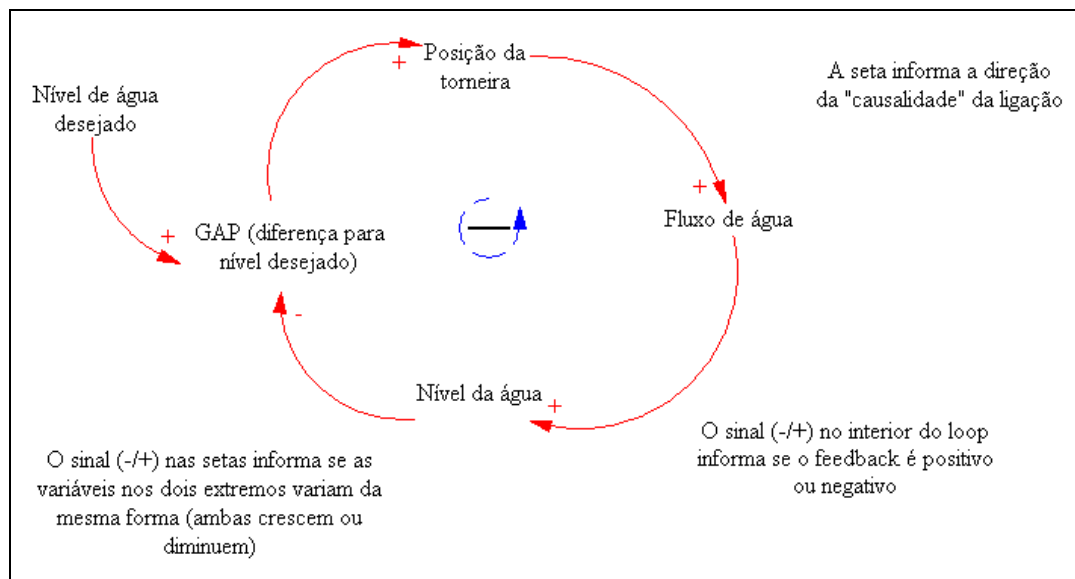
duas barras paralelas mostra que há um possível atraso, no qual o efeito acontece em dado período de tempo após a causa. Já o ciclo de *feedback* positivo exprime que as perturbações tendem a ser amplificadas e o ciclo de *feedback* negativo representa o caso contrário, no qual as perturbações tendem a ser compensadas.



Fonte: Elaborado pelos autores baseado em VENSIM (2006)

Figura 1 - Simbologia dos diagramas de ciclos causais

A Figura 2 representa o relacionamento de cinco variáveis envolvidas em uma situação de encher um copo com água: nível de água desejado, GAP (diferença para nível desejado), posição da torneira, fluxo de água e nível de água. Na medida em que se aumenta o GAP (diferença para o nível desejado), aumenta-se a posição da torneira (abertura da torneira) que, conseqüentemente, aumenta o fluxo de água que, por sua vez, aumenta o nível de água no copo. Aumentando-se o nível de água no copo, diminui-se o GAP. Uma maneira de reverter esta situação é aumentando-se o nível de água desejado, o que irá provocar um aumento no GAP (COSTA, 2004).



Fonte: Adaptado de Costa (2004)

Figura 2 - Exemplo de diagrama de ciclo causal

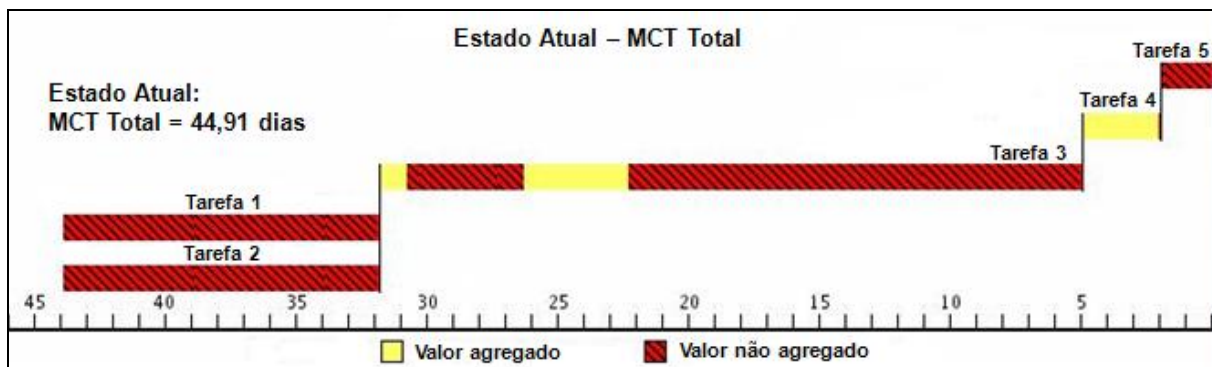
Dentre outros autores que tratam do tema dinâmica de sistemas, estão: MIT (2008a), MIT (2008b), KIM *et al.* (2007), Milani *et al.* (2007), Sellitto (2005), Sharif (2005), An e Jeng (2005) e Fernandes (2001).

## 2.2 Manufacturing Critical-Path Time (MCT)

A técnica MCT faz parte da abordagem QRM (*Quick Response Manufacturing*). O principal conceito enraizado no QRM é o poder do tempo. O QRM é uma abordagem para ser implementada em todos os níveis na empresa e tem como principal objetivo a redução do *lead time* (SURI, 1998).

Há várias definições de *lead time* na literatura de gestão da produção. Basicamente, *lead time* diz respeito ao tempo para se fazer algo. Ericksen *et al.* (2007) propôs o termo MCT (*Manufacturing Critical-path Time*) para representar o *lead time* segundo a abordagem QRM. O MCT (*lead time*), segundo esses autores, é a típica quantidade de tempo medida a partir da criação de uma ordem, passando pelo caminho crítico até que a primeira peça única desta ordem seja entregue ao cliente. Assim, de acordo com a definição do MCT, o estoque faz o *lead time* ser maior, não menor, já que de acordo com a definição (mais especificamente a parte que diz 'passando pelo caminho crítico') há uma suposição de que todas as atividades são completadas partindo-se do início delas. Dentre outros autores que abordam o MCT estão Ericksen *et al.* (2008), Bragg (2007), Russel (2007) e Productivity Press (2006).

A Figura 3 apresenta um exemplo de MCT. Nota-se que visualmente o MCT representa a proporção de tempo que foi utilizada em atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor. Nessa última categoria, há ainda a possibilidade de representar as atividades que não agregam valor e não são necessárias e as atividades que não agregam valor e são necessárias. Assim, o MCT pode ressaltar visualmente os desperdícios e as oportunidades para melhoria e providenciar uma linguagem comum para se fazer comparações.



Fonte: Adaptado de Ericksen *et al.*(2008)

Figura 3 - Exemplo de MCT

Suri (1998), ao aplicar o MCT na manufatura, indica que quatro componentes estejam presentes: MCT para os insumos; MCT para as operações de planejamento e manufatura; MCT para a logística e MCT para o estoque. Além disso, o autor explana que o MCT, bem como outras ferramentas gerenciais da abordagem QRM, podem ser aplicadas em operações de escritório, como é o caso dessa pesquisa.

### 3. Metodologia de pesquisa

A pesquisa realizada utilizou de forma combinada as abordagens de pesquisa qualitativa e quantitativa, conforme defendido por Creswell (1994). Além disso, usou-se os seguintes procedimentos: pesquisa teórico-conceitual (BERTO; NAKANO, 1998, 2000) e estudo de caso (YIN, 1994). A pesquisa teórico-conceitual, ou bibliográfica, foi realizada com o intuito de pré-orientação teórica a respeito dos assuntos Dinâmica de Sistemas e MCT. O estudo de caso foi usado como forma de promover o entendimento da situação de uma empresa atuante no setor de materiais de escrita que possui alto *lead time* na realização das tarefas do processo de orçamentação. Essa empresa foi selecionada por amostragem não probabilística e intencional (BABBIE, 1990; PATTON, 1990).

Foram analisadas todas as atividades das quatro áreas que participam do processo de orçamentação: i) comercial; ii) planejamento da produção; iii) orçamento e custos; iv) diretoria. As principais fontes de dados para a realização deste trabalho foram: entrevista com a chefia da área estudada, estudo dos tempos das atividades e dados do sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) da empresa. Tais dados foram coletados em um período de quatro meses.

### 4. O estudo de caso

Nessa seção, são expostas algumas informações sobre a empresa estudada e sobre o processo de orçamentação. Ademais, são apresentados o MCT e o diagrama de ciclo causal do processo de orçamentação desenvolvidos.

#### 4.1 A empresa estudada e o processo de orçamentação

A empresa estudada, atuante no setor de materiais de escrita, constitui-se uma empresa de grande porte (multinacional) do tipo sociedade anônima. Atualmente, emprega cerca de 2.500 funcionários no país.

O processo de orçamentação da empresa pesquisada tem como objetivo a elaboração do resultado/desempenho previsto para o próximo ano fiscal. A orçamentação se inicia com o levantamento dos volumes de faturamento por item (SKU – *Stock Keeping Unit*) pela área

comercial. Logo após, a área de Planejamento da Produção recebe essas informações e realiza o plano mestre de produção por item. Esse plano mestre é analisado ainda nessa área em conjunto com gestores e gerências, buscando gargalos e possibilidade de alteração do planejamento da produção. Caso o plano não seja aprovado, retorna para a área comercial. Se aprovado, segue para área de orçamento e custos. Nessa área há o cálculo das horas necessárias para a produção dos itens com base nos roteiros produtivos. Há, também, o cálculo dos gastos com base na estrutura técnica de matéria prima utilizada na produção dos itens assim como dos gastos das utilidades (água, luz, depreciação do maquinário etc.) e dos gastos com mão-de-obra. Com isso, é possível o cálculo das tarifas (custo hora planejado) para o custeio dos produtos. Logo após, essas informações seguem para a diretoria para aprovação ou não do orçamento. Caso não seja aprovado, este retorna para a área de orçamento e custos para devidos acertos. As etapas do processo encontram-se listadas no Quadro 1.

Etapa	Descrição da etapa
A	Levantar o volume de faturamento por item
B	Rodar o Plano Mestre de Produção por item
C	Realizar uma análise da capacidade produtiva (viabilidade do plano)
D	Extrair as estruturas operacionais dos produtos (horas homem e máquina)
E	Calcular a necessidade de recursos produtivos (mão-de-obra e máquina)
F	Levantar consumo previsto com Energia+Água+Esgoto
G	Levantar base de rateio prevista
H	Dimensionar necessidades de manutenção interna
I	Dimensionar gastos com pessoal (MOD/MOI)
J	Levantar depreciação prevista
L	Levantar gastos previstos com compra de matéria-prima
M	Levantar a apropriação de projetos de redução de custos
N	Calcular as tarifas de mão-de-obra e máquina previstas
O	Reposicionar o custo dos produtos vendidos
P	Avaliar cenário econômico-financeiro junto à Diretoria
Q	Realizar a carga dos dados no sistema e gravar os custos planejados

Quadro 1 - Descrição das etapas do processo de orçamentação da empresa

A formação dos custos é fortemente revisada, assim como as despesas e vendas esperadas para o próximo período fiscal. É por meio deste orçamento prévio que a diretoria da empresa se compromete com seus investidores em relação ao desempenho do período, tanto em termos de lucratividade como também em gestão de capital. Conseqüentemente, durante o processo de orçamentação há uma participação direta da alta gerência/diretoria a fim de analisar as oportunidades de negócio para o período, as estratégias de mercado, as estratégias de manufatura e compras e os investimentos, uma vez que todos exercem papel na determinação dos custos e rentabilidades para o período.

Cabe ressaltar que o sistema de custeio adotado nessa empresa é o custeio por absorção. Padoveze (2007) define o custeio por absorção como o método tradicional de custeamento, no qual para se obter o custo de um produto, consideram-se todos os gastos industriais, diretos ou indiretos, fixos ou variáveis, sendo que os gastos indiretos são alocados aos produtos por critérios de rateio. A modelagem de um sistema de custeio por absorção pode ser encontrada em Martins (2006).

A Figura 4 explicita a distribuição da mão-de-obra e o fluxo de informações entre as áreas envolvidas no processo de orçamentação. Como pode ser observado, nos setores comercial e planejamento da produção há duas pessoas em cada área dedicadas à realização de suas atividades. Entre essas áreas, há troca constante de informações. No setor de orçamentos e custos, há a alocação de três pessoas, sendo que essa área recebe informações do setor de

planejamento da produção para execução de suas atividades. A diretoria é composta por dois diretores, os quais recebem e enviam informações de e para o setor de orçamentos e custos.

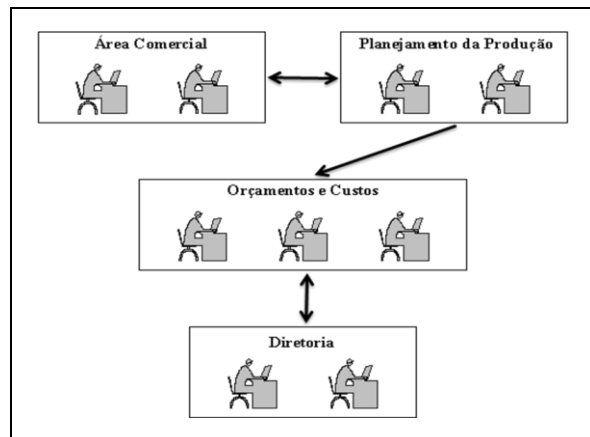


Figura 4 - Layout atual

#### 4.2 O MCT desenvolvido

O MCT mostra a quantidade de tempo efetivamente produtivo incorporado ao produto/atividade. Para que fosse possível a elaboração do MCT, realizou-se a coleta de informações junto aos vários atores envolvidos no processo de orçamentação da empresa. Com isso, tornou-se possível o entendimento da estrutura do processo e as decisões envolvidas em cada etapa deste processo.

A Figura 5 ilustra o MCT para o processo de orçamentação da empresa em questão. O MCT representado nessa figura foi obtido a partir da análise de dados passados a respeito da operação orçamentação. A descrição das etapas foi exposta no Quadro 1. Vale ressaltar que a barra em cinza da Figura 5 representa a quantidade de tempo da etapa em que há agregação de valor. Já a barra em preto representa a quantidade de tempo da etapa que não há agregação de valor. Exemplos de atividades nessa categoria estão esperas, retrabalhos, tempo excessivo para realização da etapa, entre outros.



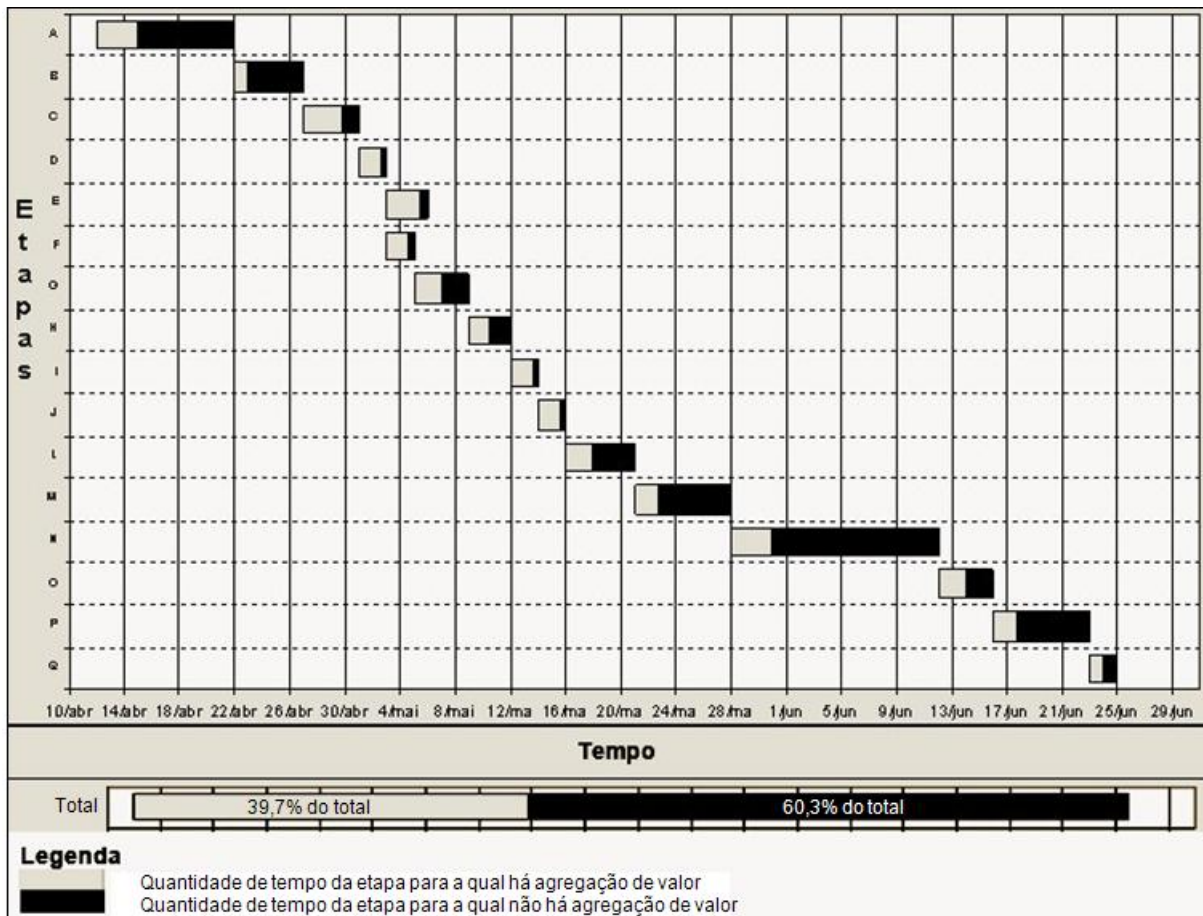


Figura 5 - MCT das fases da orçamentação

Portanto, com a elaboração do MCT obteve-se informações de como o trabalho é realizado e estabeleceu-se uma estimativa inicial de como se comporta o *lead time* entre os vários estágios do processo. Verificou-se que o tempo total gasto para a realização do processo de orçamentação é de aproximadamente dois meses e meio (76 dias), sendo que 60,3% desse tempo gasto não agregam valor ao processo. Além disso, observou-se que a etapa ‘N’ (cálculo das tarifas de mão-de-obra e máquina previstas) é a atividade que mais contribui para o aumento do tempo de não agregação de valor.

#### 4.3 Uso da abordagem *soft* da dinâmica de sistemas

A dinâmica de sistemas orientou a olhar o processo de orçamentação como um sistema, constituído por partes que interagem umas com as outras, ao invés de visualizar cada efeito e sua causa de forma isolada. Conforme destacado na seção 2.1, o foco deste trabalho está na abordagem “*soft*” (qualitativa) da dinâmica de sistemas.

A Figura 6 a seguir representa o diagrama de ciclo causal para o processo de orçamentação da empresa estudada. Para elaboração do diagrama, utilizou-se o software Vensim<sup>®</sup>. Foi possível extrair a estrutura causal do processo a partir das declarações feitas na coleta de informações, e começar a formular os nomes das variáveis do processo que correspondessem às utilizadas pelos atores. Também se iniciou a criação das ligações entre as variáveis e das relações de *feedback*.

Como ainda pode ser observado na Figura 6, dentre os diversos relacionamentos, estão as relações causais entre as variáveis ‘base de rateio’, tarifas de mão-de-obra’, ‘custo de

produção’, ‘margem de lucro’, ‘percepção da diretoria em relação ao lucro’ e ‘projeto de redução de custos’. Assim, o ‘custo de produção’ depende das ‘tarifas de mão-de-obra e máquinas previstas’ que derivam da ‘base de rateio’ estabelecida. Essas variáveis estão vinculadas por setas com sentido positivo, que indica que um acréscimo na variável causa (variável representada na cauda da seta) corresponde a um acréscimo no valor da variável efeito (variável representada na cabeça da seta) ou uma diminuição na variável causa acarreta em uma diminuição da variável efeito. Já a causa ‘percepção da diretoria em relação ao lucro’ possui vínculo de sentido negativo com o efeito ‘projeto de redução de custos’, ou seja, um aumento na variável causa corresponde a uma diminuição na variável efeito, ou um decréscimo na variável causa ocasiona um acréscimo na variável efeito. A mesma vinculação negativa ocorre entre a variável causa ‘projeto de redução de custos’ com a variável efeito ‘custo de produção’, e entre a causa ‘custo de produção’ com o efeito ‘margem de lucro’. Ademais, a variável ‘margem de lucro’ (causa) possui vínculo positivo com a variável ‘percepção da diretoria em relação ao lucro’ (efeito).

As variáveis ‘custo de produção’, ‘margem de lucro’, ‘percepção da diretoria em relação ao lucro’ e ‘projeto de redução de custos’ formam um ciclo (*loop*) de *feedback*. Os vínculos estão conectados de tal modo que ao iniciar a análise com qualquer uma das variáveis do *loop* e seguindo a direção das setas, pode-se voltar para a variável que originou a trajetória. Nota-se, também, que nesse *loop* a polaridade é negativa, o que significa que perturbações em alguma variável tendem a ser compensadas no decorrer do ciclo. Os loops negativos também são chamados de *loops* de balanceamento. Entretanto, quando há *loops* positivos, ou *loops* de reforço, perturbações em alguma variável tendem a ser amplificadas ao longo do ciclo. Destaca-se que a polaridade é determinada pela regra dos sinais ou regra da multiplicação.

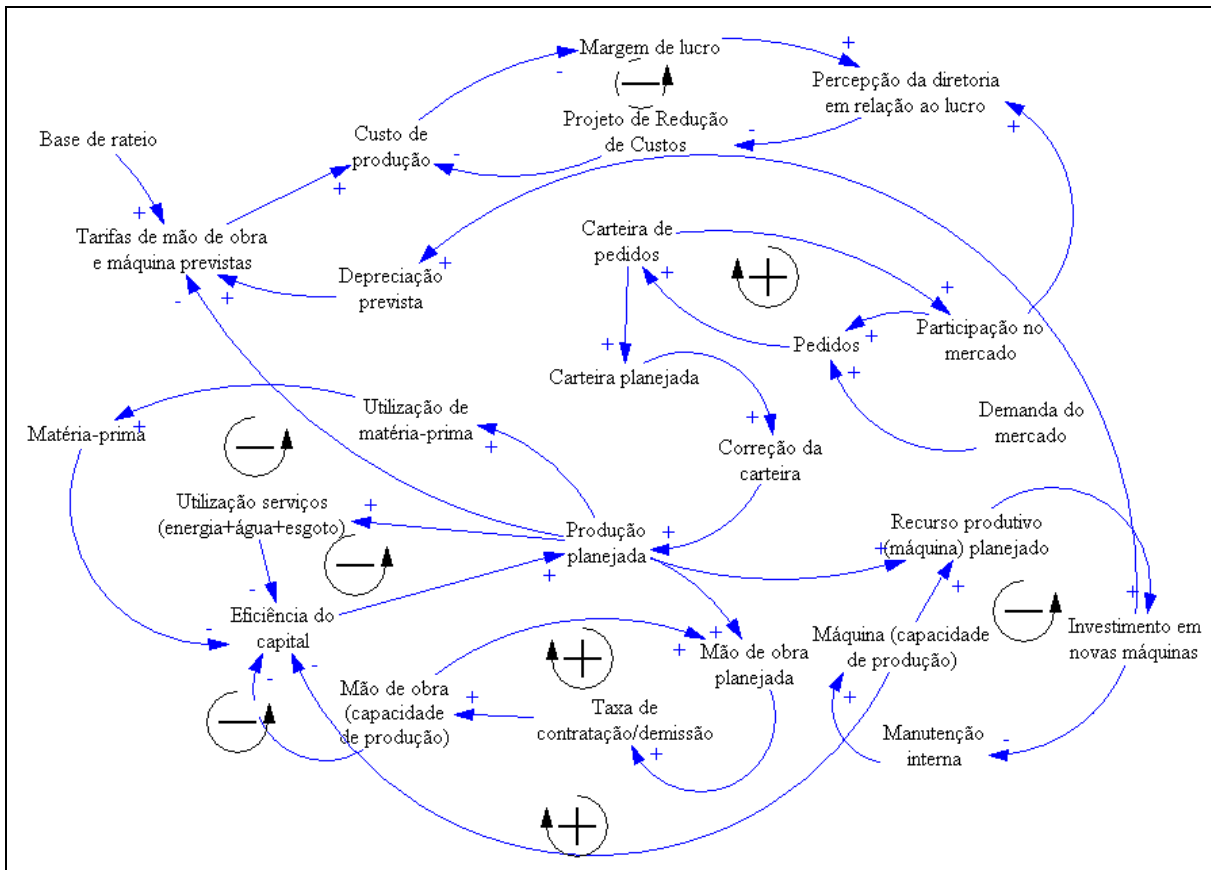


Figura 6 - Diagrama de ciclo causal do processo de orçamentação

#### 4.4. Discussão dos resultados obtidos no MCT e na SD

Por meio do MCT (vide Figura 5), verificou-se que a tarefa de calcular as tarifas de mão-de-obra e máquinas previstas possui o maior tempo de não agregação de valor (aproximadamente 14 dias), comparado as demais atividades do processo de orçamentação.

Ao analisar o diagrama de ciclo causal (vide Figura 6), notou-se que essa variável é influenciada diretamente pela base de rateio, pela depreciação prevista e pela produção planejada, sendo que essas variáveis são influenciadas por outras, e assim sucessivamente. Desse modo, por exemplo, o *lead time* de resposta de cada uma das partes do processo às solicitações de trabalho determina a capacidade do processo em reagir às novas situações impostas ao sistema.

Dentre as possíveis perturbações que geram o aumento do tempo de não agregação de valor na atividade ‘calcular as tarifas de mão-de-obra e máquinas previstas’, estão: esperas, retrabalhos e tempo excessivo para fazer a etapa. Essas situações podem ser reduzidas por intermédio de ações de melhoria feitas com o intuito de reduzir o *lead time* de realização dos elementos que se relacionam com o cálculo de tarifas de mão-de-obra e máquinas previstas e inclusive na própria variável. Ressalta-se que tal análise pode ser estendida para as demais etapas do processo de orçamentação.

#### 5. Considerações finais

O objetivo almejado nessa pesquisa foi alcançado. Analisou-se o processo de orçamentação da empresa estudada por meio do uso conjunto do MCT e da SD.

A elaboração do MCT foi de grande importância, pois descreveu como o processo de orçamentação é realizado na empresa e foram identificadas as atividades que possuem maiores ou menores tempos de agregação de valor e as que possuem maiores ou menores tempos de não agregação de valor ao processo. Verificou-se que 60,3% do *lead time* total, que é de 76 dias, é gasto com tarefas que não agregam valor.

A abordagem *soft* da dinâmica de sistemas auxiliou na identificação do inter-relacionamento dos elementos envolvidos no processo de orçamentação, possibilitando o entendimento aprofundado do sistema como um todo e dos possíveis impactos que a alteração em alguma das variáveis poderia causar ao restante dos elementos do sistema.

Assim, a empresa poderá verificar no MCT as atividades nas quais possuem maior tempo de não agregação de valor e analisar, por meio do diagrama de ciclo causal, qual o impacto que a redução nesse tempo causará para o sistema como um todo.

Esse artigo contribui para a maior compreensão e divulgação, no meio acadêmico e empresarial, do MCT e da SD. Sugere-se, para pesquisas futuras quanto ao tema aqui abordado, a realização da abordagem quantitativa da dinâmica de sistemas e a aplicação de outras ferramentas gerenciais segundo a abordagem QRM para redução do *lead time* do processo de orçamentação da empresa estudada.

#### Referências

- AN, L. & JENG, J-J. On developing system dynamics model for business process simulation. *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, pp. 2068-2077, 2005.
- BABBIE, E. *Survey research methods*. Wadsworth, Belmont, CA. 1990. 395 p.

- BAINES, T. S. & HARRISON, D. K.** An Opportunity For System Dynamics In Manufacturing System Modeling. *Production Planning and Control*, 10, pp. 542-552, 1999.
- BASTOS, A. A. P.** *A dinâmica de sistemas e a compreensão de estruturas de negócios*. São Paulo: FEA/USP, 2003. 135p. Dissertação de Mestrado.
- BERTO, R. M. V. S. & NAKANO, D. N.** A produção científica nos anais do encontro nacional de engenharia de produção: um levantamento dos métodos e tipos de pesquisa. *Produção*, v. 9, nº 2, p. 65-75, jul. 2000.
- BERTO, R. M. V. S. & NAKANO, D. N.** Metodologia da pesquisa e a engenharia de produção. In: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGETP) e IV International Congress of Industrial Engineering (ICIE), 1998, Niterói, RJ. *Anais...Niterói: UFF/ABEPRO*, out. 1998. 1 CD-ROM.
- BRAGG, S. M.** *Business ratios and formulas: a comprehensive guide*. 2<sup>nd</sup> ed. Canada: John Wiley & Sons, Inc. 2007.
- COSTA, H. L.** *Dinâmica de Sistemas: Vensim PLE*. 2004. 91 p. Disponível em: <<http://www.vensim.com>>. Acesso em: 02 fev. 2010.
- CRESWELL, J. W.** *Research design: qualitative & quantitative approaches*. London: Sage, 1994.
- ERICKSEN, P. D.; STOFLET, N. J. & SURJ, R.** Manufacturing critical-path time (MCT): the QRM metric for lead time. *Technical Report*. Center for Quick Response Manufacturing, University of Wisconsin-Madison 1550 Engineering Drive, Madison, WI 53706, USA. Abril de 2007.
- ERICKSEN, P. D.; STOFLET, N. J. & SURJ, R.** Manufacturing critical-path time (MCT): the enterprise metric to support order fulfillment and drive continuous improvement. *Technical Report*. Center for Quick Response Manufacturing, University of Wisconsin-Madison 1550 Engineering Drive, Madison, WI 53706, USA. Abril de 2008.
- FERNANDES, A. C.** Dinâmica de sistemas e business dynamics: tratando a complexidade no ambiente de negócios. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGETP), 21, 2001, Salvador, BA. *Anais...Salvador: FTC/ ABEPRO*. (CD-ROM).
- FOLLEDO, M.** Raciocínio Sistêmico: uma boa forma de se pensar o meio ambiente, *Ambiente & Sociedade* - Ano III - nº 6/7 – 1º Semestre de 2000/2º Semestre de 2000. 41 p.
- FORRESTER, J. W.** *Industrial dynamics*. Cambridge, MA., Productivity Press, 1961.
- GARCÍA, J. M.** *Theory and Practical Exercises of System Dynamics*. MIT Sloan School of Management, BPR Publishers, 2006.
- GITMAN, L. J.** *Princípios de Administração Financeira*. 10ª ed. São Paulo: Pearson, 2004.
- GOODMAN, M. R.** *Study notes in system dynamics*. Waltham: Pegasus Communications, 1989.
- KIM, D.; KIM, M. & KIM, H.** Dynamic business process management based on process change patterns. *International Conference on Convergence Information Technology*, pp. 1154-1161, 2007.
- MAANI, K. E. & CAVANA, R. Y.** *System Thinking and Modelling: Understanding Change and Complexity*. New Zealand: Pearson Education New Zealand Limited, 2000. 262 p.
- MARTINS, E.** *Contabilidade de Custos*. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- MILANI JÚNIOR, A.; PINTO JÚNIOR, H. Q. & BOMTEMPO, J. V.** A indústria do petróleo como uma organização complexa: modelagem de negócios e processo decisório. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 008-032, Jan./Abr. 2007.
- MIT.** *Business Dynamic*. Cambridge: Sloan School of Management, 2008a. Disponível em: <<http://www.mit.com/edu>>. Acesso em: 20 de abril de 2008.
- MIT.** *System Dynamics*. Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2008b. Disponível no site: <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html>. Acessado em 21 de abril de 2008.
- PADOVEZE, C. L.** *Contabilidade Gerencial: um enfoque em sistema de informação contábil*. 5ª ed. São Paulo: Atlas: 2007.
- PATTON, M. Q.** *Qualitative evaluation and research methods*. Newbury Park, 1990.

**PRODUCTIVITY PRESS.** *Lean Supply Chain: collected practices and cases.* New York: Productivity Press, 2006.

**RUSSEL, C. L.** *2,001 Innovative Ways to Save Your Company Thousands and Reduce Costs.* Florida: Atlantic Publishing Group, Inc., 2007.

**SELLITTO, M. A.** Processos de pensamento da TOC como alternativa sistêmica de análise organizacional: uma aplicação em saúde pública. *Gestão & Produção*, v.12, n.1, p.81-96, jan.-abr. 2005.

**SHARIF, A. M.** Can systems dynamics be effective in modelling dynamic business systems. *Business Process Management Journal*, Vol. 11 No. 5, 2005. pp. 612-615.

**STERMAN, J.** "System Dynamics Modeling: tools for learning in a complex world", *California Management Review*, vol. 43, no. 4, pp. 8-25, 2001.

**STERMAN, J.** *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World.* Editora McGraw-Hill, 2000.

**SURI, R.** *Quick response manufacturing: a companywide approach to reducing lead times.* Productivity Press, Portland, OR, 1998.

**TESFAMARIAM, D. & LINDBERG, B.** Aggregate analysis of manufacturing systems using system dynamics and ANP. *Computers & Industrial Engineering*, 19, pp. 98-117, 2005.

**VENSIM.** *Vensim Documentation: Vensim® Version 5.* Ventana Systems, Inc., 2006.

**WESTWOOD, J.** *O plano de marketing.* São Paulo: Makron Books, 1991.

**YIN, R. K.** *Case study research: design and methods.* Newbury Park, Califórnia; Sage Publications, 1994.