

Método para avaliação de benefícios em cadeias de suprimento

Fernando Cezar Leandro Scramim (Fundação Santo André / UFSCar) fernandosc@fsa.br
Mário Otávio Batalha (UFSCar) dmob@power.ufscar.br

Resumo

Objetiva-se neste trabalho apresentar um método para realizar análises quantitativas de desempenho de configurações operacionais alternativas em cadeias de suprimentos empresariais. A aplicação do método pode evidenciar pontos de alavancagem nas transações entre os agentes para ganhos em eficiência econômica do sistema como um todo. O trabalho propõe a utilização dos conhecimentos advindos do método computacional conhecido como system dynamics - SD. Foi realizado um estudo de caso junto a uma Cooperativa de Laticínios do interior do Estado de São Paulo, no qual modelos de simulação foram construídos baseados na análise prévia dos elementos do sistema. Deste modo, tornou-se possível examinar as relações de causalidade através da construção de cenários alternativos e controle sistemático das variáveis pesquisadas. Do exame dos cenários alternativos e do desempenho do sistema frente aos "distúrbios" aos quais as variáveis são submetidas, natureza do processo de simulação, pôde-se ganhar um maior aprendizado sobre o sistema em estudo.

Palavras chave: Cadeias de suprimento. Pensamento sistêmico. Modelagem computacional.

1. Introdução

O enfoque sistêmico está direcionando cada vez mais os estudos relacionados aos problemas afetos aos agronegócios. Na perspectiva sistêmica, a competitividade empresarial exige eficiência interna e interorganizacional. Nesse sentido, é preciso associar competitividade à organização interna eficiente e aos sistemas de comunicação e coordenação de atividades inter-firmas numa cadeia de produção agroindustrial.

O conjunto de idéias ligadas à noção de cadeia produtiva vem se mostrando muito útil nos últimos anos para pesquisadores e decisores públicos e privados. Entretanto, estas mesmas idéias vêm se mostrando menos eficientes em apontar às empresas ferramentas gerenciais que permitam operacionalizar ações conjuntas que aumentem o nível de coordenação e de eficiência de uma cadeia agroindustrial (BATALHA & SILVA, 1999). Entre estas ferramentas gerenciais destacam-se os sistemas de gestão de custos e ferramentas de otimização logísticas. Estes conceitos devem ser expandidos além das fronteiras da firma para atingir as fronteiras do sistema representado pela cadeia produtiva. Na direção do enfoque gerencial e operacional dos agentes econômicos pertencentes às cadeias produtivas, surge na literatura recente sobre gestão empresarial o conceito de **gestão da cadeia de suprimentos** (*Supply Chain Management - SCM*).

Entretanto, uma questão importante que se apresenta na literatura sobre gestão de cadeias de suprimento é a dificuldade de identificação dos ganhos e benefícios mútuos aos agentes econômicos gerados (ou não!) pela aplicação destes conceitos. Nesse sentido, este trabalho propõe a utilização da abordagem sistêmica do método computacional conhecido como *system dynamics*. Esta abordagem sistêmica pode auxiliar no processo de tomada de decisão.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo propor um método para realizar análises quantitativas de desempenho de configurações operacionais alternativas em cadeias de

suprimentos empresariais. Para mostrar a aplicação do método foi realizado uma aplicação do mesmo junto a uma Cooperativa de Laticínios, no qual um modelo de simulação foi construído baseado na análise prévia dos elementos do sistema. Cabe observar que este trabalho deriva de um projeto de pesquisa financiado pela CAPES.

Este trabalho apresenta no próximo item uma revisão teórica sobre a temática de gestão de cadeias de suprimento e as questões advindas da literatura específica. No item 3, faz-se uma breve apresentação do método de *System Dynamics* e seus principais elementos de modelagem. No item 4, apresenta-se a aplicação do método no estudo de caso de uma rede de produtores rurais e a respectiva usina processadora (laticínio). Por fim, algumas considerações finais são estabelecidas em função dos resultados alcançados.

2. Gestão da cadeia de suprimentos

Uma cadeia de suprimento deve congrega diversas organizações ou agentes econômicos e institucionais, desde os fornecedores de matérias-primas, passando pelas indústrias de transformação e pelos distribuidores e varejistas, para o atendimento das necessidades dos consumidores finais. Segundo Cooper et al. (1997) o conceito de *Supply Chain Management - SCM* - vai além de um novo nome para o conceito de logística. Esses autores utilizam a definição de *SCM* desenvolvida pelo *International Center for Competitive Excellence* (1994): “Gestão da Cadeia de Suprimento é a integração dos processos de negócio, desde o usuário (cliente) final até o fornecedor original, gerando produtos, serviços e informações que agregam valor para o consumidor”.

Com uma abordagem mais quantitativa e voltada para questões de desempenho econômico de uma cadeia de suprimento, Zimmer (2002) ressalta que, diferentemente da logística tradicional, *SCM* envolve a coordenação de empresas gerencialmente independentes que buscam maximizar seus lucros individuais. Embora a performance global de uma cadeia de suprimento dependa da performance conjunta das empresas envolvidas, as metas operacionais individuais podem ser conflitantes e resultar em ineficiência para a cadeia como um todo.

Gilbert & Ballou (1999) vão além destes conceitos e advogam que a melhoria da coordenação em uma cadeia de suprimento envolve a tentativa de um agente de mudar o comportamento de pelo menos um agente através da oferta de algum tipo de incentivo. Na mesma direção, Zimmer (2002) destaca que embora o custo global de uma cadeia de suprimento seja minimizado, pode ocorrer uma situação na qual o custo de um agente seja reduzido enquanto o custo de outro aumenta. Claramente esses autores destacam a questão da melhoria da performance operacional através da redução de custos dos agentes e do sistema como um todo como crucial para ganho de competitividade.

Entretanto, e de acordo com Gilbert & Ballou (1999), embora haja consenso em torno da existência de benefícios advindos da coordenação nas cadeias de suprimento, há muito que ser feito em termos da identificação e quantificação destes benefícios específicos. De acordo com Ballou *et al.* (2000), o desafio está nas situações quando os benefícios da cooperação nas cadeias de suprimento não são facilmente identificáveis e quantificáveis e os mecanismos para alcançar tais benefícios também não são bem estabelecidos. Esses autores ressaltam que as ferramentas e técnicas gerenciais tradicionais não são apropriadas para a gestão inter-organizacional de cadeias de suprimento e que são necessárias novas sistemáticas de gestão de custos (novos sistemas de medição de custos), entre outras.

Novas sistemáticas de apuração de custos a que se referem os autores devem ser capazes de definir e medir custos e outros dados relevantes entre os vários elos para a análise de oportunidades de redução de custos e/ou ganhos de produtividade conjunta em uma cadeia de suprimento. Tentando avançar nessa direção, este trabalho propõe a utilização do método de

SD como uma ferramenta gerencial de apoio à tomada de decisão em (re) projetos de cadeias de suprimentos. No próximo item apresenta-se o método de SD e seus elementos básicos de modelagem.

3. O método de SD - *system dynamics*

A estrutura do SD é formalizada através de modelos de simulação, os quais consistem essencialmente de dois componentes: a rede de estoques e fluxos e a rede de informações. Matematicamente, um modelo de simulação em SD busca representar o mundo como um conjunto de equações diferenciais. A predição do estado do sistema em um dado ponto no futuro é obtido por integração, começando do estado (situação) inicial (BUONGIORNO, 1996). A metodologia busca modelar explicitamente cada relação causal e traçar o comportamento resultante do sistema ao longo do tempo (SMITH AND VAN ACKERE, 2002).

Com o rápido avanço das tecnologias de *software* é possível sem muitas dificuldades construir modelos em SD e testar uma variedade de especificações alternativas. Para representar a estrutura completa do sistema utilizam-se alguns tipos de ícones e definem-se as conexões entre os mesmos. Conectando-se os ícones são geradas as equações diferenciais. Além disso, o programa computacional executa todas as integrações e as únicas operações matemáticas que precisam ser construídas pelo modelador são adição, subtração, multiplicação e divisão. Para cada ícone no modelo, deve haver uma equação o definindo e o relacionando com pelo menos um outro ícone do modelo (COVER, 1996).

Para a modelagem computacional em SD pode-se utilizar alguns programas comerciais disponíveis no mercado tais como os pacotes *Stella®*, *PowerSim®*, *Vensim®* e *ithink®*. Neste trabalho utiliza-se o software *Stella® 5.0* e, portanto, os detalhes dos procedimentos serão relativos a este pacote computacional.

Os elementos básicos de um modelo computacional em SD são basicamente quatro: estoques, fluxos, conversores e conectores. A Figura 1 apresenta os símbolos utilizados para representar os elementos de um modelo em SD. Os estoques são representados por retângulos. Operacionalmente, estoques funcionam como acumuladores. Entretanto, não é necessário que este “estoque” seja apenas resultado de uma acumulação física de bens materiais. Esses “estoques” podem representar, por exemplo, a acumulação de conhecimento que uma organização experimenta num tempo específico.

Estoque e fluxo são agrupados em um modelo juntos como, por exemplo, o conhecimento e o aprendizado, o tamanho de uma população e a taxa de crescimento, entre outros. Assim, estoques e fluxos são inseparáveis e necessários para gerar a mudança ao longo do tempo (dinâmica). Os fluxos são representados na modelagem por um tubo com uma válvula, um regulador de fluxo e uma ou duas setas indicando o sentido do fluxo. Fluxos conservativos drenam um estoque enquanto alimenta outro. Fluxos não conservativos usam o símbolo de nuvem que indica a fronteira do sistema: uma nuvem na fonte de alimentação de um estoque do sistema indica que para o propósito do modelo, é considerado como existente um suprimento “ilimitado” daquele item; uma nuvem na saída de um estoque do sistema indica que uma capacidade “ilimitada” é considerada como existente para absorver aquele fluxo.

Dois outros elementos importantes de um modelo em SD são os conversores (variáveis auxiliares) e os conectores. Conversores são representados por circunferências e podem representar tanto informação quanto quantidades (valores de variáveis). Diferentemente dos estoques, os conversores não acumulam. O valor para um conversor é recalculado em cada “rodada” que os cálculos são realizados (em cada unidade de tempo que o modelo simula o comportamento das variáveis). Os conectores representam o fluxo de informações (setas de

informação), mostrando as relações de influência entre os elementos do modelo. Eles representam as entradas e saídas de dados para os elementos e podem ligar estoques a conversores, estoques a fluxos reguladores, fluxos a fluxos, fluxos a conversores e conversores a outros conversores (STELLA AND STELLA RESEARCH, 1997).

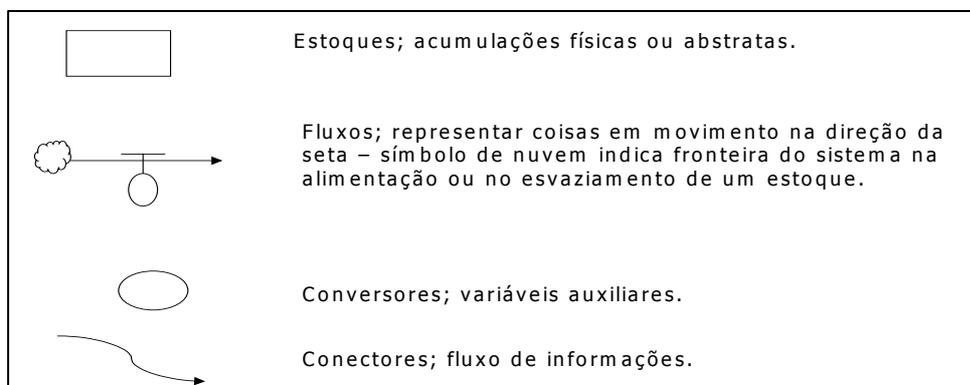


Figura 1 - Elementos básicos de modelagem em *System Dynamics* para o pacote *Stella@5.0* (STELLA and STELLA RESEARCH, 1997).

4. Método de avaliação de cadeia de suprimentos: um estudo de caso

Em modelagem a idéia é representar uma pequena parte da realidade. Quando se modela um problema, deseja-se incluir no modelo uma representação da realidade tanto quanto necessário para gerar um perfeito entendimento do comportamento do problema (COVER, 1996). Uma vez tendo-se um modelo que representa o que está atualmente acontecendo no sistema, tem-se uma ferramenta para explorar várias mudanças no mesmo.

Nesse sentido, realizou-se inicialmente uma delimitação da cadeia de suprimentos que represente uma rede de produtores rurais e a respectiva usina de beneficiamento no interior do estado de São Paulo (Cooperativa de Laticínios), definindo o modelo de referência como sendo composto por uma rede de captação e beneficiamento de leite. Assim, a usina processadora da cadeia de suprimento aqui representada deve ser definida no modelo de referência com uma dada capacidade produtiva e com uma gama de produtos beneficiados. Essa cadeia de suprimento deve ser composta também por um grupo de produtores rurais definidos em número e em volume de produção individual.

O processo de modelagem iniciou-se pela definição do perfil operacional dos produtores rurais a serem representados no modelo e seus respectivos fluxos de fornecimento de leite para a Cooperativa. Buscou-se representar a rede de produtores rurais agrupada em quatro categorias para simplificar o entendimento do processo de modelagem. Estabeleceram-se duas categorias para produtores de leite tipo C e duas para os produtores de tipo B. A primeira classe de produtores de leite C refere-se aos de menor porte (produção diária inferior a 150 litros), com 112 unidades rurais. Outras 26 propriedades, com produção diária média acima de 150 litros, compõem a segunda classe de produtores de leite C. Os produtores de leite B foram classificados também em dois grupos: os de pequeno e grande porte, sendo que o primeiro grupo representava apenas 14% do total de leite B captado.

Um processo de levantamento de dados, via entrevistas com questionários semi-estruturados com 23 produtores rurais e com a participação de funcionários da Cooperativa foi realizado, de tal forma a representar todo o universo e através de um processo de amostragem não-probabilístico. Esse tipo de amostra baseia-se em julgamento pessoal e deve ser utilizada quando características específicas devem ser encontradas na amostra. Este é o caso do

presente estudo, no qual desejava-se encontrar na amostra, representantes de propriedades rurais de diversas capacidades produtivas. Objetivou-se também levantar o perfil operacional da rede de produtores, assim como levantar dados de custos da operação rural, uma vez que as variáveis custo operacional da produção rural e custo operacional do processamento (usina) estão intimamente relacionadas.

A estrutura do modelo (composta pela rede de variáveis auxiliares, estoques e fluxos e a rede de informações) é apresentada na Figura 2. Foram definidos quatro “estoques” no modelo, representando a quantidade de leite recebida pelas usinas do sistema durante o período considerado (mês) por cada grupo de produtores rurais (os quais não estiveram necessariamente em “estoque” e sim, foram processados e comercializados durante o mês). Assim, fica definida a unidade básica de tempo que deverá ser respeitada para os demais elementos do modelo. Os estoques são representados pelos elementos “Vol Recebido G1, Vol Recebido G2, Vol Recebido G3 e Vol Recebido G4”.

Os fluxos de suprimento foram estabelecidos separados pelos grupos de produtores rurais da rede. Cada grupo é representado pelos produtores selecionados, porém analisados de maneira conjunta (todos os produtores somados nos respectivos grupos – os fluxos “Produção Mensal G1, Produção Mensal G2, Produção Mensal G3 e Produção Mensal G4”). Por sua vez, os fluxos de processamento da usina representam o volume de produção mensal de cada grupo de produtores descontadas as quantidades de produto recusadas e refugadas na usina (os fluxos “Vol Refugo 1, Vol Refugo 2, Vol Refugo 3 e Vol Refugo 4”). Deste modo, o fluxo de processamento total (“Processamento Laticínio”) é a soma dos fluxos “líquidos” (descontados pelas taxas de refugos médias apuradas para os grupos – “TaxaRefugo1, TaxaRefugo2, TaxaRefugo3 e TaxaRefugo4”) dos quatro grupos de produtores de leite, os quais são representados pelos elementos de modelagem “Fluxo Proc G1, Fluxo Proc G2, Fluxo Proc G3 e Fluxo Proc G4”.

Os fluxos indicados no modelo apresentam como valor inicial o mês de novembro de 2002. Portanto, a simulação inicia-se por este mês (mês 0 do sistema computacional). O horizonte de tempo determinado para o projeto foi o de 5 anos (60 meses), sendo que todas as variáveis e elementos do modelo devem ser definidas no modelo e terem seu valor calculado para todo este horizonte de tempo.

Buscando representar as variáveis que potencialmente agem sobre o desempenho operacional das propriedades rurais, alguns fatores são estabelecidos no modelo através dos elementos de modelagem variáveis auxiliares (ou conversores). Fatores como a sazonalidade da produção leiteira são descritos de acordo com o período de tempo adequado através da variável “Sazonalidade”. Este fator influencia a produção de leite nas fazendas e, conseqüentemente, influencia a utilização de capacidade tanto de produtores rurais quanto da Cooperativa.

Outras duas variáveis representadas no modelo são as variáveis “AlimManejo123” e “AlimManejo4”. A primeira representa o ganho potencial (porcentual) obtido na produção de leite através do manejo assistido tecnicamente para os grupos de produtores mais “carentes” de assistência técnica (grupos 1, 2 e 3). A segunda representa o ganho potencial para o grupo de produtores que já utiliza técnicas mais adequadas de manejo e alimentação do gado leiteiro (grupo 4 de produtores). Projeta-se também a influência das ações de melhoramento genético (“MelhGenetico”) na produção de leite ao longo do tempo, traduzida em aumento porcentual da capacidade leiteira por animal no sistema de produção das fazendas.

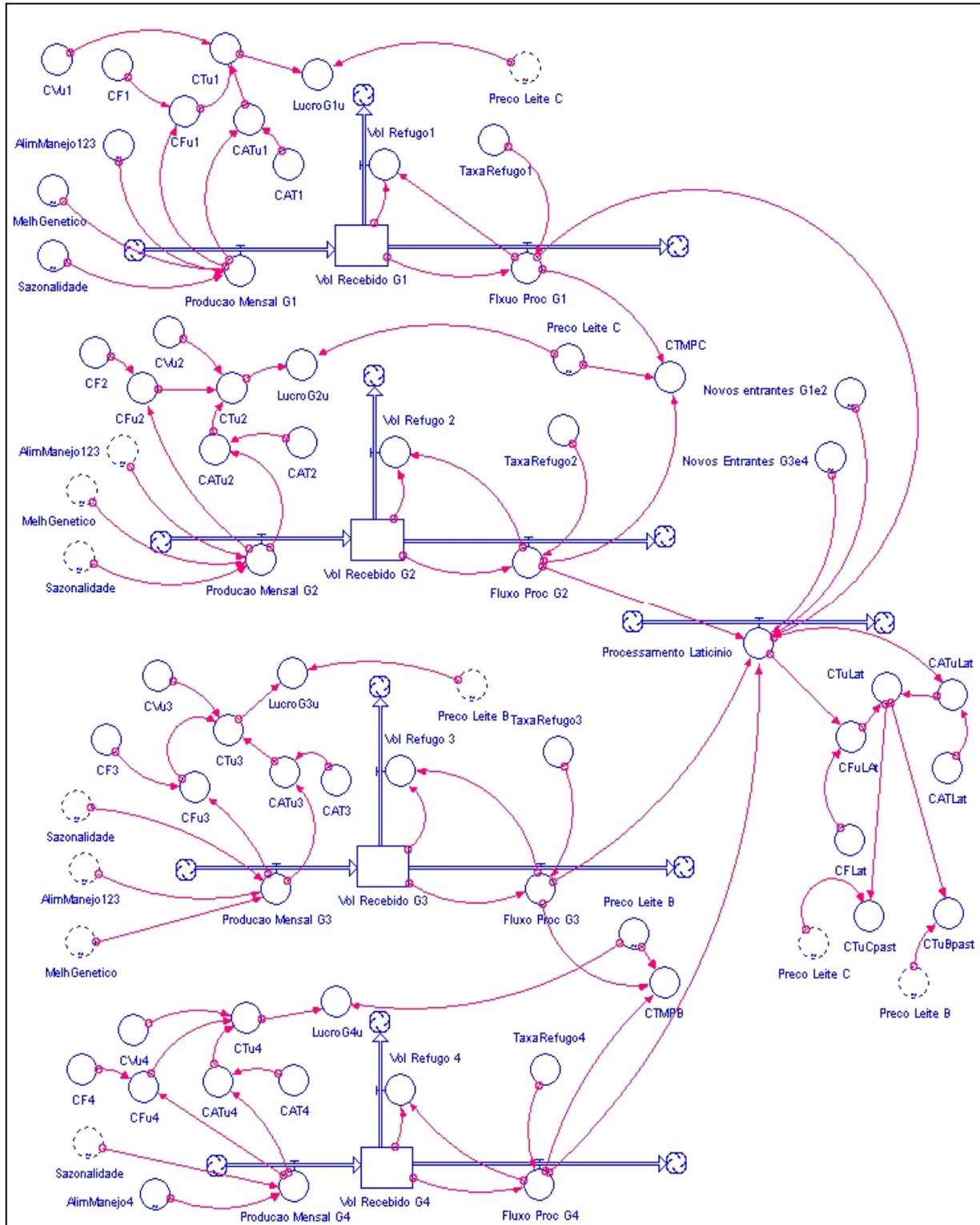


Figura 2 – Estrutura do modelo computacional para representação do sistema

Cabe destacar que todos esses índices foram devidamente estudados e projetados em conjunto com o corpo técnico da Cooperativa. Especificamente a influência da variável “AlimManejo123” foi baseada também em estudos realizados por Novaes et al. (2001). Neste estudo, os autores estudaram durante três anos seis estabelecimentos rurais do interior do Estado de São Paulo (mesma região da Cooperativa em questão), nos quais foram

implantados ações agrícolas (uso intensivo de pastagens para o período de chuvas, cana-de-açúcar mais uréia como suplemento alimentar na seca e controle reprodutivo e sanitário dos animais), ações ambientais (recuperação e conservação da fertilidade do solo, plantio de matas ciliares, controle de efluentes e melhoria da qualidade da água) e alguns aspectos gerenciais (embora não citados em detalhes).

O resultado da simulação pode ser avaliado pela construção das variáveis de custo operacional dos agentes. Os custos variáveis unitários (“CVu1, Cvu2, Cvu3 e Cvu4”) e custos fixos totais mensais médios (“CF1, CF2, CF3 e CF4”) dos grupos produtores rurais foram obtidos na pesquisa de campo. Custos adicionais após o início e aceitação do projeto para os produtores rurais também foram previstos pelo modelo (“CAT1, CAT2, CAT3 e CAT4”). Esses custos adicionais representam um aumento no custo mensal com alimentação e investimentos nas instalações de manejo dos produtores da ordem de 10% do faturamento médio mensal dos produtores dos grupos considerados.

Os custos fixos unitários (“CFu1, CFu2, CFu3 e CFu4”) e custos adicionais unitários (“CATu1, CATu2, CATu3 e CATu4”) são calculados pelo sistema a cada “rodada” do modelo no horizonte de tempo do projeto. Da diferença dos custos unitários totais de cada grupo (“CTu1, CTu2, CTu3 e CTu4”) e dos preços pagos para os leites C e B projetados pela Cooperativa, pode-se prever o resultado operacional unitário de cada grupo de produtores rurais, os quais estão representados no modelo pelas variáveis “LucroG1u”, “LucroG2u”, “LucroG3u” e “LucroG4u”. Estas variáveis do modelo (na verdade representam um lucro ou mesmo um prejuízo operacional) são resultados importantes do modelo de simulação.

Os resultados da simulação evidenciam a existência de ganhos potenciais para os quatro grupos de produtores rurais (Figura 3). Estes resultados mostram uma situação de dificuldades operacionais para os grupos 1, 2 e 3 do modelo, a começar pela situação inicial dos mesmos calculada pelo modelo e por pelo menos durante os primeiros três anos do projeto. A partir do final do terceiro ano de simulação evidencia-se um importante ponto de alavancagem para os produtores do sistema. Este ponto do projeto é o ponto no qual há a efetiva renovação (em qualidade e capacidade de lactação) dos animais da rede fruto do programa de melhoramento genético. Esses resultados mostram que há alternativas para a questão da viabilidade econômica das pequenas propriedades rurais no contexto do agronegócio nacional, desde que as mesmas sejam inseridas em projetos de reestruturação produtiva.

Pode-se esperar também que os custos operacionais de processamento industrial (laticínio) também seja reduzidos. Todavia, neste trabalho projeta-se apenas o resultado da atividade rural. A rentabilidade operacional do laticínio dependerá da comparação entre os custos operacionais e sua performance de mercado. Por sua vez, os custos operacionais dependem fortemente da escala de produção, a qual é fortemente dependente da performance rural da rede. Esta análise complementar deverá ser uma extensão deste trabalho.

5. Considerações finais

Acredita-se que o método proposto neste trabalho seja um ferramental alternativo para auxiliar nos processos de reestruturação organizacional e operacional em cadeias de suprimento empresariais.

Propõe-se que a mesma seja útil no sentido de auxiliar os tomadores de decisão em encontrar um caminho para medir e reportar custos e outras informações gerenciais além das fronteiras da firmas individuais, compartilhando informação sobre o nível dos benefícios e com quais membros eles estão (ou estarão). Além disso, pode-se evidenciar (e evitar) situações que possam colocar alguns membros da cadeia de suprimento em processo de reestruturação em situações piores às anteriores como resultado de sua cooperação.

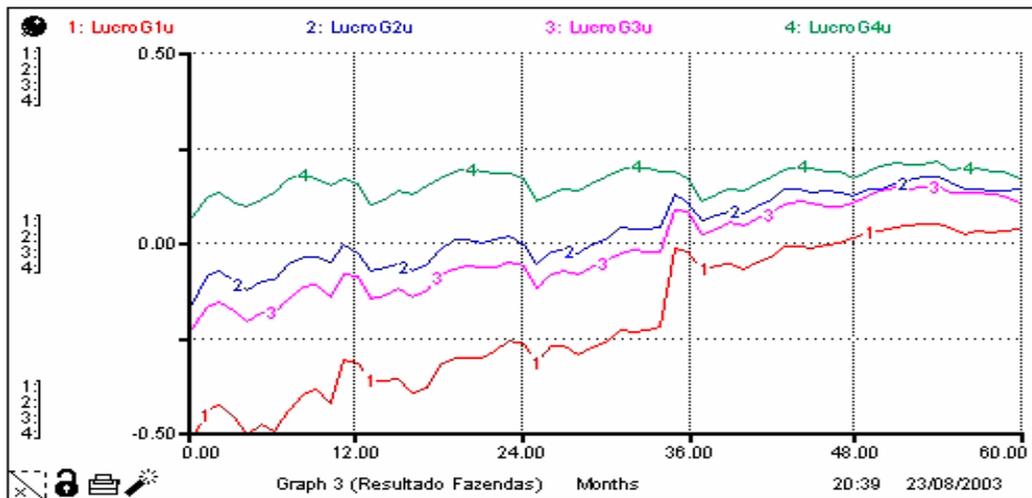


Figura 3 – Rentabilidade operacional para os quatro grupos de produtores rurais do modelo.

Todavia, é importante que o ferramental computacional (o modelo) seja utilizado como um mecanismo de retroalimentação (*feedback*) para verificar a eficácia das projeções das variáveis de simulação e dos resultados operacionais esperados para os agentes. Evidentemente os resultados dependem das considerações e aproximações realizadas para as variáveis de simulação.

Entretanto, destas considerações pode-se dizer que, uma vez aplicada a metodologia, uma das grandes vantagens da mesma torna-se a possibilidade de testar especificações alternativas para funcionamento do sistema. Assim, com grande agilidade e rapidez, um amplo campo de modelos e de cenários alternativos podem ser testados apenas variando o comportamento e as especificações das variáveis do modelo.

Referências

- BALLOU, R.H., GILBERT, S.M. & MUKHERJEE, A. (2000) - New managerial challenges from supply chain opportunities. *Industrial Marketing Management*, v. 29, 7-18.
- BATALHA, M.O. & SILVA, A.L (1999) - Gestão de Cadeias Produtivas: Novos Aportes Teóricos e Empíricos. *Mimeo*, documento preliminar para discussão. São Carlos.
- BUONGIORNO, J. (1996) - Forest sector modeling: a synthesis of econometrics, mathematical programming, and a system dynamics methods. *International Journal of Forecasting*, v. 12, 329-343.
- COOPER, M C. & LAMBERT, D. M. & PUGH, J. D (1997) - Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management*, v.8, number1, 1-13.
- COVER, J. (1996) - *Introduction to System Dynamics*. Powersim Press, Reston, Virgínia.
- GILBERT, S.M. & BALLOU, R.H. (1999) - Supply chain benefits from advanced customer commitments. *Journal of Operations Management*, v.18, 61-73.
- NOVAES, N.J., CAMARGO, A.C., MANZANO, A., ESTEVES, S.N., FREITAS, A.R.de, TUPY, O., MACHADO, R. (2001) - Avaliação de Tecnologias Agropecuárias em Estabelecimentos Familiares com Produção de Leite no Município de São Carlos,SP. XI Congresso de Agropecuária de Leite, Viçosa/MG.
- SMITH, P.C. & VAN ACKERE, A. (2002) - A note on the integration of system dynamics and economic models. *Journal of Economic Dynamics & Control*, v. 26, 1-10.
- STELLA and STELLA Research (1997) - *An Introduction to System Thinking* ©1992-1997 High Performance Systems, Inc.
- ZIMMER, K. (2002) - Supply chain coordination with uncertain just-in-time delivery. *International Journal of Production Economics*, v.77, number 1, 1-15.