

ANÁLISE DO COMPLEXO AGROINDUSTRIAL CITRÍCOLA UTILIZANDO DIAGRAMAS DE INFLUÊNCIA

Ruy Cordeiro Accioly

Universidade Federal de São Carlos
Rod. Washington Luis, km 235

Reginaldo Santana Figueiredo

Universidade Federal de São Carlos
Rod. Washington Luis, km 235

ANÁLISE DO COMPLEXO AGROINDUSTRIAL CITRÍCOLA UTILIZANDO DIAGRAMAS DE INFLUÊNCIA

Ruy Cordeiro Accioly

Universidade Federal de São Carlos
Rod. Washington Luis, km 235

Reginaldo Santana Figueiredo

Universidade Federal de São Carlos
Rod. Washington Luis, km 235

Abstract: *The purpose of this paper is to present the causal loop diagram method. For that purpose, a qualitative modeling of the system was accomplished through the Feedback Cycles Diagrams, making it possible to understand that citrus agriculturists make decisions on planting based on incorrect and sometimes twisted information. That is due, mainly to the production lead time, which spreads for four years*

Keywords: *agribusiness model, causal loop diagram, system dynamics*

1. Introdução

Um estudo de *System Dynamics* começa com a identificação de um problema que necessita ser resolvido ou um comportamento indesejável que precisa ser corrigido ou evitado, utilizando conceitos da área de controle de realimentação (*feedback*) para organizar a informação em um modelo de simulação. A simulação resultante revela implicações do comportamento do sistema representado pelo modelo. A partir dos resultados obtidos pode-se aprender mais sobre o sistema real modelado ou, até mesmo, atuar sobre ele. Portanto, *System Dynamics* é uma metodologia de análise do comportamento de sistemas dinâmicos.

A metodologia se apoia em um conjunto de técnicas que inclui modelagem qualitativa, quantitativa e simulação computacional. Ela permite determinar de que maneira e com que magnitude mudanças nos processos decisórios afetam o comportamento dinâmico do sistema.

O comportamento dinâmico de qualquer sistema é causado principalmente por suas estruturas de ciclos de realimentação (SWANSON, 1969). Esses ciclos formam a estrutura central que controla as variações em todos os sistemas (figura 1). São portanto, as estruturas ao redor das quais os modelos de sistemas dinâmicos são construídos (FORRESTER, 1992).

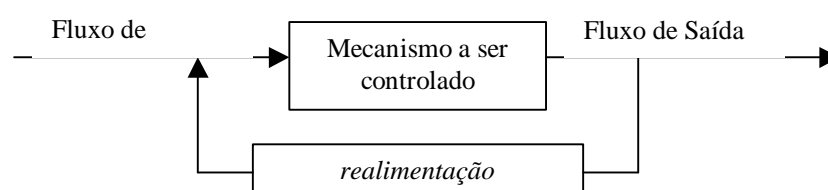


Figura 1 – Sistema de realimentação.

O controle de realimentação é realizado ao retroalimentar a saída, para que seja comparada com um valor de referência. Uma ação corretiva é então tomada para trazer o processo de volta aos limites desejados. Isto implica que o sistema tem algum estado desejado relativamente estável. Se o controle é baseado na diferença entre o estado desejado e a saída real, é conhecido como realimentação negativa. A realimentação positiva ocorre quando a saída real é somada ao valor desejado (ou valor de referência).

As decisões gerenciais ocorrem dentro de uma estrutura que pertence a uma classe geralmente conhecida como sistemas de realimentação de informação, ou digamos, dentro de um processo de ciclos de realimentação e tempos de espera (atrasos). Nestes sistemas, as variáveis relevantes estão organizadas num ciclo de relações de causa-efeito que operam continuamente para determinar seu comportamento. Pode-se dizer que um sistema de realimentação de informação existe quando uma situação, ou um meio, conduz a uma decisão cujo resultado é uma ação que afeta o meio, ou situação, que por sua vez conduzirá a futuras decisões. Nestes sistemas o processo regenerativo é contínuo: as ações criam novos resultados que por sua vez promovem novas ações mantendo o sistema em contínuo movimento. O estudo destes sistemas nos ajuda a entender de que maneira o volume da ação corretiva e o período de atraso entre os componentes interconectados podem desenvolver efeitos indesejáveis.

Além dos ciclos de realimentação, outra característica fundamental para System Dynamics é a noção de atraso ao se transmitir e receber informações. O atraso consiste no tempo decorrente entre a ação e a reação, ou seja, o tempo necessário para que o tomador de decisão perceba o resultado (reação) de sua ação.

Este trabalho visa apresentar uma técnica de modelagem qualitativa, que é muito aplicada na metodologia System Dynamics. Este método de estruturação de problemas através dos diagramas de influência ou causa e efeito se apoia em estruturas de ciclos de realimentação que conferem o comportamento dinâmico do sistema.

2. Método de Análise Qualitativa: Diagrama de Influência

As atividades econômicas e industriais são formadas por sistemas de realimentação informativa, sendo essenciais por oferecerem um comportamento que não é evidente na observação das partes em separado. Os modelos desses sistemas devem preservar essas estruturas que originam grande parte do comportamento dinâmico.

Como uma ação se nutre em outra e finalmente volta à primeira, isto causa instabilidade, que é equivalente à “busca contínua de equilíbrio” nos servomecanismos mecânicos.

Um método para formulação de modelos não deve pressupor o caráter linear ou a estabilidade do sistema. Um modelo tem que representar adequadamente demoras de tempo, ampliações e distorções da informação. Alguns fatores que se destacam em uma análise estática podem não existir, ou não ser importante, em um modelo dinâmico.

Geralmente começa-se a modelagem com uma estrutura contínua (não estocástica) das decisões do sistema para, posteriormente, agregar as influências periódicas. As hipóteses a respeito da estrutura devem ser feitas antes que se inicie a coleta de dados sobre o sistema real.

Tendo uma estrutura razoável, que esteja de acordo com o conhecimento descritivo do sistema, pode-se iniciar a etapa seguinte que consiste em atribuir valores numéricos possíveis aos coeficientes, dado que estes deverão representar as características identificáveis do sistema real. Depois, pode-se alterar o modelo, caso esteja em desacordo com a realidade.

Geralmente, o processo de modelagem em System Dynamics inicia-se com o entendimento dos ciclos de realimentação que compõem o sistema, através da elaboração

dos diagramas de enlaces causais (ou diagramas de influência). Eles são utilizados para compreender a estrutura geral do sistema, e não seus detalhes, sendo portanto, mantidos deliberadamente simples.

Esses diagramas apresentam um modo simples de mapear a interação entre os elementos de um sistema de realimentação. Seu objetivo é mostrar como alguns fatores influenciam outros. Utilizam a mesma “linguagem” dos arquétipos – elos causais entre elementos. Sua estrutura é mais flexível, ou seja, os diagramas não presumem um modelo preexistente no qual temos de encaixar à força a situação. Esses diagramas mostram também o caráter das relações, por exemplo, indicando se um aumento em uma variável faz com que outra também aumente ou diminua.

Segundo PIDD (1998) os diagramas de influência utilizados em System Dynamics são similares aos mapas cognitivos aplicados na abordagem interpretativa SODA (*Strategic Options Development and Analysis* – Desenvolvimento e Análise de Opções Estratégicas), sendo classificados como uma metodologia da Pesquisa Operacional Soft.

As abordagens *soft* tem por objetivo ajudar o tomador de decisão a lidar com problemas complexos por meio de uma modelagem qualitativa, que permite explorar as diferentes visões sobre o problema, determinar pontos importantes e guiar a discussão sobre o assunto. Elas partem do princípio de que um problema pode ser definido de diversas formas, dependendo do ponto de vista do analista.

O mapa cognitivo, segundo ARAÚJO FILHO (1998), “*se constitui em uma técnica de modelagem bastante apropriada para situações problemáticas que são predominantemente descritas por noções qualitativas. Pode complementar, nesse sentido, a abordagem convencional da Pesquisa Operacional na medida em que seu uso pode e deveria preceder a utilização de técnicas quantitativas já que estas têm como pressuposto básico que a situação a ser modelada já se encontra estruturada*”. Trata-se de uma técnica muito mais flexível que as técnicas quantitativas convencionais, pois enquanto essas últimas envolvem um julgamento, a priori, dos ganhos a serem obtidos com o investimento na modelagem de uma situação, o mapeamento, na medida em que pode ser utilizado de forma incremental, avaliando-se os ganhos obtidos a cada passo, pode se constituir em mero exercício de reflexão acerca da situação problemática ou em atividade mais cuidadosa envolvendo a compreensão de uma situação bastante complexa.

As potencialidades das técnicas qualitativas não residem apenas nas comparações acima, mas no fato de buscar apresentar uma visão estruturada de uma situação problemática, produzindo uma representação organizada da forma como um indivíduo crê que uma situação emergiu e de como os diferentes aspectos da situação se interrelacionam.

Trata-se, além disso, de uma técnica que não pressupõe que haja por parte de quem está relatando a situação uma forma de pensar já coerente e interligada, com objetivos e metas já conhecidos, ou mesmo com alternativas de ação já delineadas. É no processo de construção do mapa que se ganha conhecimento, que os relatos fragmentados ou exploratórios passam a fazer sentido, que as alternativas de ação emergem e que se obtém indícios ou caminhos através dos quais a complexidade de uma situação problemática pode ser compreendida.

Através da utilização dos diagramas pode-se observar concretamente os ‘*insights*’ que o mesmo proporciona, além de permitir visão mais estruturada, levando ao discernimento de alternativas de ação que até então não foram consideradas. Em muitas situações a construção dos mapas para a análise de problemas específicos nem chega a ser concluída, pois durante o processo já se encontram alternativas de ação satisfatórias.

Atualmente, as aplicações abrangem a política, economia, medicina, engenharia, entre outros, procurando mostrar como as alterações em um sistema ocorrem ao longo de um intervalo de tempo.

Segundo SENGE (1997), o processo de diagramação segue resumidamente os passos abaixo:

- selecionar um problema e coletar os dados pertinentes;
- identificar as variáveis-chave;
- representar graficamente o comportamento dessas variáveis-chave ao longo do tempo;
- mapear os elos causais entre variáveis-chave, identificando as relações mais significativas;
- identificar os enlaces reforçadores e equilibradores de realimentação implícitos no mapa;
- formular hipóteses relacionando a estrutura do mapa à dinâmica do problema identificado;
- testar essas hipóteses através da coleta de dados, modelação e outros meios.

Um diagrama é composto por setas que indicam o fluxo de causalidade, pelos sinais “+” (mais) e “-” (menos), representando a polaridade das relações (figura 2).

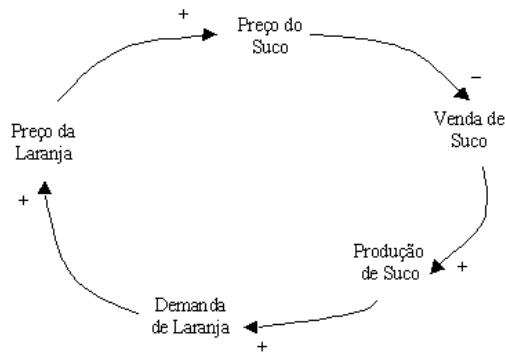


Figura 2 - Diagrama de enlace causal representando a influência do preço do suco de laranja sobre a demanda (ACCIOLY,2001).

Utiliza-se o “+” para indicar que duas variáveis se movem na mesma direção. Por exemplo, aumentando a produção de suco, aumenta a demanda por laranjas. Inversamente, um sinal de menos indica que as duas variáveis se movem em sentido oposto. Por exemplo, um aumento no preço do suco de laranja diminui o volume de vendas. A polaridade global dos enlaces de realimentação é indicada pelos sinais localizados no centro dos enlaces.

Geralmente utiliza-se a letra “R” para identificar os ciclos de realimentação positivos (ciclo de reforço), e a letra “C” para os ciclos de realimentação negativos (ciclo de equilíbrio).

Além dessas, utilizam-se também as outras simbologias da figura 3.


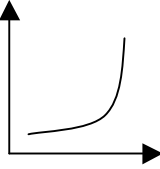

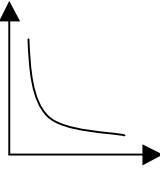
Realimentação	Simbologias		
Reforço	R		
Equilíbrio	C		

Figura 3 – Simbologia utilizada na identificação de ciclos de realimentação (ACCIOLY,2001).

O ciclo de reforço (R) é composto por setas positivas (+) e/ou por um número par de setas negativas (-), enquanto o ciclo de equilíbrio (C) é formado por um número ímpar de setas negativas (-), além das setas positivas.

3. Estudo de Caso: O Complexo Agroindustrial Citrícola

Um sistema que tenha sido descrito verbalmente pode ser modelado e analisado através de alguma técnica de modelagem, tal como o método dos diagramas de influência. Em System Dynamics utiliza-se, sequencialmente, os diagramas “enlace causal” e “estoques e fluxos”.

Durante a década de 70, o setor citrícola como um todo experimentou forte crescimento, motivado pelo constante aumento das exportações de suco de laranja concentrado e congelado (SLCC), e pelo volume de recursos subsidiados, que possibilitou a aquisição, pelos citricultores, de máquinas, equipamentos e insumos (GROSSI, 1996).

O aumento da demanda internacional por SLCC, nas décadas de 70 e 80, estimulou a produção do suco no Brasil e, conseqüentemente, o aumento dos pomares de laranja. O desempenho na década de 80 foi favorecido pela frequência de geadas na Flórida ocorridas em 1981, 1982, 1983, 1985, 1986 e 1989 (DI GIORGI, 1994). Para SUED apud GROSSI (1996), o volume de subsídios e incentivos fiscais foram mais significativos que as geadas da Flórida.

Porém, os anos de glória vividos nas décadas de 70 e 80 não se repetem na década de 90. Como, desde 1989, não ocorreu mais geada na Flórida, os EUA recuperaram sua citricultura. Conseqüentemente, verificou-se a queda das exportações para os Estados Unidos, cuja participação nas exportações brasileiras de suco concentrado diminuiu de 47% em 1980 para 18,1% em 1995 (AMARO, 1997). Em vista disso, o setor resolveu buscar novas soluções e explorar outros segmentos de mercado. A estratégia, vista por MAIA (1994), AMARO (1997) e COSTA (2000), seria o aquecimento da demanda interna por suco de laranja nas mais variadas formas de suco pronto para o consumo: reconstituído, pasteurizado, feito na hora, entre outras.

A cadeia de produção agroindustrial do SLCC, até a década de 80, estava estruturada por três segmentos básicos: bens de capital e insumos para citros, citricultura e agroindústrias de processamento de laranja. A safra de laranja era destinada, principalmente, para produção de SLCC ou para o consumo “*in natura*”.

Na década de 90, o quadro favorável dos anos 80 reverteu-se, surgindo os primeiros sinais de crise. A queda das exportações de SLCC geraram um excedente de laranjas no mercado interno. Em vista disso, o setor resolveu explorar novos segmentos de mercado. Uma estratégia para absorver esse excesso de laranjas do setor, seria o aquecimento da demanda interna por suco. Como consequência, observou-se uma tendência do setor citrícola em direção à exploração do mercado interno, nas diversas formas de suco de laranja embalado: reconstituído (*single strenght*), integral pasteurizado e fresco (feito na hora, *fresh juice*).

A figura 4, apresenta a estrutura simplificada do complexo agroindustrial citrícola após a adoção da nova estratégia de explorar o mercado interno de suco de laranja, na década de 90.

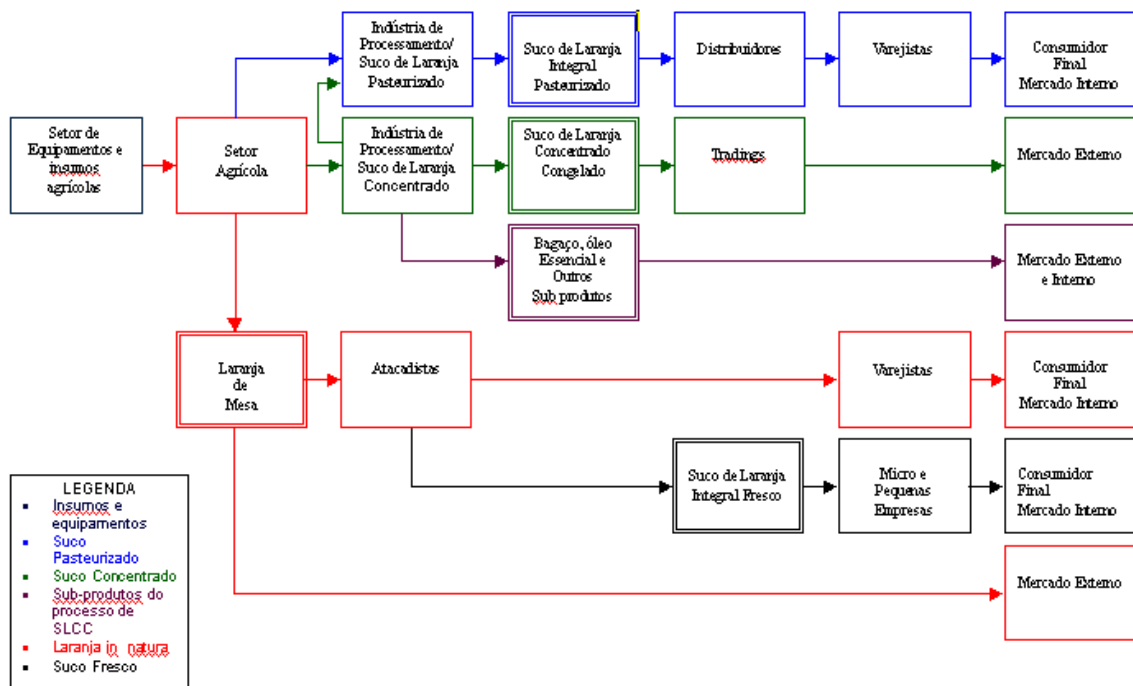


Figura 4 - Estrutura do Complexo Agroindustrial Citrícola - após a década de 90 (ACCIOLY,2001).

Uma forma de estruturar o problema ocorrido no setor citrícola nos anos 90 seria através dos diagramas de influência.

O diagrama da figura 5 foi construído para estruturar e analisar as principais relações de influência do sistema real.

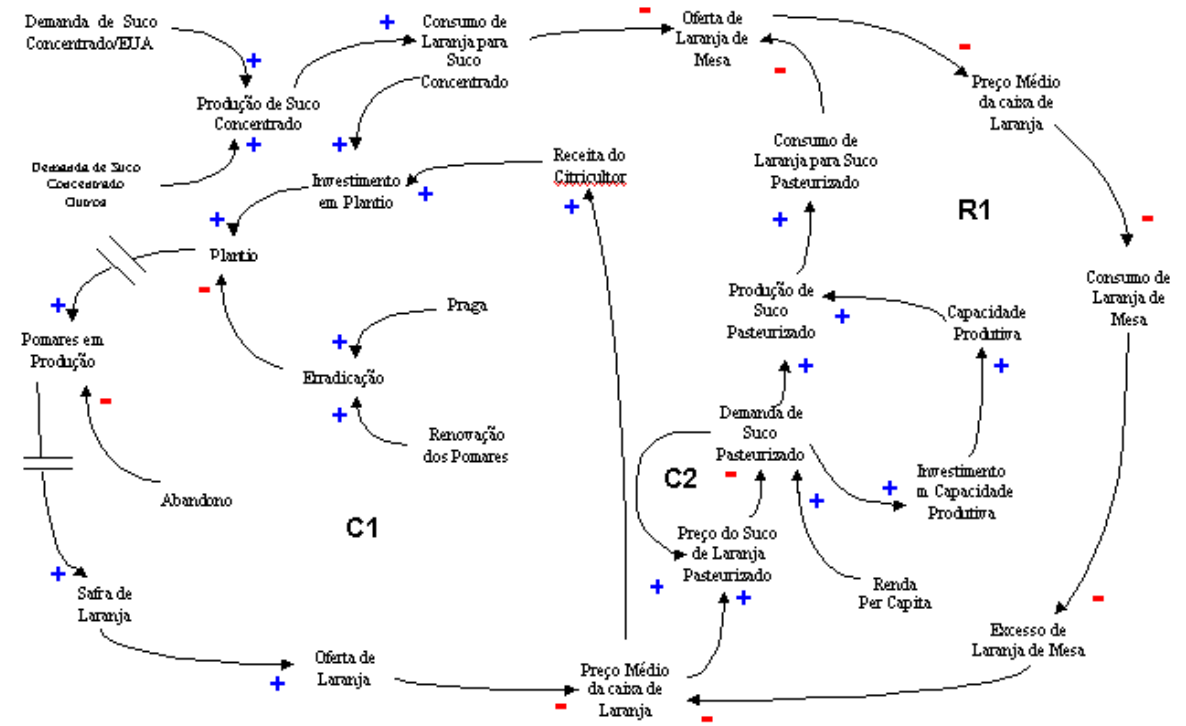


Figura 5 – Diagrama de Enlace Causal para o Complexo Agroindustrial Citrícola (ACCIOLY, 2001).

Nele destacam-se três ciclos de realimentação, sendo dois de equilíbrio (C1 e C2) e um de reforço (R1).

Em C1, um aumento dos pomares em produção implica em um aumento da safra de laranja, após um atraso de 1 ano. Isto gera aumento da oferta, redução do preço médio da caixa de laranja, redução da receita do citricultor, redução do investimento em plantio, redução do plantio, redução dos pomares em produção, após um atraso de 4 anos e, finalmente, uma redução da safra de laranja.

Em C2, um aumento do preço do suco de laranja pasteurizado gera uma redução na demanda do suco, que provoca, finalmente, uma redução do preço.

Em R1, um aumento do consumo de laranja para suco pasteurizado diminui a oferta de laranja, que gera aumento no preço médio da caixa de laranja, redução no consumo de laranja, aumento do excesso de laranja, redução no preço médio da caixa de laranja, redução no preço do suco pasteurizado, aumento na demanda do suco, aumento na produção de suco, finalizando com aumento do consumo de laranja para suco pasteurizado.

Cabe ressaltar que em R1 o ciclo de realimentação age reforçando a ação da variável de entrada, no caso “consumo de laranja para suco pasteurizado”, enquanto que em C1 e C2 a ação é oposta.

4. Conclusões:

Quanto ao método aplicado, percebe-se que os diagramas de influência também são adequados ao estudo do comportamento de sistemas econômicos agroindustriais, e que tanto podem servir de apoio à tomada de decisão, como auxiliar o processo de planejamento estratégico. Permitem uma estruturação sistêmica do problema, análise racional e aquisição de conhecimento sobre o sistema real. Conseguem-se perceber relações de influência no sistema, não perceptíveis numa análise baseada simplesmente na intuição

ou experiência, principalmente em sistemas agroindustriais sujeitos a grandes atrasos entre plantios e colheitas, e vários fatores aleatórios, como clima e pragas.

A laranja por ser um produto perecível não pode ser estocada, causando problemas ao sistema citrícola quando ocorre um excesso de oferta não comercializado.

A partir do diagrama de ciclos de realimentação pode-se perceber que o excesso de oferta de laranja depende de uma série de fatores, sendo o preço médio da caixa de laranja o mais importante para a decisão de investimento em plantio. Porém, tal decisão se baseia em preços de safra resultante dos pomares plantados a quatro anos atrás.

Acrescentando a essa situação os fatos de que os citricultores são em número elevado, não há coordenação e a informação é incompleta, conclui-se que as decisões são tomadas sob racionalidade limitada e as reações de suas ações não são intuitivas.

Em sistemas com essas características, é mais produtivo analisar o comportamento de suas variáveis, do que tentar prever algum resultado.

Deve ficar claro que, por mais complexo que seja um modelo, ele jamais representará fielmente o sistema real. Além disso, podemos obter vários modelos, elaborados sob diferentes visões de diferentes analistas, para um mesmo problema. O diagrama desenvolvido para o estudo do CAI citrícola não é único ou definitivo, devendo ser alterado ou expandido para o estudo de um novo problema, ou até mesmo deste mesmo problema.

5. Bibliografia

- AMARO, Antonio Ambrosio & MAIA, Maria Lúcia. Produção e comércio de laranja e de suco no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, vol. 27, n. 7, p. 11-23, Jul, 1997.
- ACCIOLY, C. Ruy. **Análise da influência do mercado de suco pasteurizado sobre o comportamento da oferta de laranjas: utilizando a metodologia system dynamics**. São Carlos: UFSCar, 2001. 164 p. Dissertação – UFSCar.
- ARAÚJO FILHO, Targino de, YAMASHITA Fabio E., YAMAMOTO Gustavo. Mapeamento cognitivo: reflexões quanto ao seu conteúdo e uso. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18^o, 1998, Niterói. **Anais**
- COSTA, Edson Alvares, CORDEIRO, Ellen, ORICOLLI, Silvio. Hábitos de consumo emperram indústria de suco. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 12 de Janeiro de 2000. Seção Agribusiness, p. B-20, c.1.
- Di GIORGI, Fábio. Mitos da citricultura: ruptura e modernização. **Laranja**, Cordeirópolis, 15(2), p. 85-95, 1994.
- FORRESTER, Jay W. Policies, decisions and information sources for modeling. **European Journal of Operational Research**, North Holland, V. 59, n. 1, p. 42-63, 1992.
- GROSSI, Mauro E. Del. Aspectos da competitividade da agroindústria de suco de laranja no Brasil. **LEP**, Campinas, (2):3-16, jun, 1996.
- MAIA, Maria Lúcia & AMARO, Antonio Ambrosio. Estrutura do mercado de suco cítrico no Brasil, **Laranja**, Cordeirópolis, 15(1), p. 55-68, 1994.
- SENGE, P.M. **A quinta disciplina**: caderno de campo: estratégias e ferramentas para construir uma organização que aprende. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997. 543 p.
- SWANSON, Carl V. Design of resource control and marketing policies using industrial dynamics, **IMR**, spring, p. 61-76, 1969.