

## **APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY PARA AVALIAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA DE COOPERATIVAS DE PRODUÇÃO.**

*FUZZY LOGIC APPLICATION FOR ECONOMICAL-FINANCIAL  
PERFORMANCE EVALUATION OF PRODUCTION COOPERATIVES.*

**Oleg Khatchatourian**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil

**Jaciara Treter**

Universidade de Cruz Alta, Brasil

---

### **ABSTRACT**

In this work a methodology based on Fuzzy Logic was developed for classification and evaluation of Economical-financial Performance of production cooperatives. Continuous scales were introduced and Fuzzy Logic based sub-models, were created to evaluate Own Capital Return, Payment Capacity and Capital Structure of a production cooperative. By applying the developed model, the Performance dynamics of two production cooperatives (Coopermil and Cotricampo) was analyzed in a 5 year's period.. Evaluations carried out through numeric simulation in order to analyse the influence of several indicators on a production cooperative performance and expert evaluations showed good correlation.

**Keywords:** Production cooperative; Economical-financial Performance; Artificial Intelligence; Fuzzy Logic; Mathematical Modeling.

### **RESUMO**

Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia baseada em Lógica Fuzzy para classificação e

---

Recebido em/*Manuscript first received*: 08/04/2009 Aprovado em/*Manuscript accepted*: 07/01/2010  
Endereço para correspondência/ *Address for correspondence*

*Oleg Khatchatourian*, Professor Titular, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Departamento de Física, Estatística e Matemática, Rua São Francisco, 501, Bairro São Geraldo, 98700-000, Ijuí - RS, Brasil, Tel: (55) 3332-0200, fax. 3332-9100, E-mail: olegkha@unijui.edu.br

*Jaciara Treter*, Professora Adjunto, Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Rua Andrade Neves, 308, 98025-810, Cruz Alta - RS, Brasil, Fone/Fax: (55) 3321-1500, E-mail: jacitreter@ig.com.br

ISSN online: 1807-1775

Publicado por/*Published by*: TECSI FEA USP – 2010

avaliação de Desempenho Econômico-financeiro das cooperativas de produção. Foram introduzidas as escalas contínuas e criados submodelos baseados em Lógica Fuzzy para avaliar Retorno sobre o Capital Próprio, Capacidade de Pagamento e Estrutura de Capital de uma cooperativa de produção. Aplicando o modelo desenvolvido foi analisada a dinâmica de desempenho de duas cooperativas de produção (Coopermil e Cotricampo) no período de 5 anos. As avaliações realizadas pelas simulações numéricas para análise de influência de vários indicadores sobre desempenho de uma cooperativa de produção e as avaliações periciais mostraram uma boa correlação.

**Palavras-chaves:** Cooperativa de produção; Desempenho Econômico-financeiro; Inteligência Artificial; Lógica Fuzzy; Modelagem Matemática.

## INTRODUÇÃO

A economia do Estado do Rio Grande do Sul tem forte relação com agricultura e depende muito de organizações cooperativas que operam com volumes financeiros bastante elevados. A situação financeira e econômica destas cooperativas diferencia significativamente entre si e varia bastante de um ano para outro. Em geral, a Contabilidade, através da técnica de análise de balanços, pode diagnosticar a “saúde” financeira e econômica da empresa. Mesmo assim, a variação simultânea dos critérios principais, às vezes, não permite entender se a situação de uma cooperativa melhorou ou piorou. Por essa mesma razão, fica difícil comparar o desempenho global de várias cooperativas. Nestas condições, é muito difícil para dirigentes das cooperativas tomarem as decisões certas, pois o resultado da análise multicriterial deixa vários caminhos para transformações.

O problema da comparação de várias cooperativas é relacionado com a análise de quantidade significativa de dados e pode ser acelerado através de aplicação de vários métodos numéricos.

Existe um número grande de pesquisas sobre o problema de seleção dentro de um número fixo de alternativas direcionadas às aplicações específicas. No passado, a programação matemática multiobjetiva foi considerada como um método mais efetivo de tomada de decisões (Bevilacqua, Petroni, 2002). Infelizmente, estes métodos juntamente com os métodos de teorias de utilidades multiatributos, de aproximações hierárquicas e de desagregação de preferências são limitados pelos dados quantitativos (Boclin & Mello, 2006). Os métodos baseados nos conjuntos Fuzzy ou combinados com Lógica Fuzzy permitem considerar os fatores quantitativos e qualitativos simultaneamente e apresentam as vantagens:

1. Nível de representação de conhecimento mais alto: a codificação pode ser feita em termos linguísticos.
2. Possibilidade de agregar as avaliações de vários peritos (até com opiniões opostas): os modelos Fuzzy podem unir as avaliações (Cox, 1994; Mendel & Wu, 2002).
3. Possibilidade de modelagem de sistemas muito complexos (Kreinovich, et al., 1998; Nguyen & Sugeno, 1998).

Apesar do número significativo de trabalhos e métodos baseados na Lógica Fuzzy, relacionados com problemas econômico-financeiros em várias áreas, não parecem existir publicações sobre aplicações da Lógica Fuzzy para análise econômico-financeira de cooperativas, em particular, de crédito e de produção. Esse constitui, portanto, um campo fértil de investigações.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma metodologia de classificação baseada em Lógica Fuzzy para obter um diagnóstico sobre o desempenho das cooperativas de produção.

Os objetivos específicos deste trabalho são seguintes:

1. Criar modelos matemáticos baseados em Lógica Fuzzy para avaliar Retorno sobre Capital Próprio, Capacidade de Pagamento e Estrutura do Capital de uma cooperativa, introduzindo as escalas contínuas para avaliações destas características.
2. Usando esses modelos como submodelos, desenvolver um modelo global para avaliação de Desempenho Econômico-financeiro das cooperativas de produção.
3. Aplicar o modelo desenvolvido para avaliar a dinâmica de desempenho de duas cooperativas de produção (Coopermil e Cotricampo) no período de 5 anos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS (MODELO MATEMÁTICO).**

Neste trabalho foi utilizada uma combinação dos métodos similares aos métodos da árvore de decisão “*top-down*” proposto por Wehenkel (2003), MCDM - *Multiple-Criteria Decision-Making* (Kevin, 2007), QFD - *quality function deployment* (Akao, 1999; Erol & Ferrell, 2003) e AHP - *analytic hierarchy process* (Handfield et al., 2002, Lai et. al., 2002), aplicando a Lógica Fuzzy (*soft decision trees*) para operações entre variáveis. As etapas principais do método usado foram: decomposição (estabelecimento de critérios e indicadores), ranqueamento (determinação dos pesos e relações entre variáveis) e síntese (criação de submodelos e modelo global).

### **1. Definição de indicadores**

Para avaliação de Desempenho Econômico-financeiro de uma cooperativa podem ser analisados critérios como Retorno sobre o Capital Próprio, Capacidade de Pagamento e Estrutura de Capital (Brigham e Houston, 1999; Gentry, 2006; Gitman, 2002; Matarazzo, 2003). Cada critério por sua vez depende de conjunto de índices correspondentes. Por exemplo, avaliação de Retorno sobre o Capital Próprio de cooperativa de produção é baseada na análise de Giro de Ativo, Lucratividade sobre Vendas, Retorno sobre o Ativo, e Participação do Capital de Terceiros. Os índices para avaliação de Capacidade de Pagamento são Liquidez Geral, Corrente, Seca e Imediata. Para avaliação de Estrutura de Capital utilizam Imobilização do Patrimônio Líquido e Grau de Imobilização do Ativo. Estes indicadores e critérios são apresentados na Figura 1 que apresenta o esquema de avaliação de Desempenho Econômico-financeiro de uma cooperativa. Mesmo que esta análise seja baseada nos valores numéricos dos

indicadores, a avaliação final de Retorno sobre o Capital Próprio, Capacidade de Pagamento, Estrutura de Capital e, finalmente, do Desempenho Econômico-financeiro global da cooperativa será feita em valores linguísticos (por exemplo, “ruim”, “regular”, “razoável”, “bom”, “excelente”, etc.).

A avaliação deste tipo depende muito da experiência profissional do perito que precisa conhecer o mercado no qual a organização está atuando, saber quais os melhores e piores indicadores financeiros de organizações do mesmo setor, conhecer as políticas econômicas vigentes no país na época de realização do trabalho e avaliar o seu impacto sobre os resultados apurados. O custo elevado dessas perícias impede avaliação contínua de desempenho das cooperativas, apesar de variação instantânea das suas características.

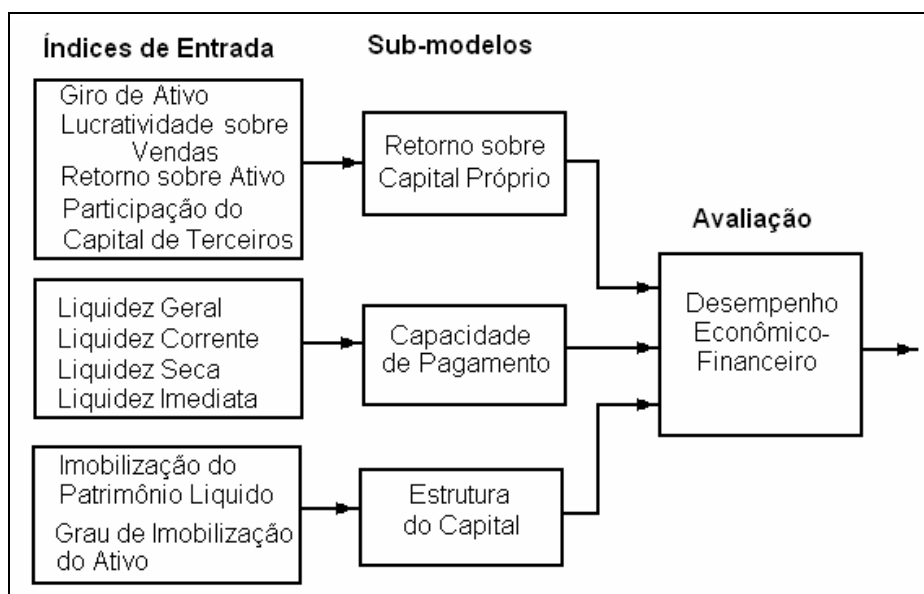


Figura 1 - Fluxograma do modelo utilizado.

## 2. Modelagem Fuzzy de avaliação de cooperativas.

A Lógica Fuzzy (*lógica nebulosa, difusa*) transforma as expressões verbais, imprecisas ou qualitativas em valores numéricos e tem ampla aplicação em modelagem de vários sistemas (Zadeh, 1965 e 1990; Shaw & Simões, 1999). Funções de pertinência Fuzzy são alguns dos aspectos fundamentais de sistemas Fuzzy.

A função de pertinência  $\mu_A(x)$  representa para cada elemento  $x \in U$  ( $U$  é o universo de discurso) o grau de possibilidade de pertencer ao subconjunto  $A$  ( $A \subset U$ ), i.e., associa um número real  $\mu_A(x) \in [0, 1]$  com cada elemento  $x \in U$ .

Para as variáveis de entrada foram assumidos cinco conjuntos Fuzzy com funções de pertinência, descritas por cinco variáveis linguísticas (Figura 2). As funções de pertinência de variáveis de entrada foram escolhidas na forma de distribuição

Gaussiana. Esta distribuição é bastante flexível e simples, pois se determina somente pelos dois parâmetros, e permite obter as dependências suaves (sem as variações bruscas das derivadas). As funções de pertinência para variáveis de saída têm forma triangular, mais adequada quando o número de variáveis é elevado (Figura 3).

### 2.1 Submodelo de Retorno sobre o Capital Próprio.

O submodelo de lucratividade possui quatro variáveis de entrada e uma de saída. Por exemplo, a Figura 2 mostra as funções de pertinência para Giro de Ativo. Na base de avaliação pericial foi assumido o intervalo de variação de Giro de Ativo entre 0 e 4.

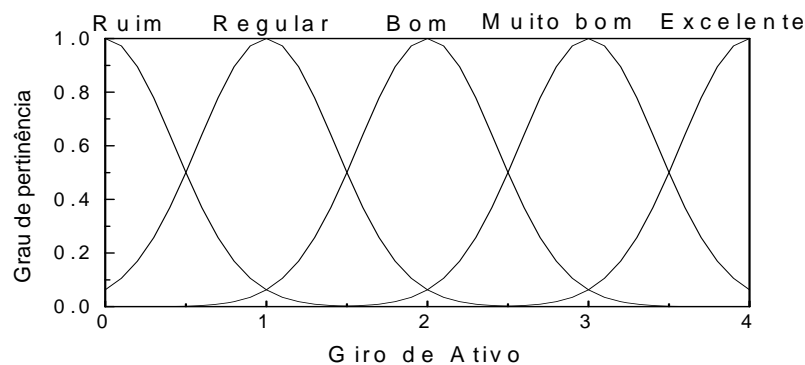


Figura 2 - Funções de pertinência para Giro de Ativo.

As funções de pertinência para Lucratividade sobre Vendas, Retorno sobre o Ativo e Participação do Capital de Terceiros são parecidas e distribuídas sobre os intervalos [0;5], [0;20], [0;8], respectivamente.

A Figura 3 apresenta as funções triangulares de pertinência escolhidas para avaliar Retorno sobre o Capital Próprio de uma cooperativa de produção. O intervalo para avaliação quantitativa é de zero até um, que corresponde à avaliação em termos linguísticos de “Ruim” até “Excelente”.

Após a definição de funções de pertinência foi escolhido sistema de “regras” (Fig 4) e um modelo de *defuzzification*. Cada regra consiste de duas partes: “if” (situação) e “then” (ação do sistema Fuzzy), por isso o número máximo de “regras” para modelo de Retorno sobre o Capital Próprio é  $5^4 = 625$ .

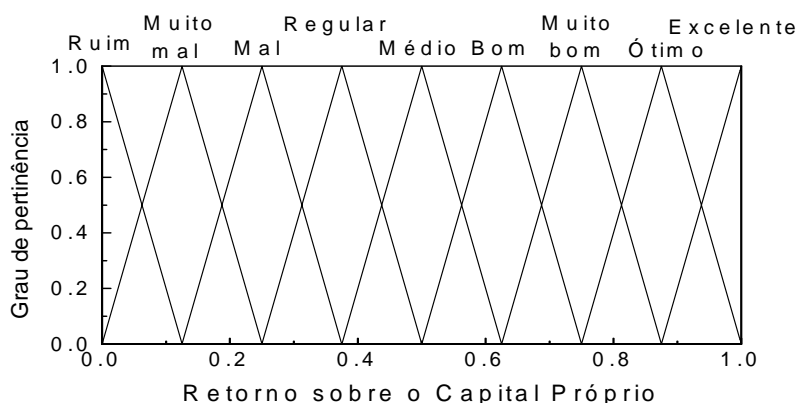


Figura 3 - Funções de pertinência para Retorno sobre o Capital Próprio.

O mapa de regras (Figura 4) associa os conjuntos de entrada com determinadas saídas, criando um modelo matemático do objeto considerado. Neste trabalho as ações do sistema Fuzzy para cada situação foram baseadas nos dados de literatura (Brigham e Houston, 1999; Gentry, 2006; Gitman, 2002; Matarazzo, 2003) e em uma análise integrada de avaliações de especialistas (gerentes financeiros de algumas cooperativas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul e alguns professores universitários com experiência na área).

Como modelo de *defuzzification* (uma transformação de um conjunto Fuzzy em único valor) foi escolhido o método de centróide (Kreinovich, et al., 1998), o método mais utilizado, que retorna o centro de área limitada pela curva.

|           |               |            |                            |            |                     |            |                                      |             |                               |
|-----------|---------------|------------|----------------------------|------------|---------------------|------------|--------------------------------------|-------------|-------------------------------|
| <b>if</b> | Giro do Ativo | <b>and</b> | Lucratividade sobre Vendas | <b>and</b> | Retorno sobre Ativo | <b>and</b> | Participação do Capital de Terceiros | <b>then</b> | Retorno sobre Capital Próprio |
|           | <b>is</b>     |            | <b>is</b>                  |            | <b>is</b>           |            | <b>is</b>                            |             | <b>is</b>                     |
|           | Ruim          |            | Ruim                       |            | Ruim                |            | Regular                              |             | Ruim                          |
|           | Regular       |            | Regular                    |            | Regular             |            | Bom                                  |             | Muito mal                     |
|           | Bom           |            | Bom                        |            | Bom                 |            | Excelente                            |             | Mal                           |
|           | Muito bom     |            | Muito bom                  |            | Muito bom           |            | Médio                                |             | Regular                       |
|           | Excelente     |            | Excelente                  |            | Excelente           |            | Ruim                                 |             | Médio                         |
|           |               |            |                            |            |                     |            |                                      |             | Bom                           |
|           |               |            |                            |            |                     |            |                                      |             | Muito bom                     |
|           |               |            |                            |            |                     |            |                                      |             | Excelente                     |

Figura 4 - O mapa de regras para o modelo de Retorno sobre o Capital Próprio.

Nas Figuras 5-9 são apresentados os resultados de simulações numéricas do critério de Retorno sobre o Capital Próprio obtidos pelo submodelo desenvolvido. O sistema Fuzzy proposto foi desenvolvido no ambiente computacional MATLAB.

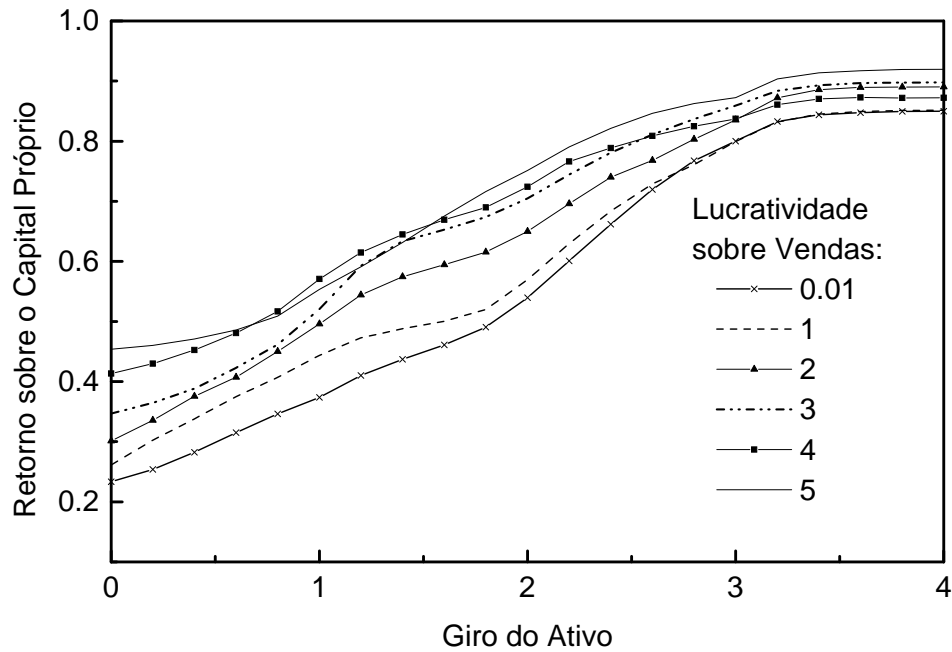


Figura 5 - Dependência de Retorno sobre o Capital Próprio de Giro do Ativo para vários valores de Lucratividade sobre Vendas (simulação); Índice de Retorno sobre o Ativo=10; Índice de Participação do Capital de Terceiros =4.

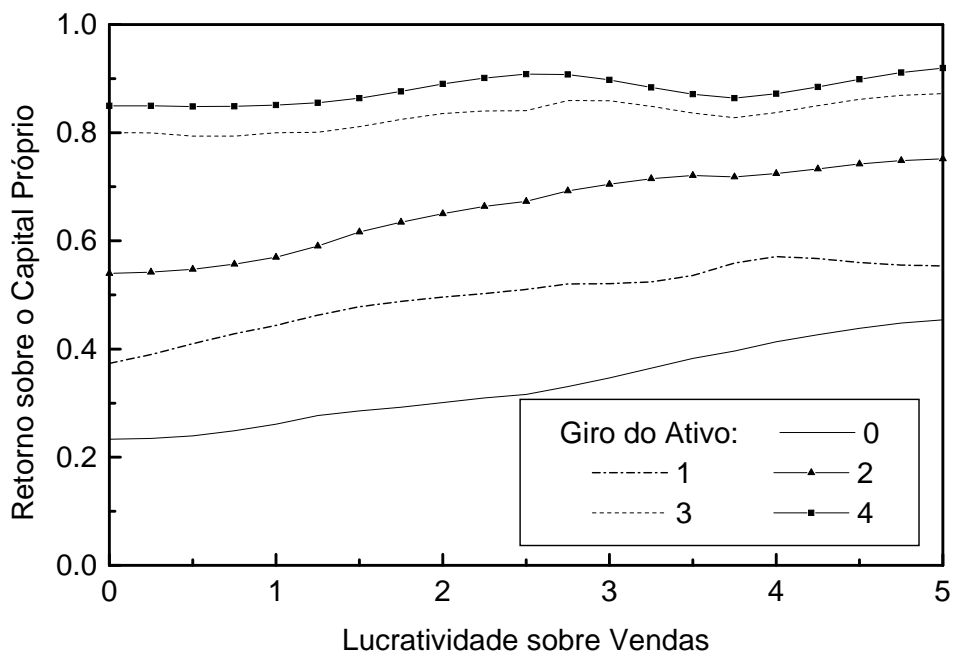


Figura 6 - Dependência de Retorno sobre o Capital Próprio de Lucratividade sobre Vendas para vários valores de Giro do Ativo (simulação); Índice de Retorno sobre o

Ativo=10; Índice de Participação do Capital de Terceiros =4.

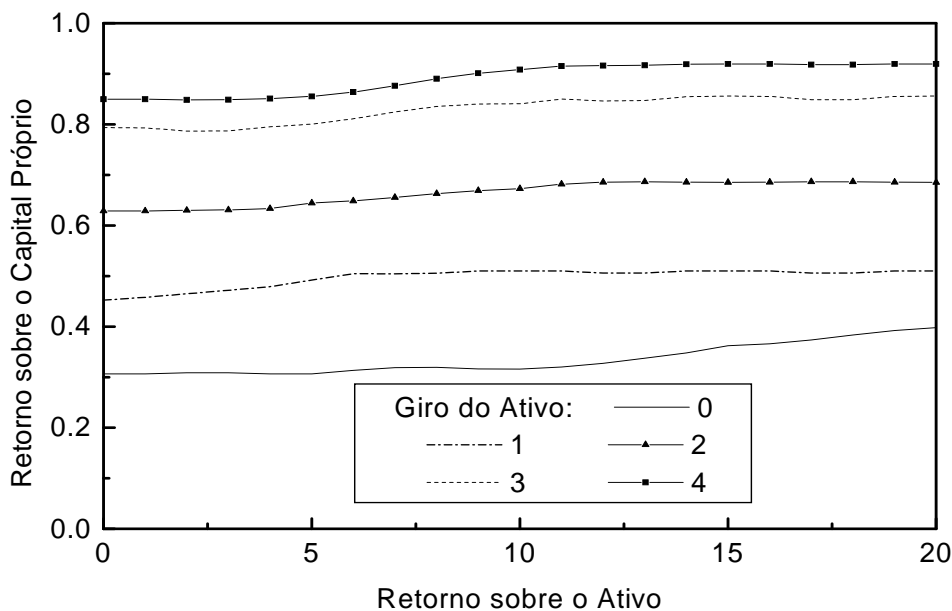


Figura 7 - Dependência de Retorno sobre o Capital Próprio de Retorno sobre o Ativo para vários valores de Giro do Ativo (simulação); Índice de Lucratividade sobre Vendas=2.5; Índice de Participação do Capital de Terceiros =4.

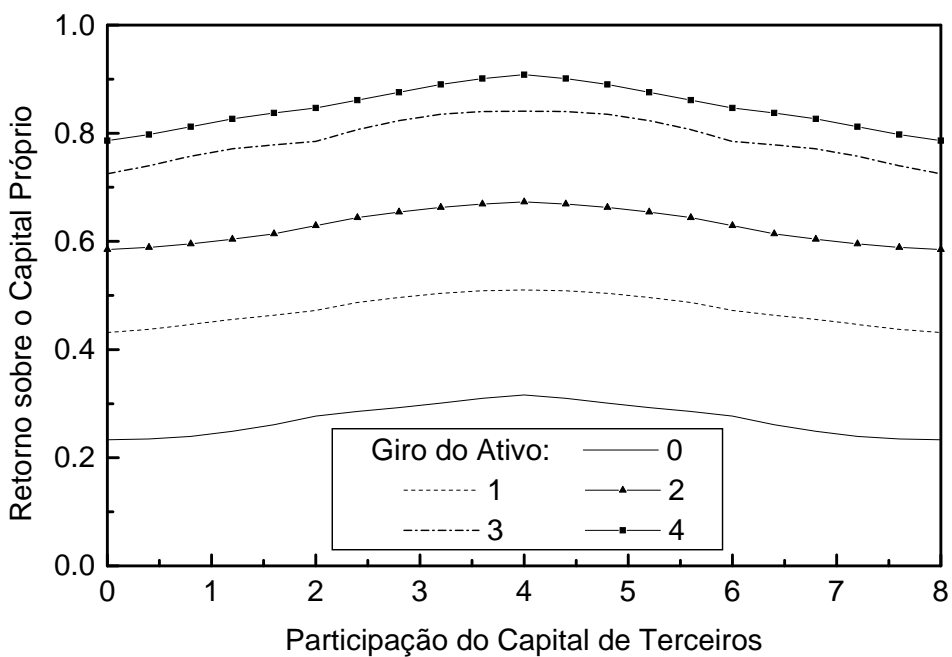


Figura 8 - Dependência de Retorno sobre o Capital Próprio de Participação do



Capital de Terceiros para vários valores de Giro do Ativo (simulação); Índice de Lucratividade sobre Vendas=2.5; Índice de Retorno sobre o Ativo =10.

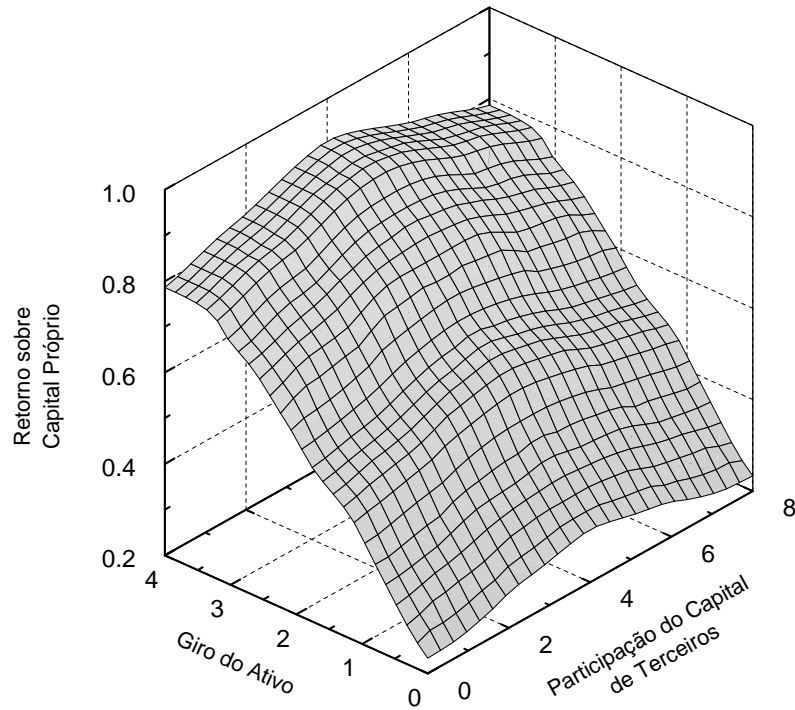


Figura 9 - Variação de Retorno sobre o Capital Próprio como função de Giro do Ativo e Participação do Capital de Terceiros para valores fixos de Retorno sobre Ativo=10 e Lucratividade sobre Vendas = 2.5 (simulação).

A análise destas simulações sugere que o Giro de Ativo é um indicador mais influente sobre Retorno sobre o Capital Próprio (Figura 5) em comparação com as dependências deste critério de Lucratividade sobre Vendas (Figura 6), de Retorno sobre Vendas (Figura 7) e de Retorno sobre Patrimônio Líquido (Figura 8). A Figura 9 mostra uma superfície que apresenta a influência simultânea de duas variáveis (Giro do Ativo e Participação do Capital de Terceiros) no Retorno sobre o Capital Próprio.

## 2.2 Submodelo de Capacidade de Pagamento

No submodelo de Capacidade de Pagamento, as funções de pertinência para Liquidez Geral, Liquidez Corrente, Liquidez Imediata e Liquidez Seca são distribuídas sobre os intervalos [0; 3], [0; 3], [0.01; 3], [0.01; 0,1], respectivamente. O intervalo para avaliação quantitativa de Capacidade de Pagamento varia de zero até um (em termos linguísticos de “Ruim” até “Excelente”). As funções de pertinência para avaliar Capacidade de Pagamento são triangulares.

Figura 10 apresenta os resultados de simulação numérica da influência de Liquidez

Geral sobre o critério de Liquidez para vários valores de Liquidez Corrente. Crescimento dos indicadores considerados resulta um aumento de valor do critério, i.e, uma melhora de Liquidez. Os pontos (triângulos abertos) apresentam uma estimacão pericial de Capacidade de Pagamento feita para quatro valores de Liquidez Geral (0; 1.0; 2.0; 3) mantendo Liquidez Corrente = 1.5, Liquidez Seca = 1.5, Liquidez Imediata = 0.05. A coincidência dos dados simulados e estimados  razoável (o coeficiente de determinao  $R^2 = 0.9807$ ). A superfície na Figura 11 apresenta a influencia simultânea de Liquidez Geral e Liquidez Corrente sobre Capacidade de Pagamento.

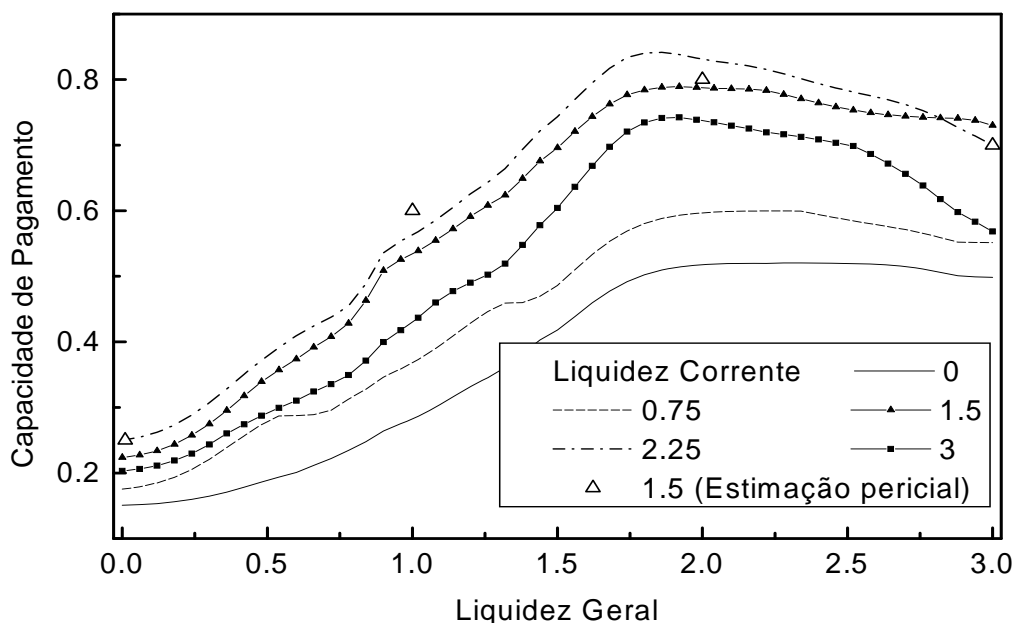


Figura 10 - Dependência de Capacidade de Pagamento de Liquidez Geral para vários valores de Liquidez Corrente (simulao); Liquidez Seca = 1.5; Liquidez Imediata=0.05.

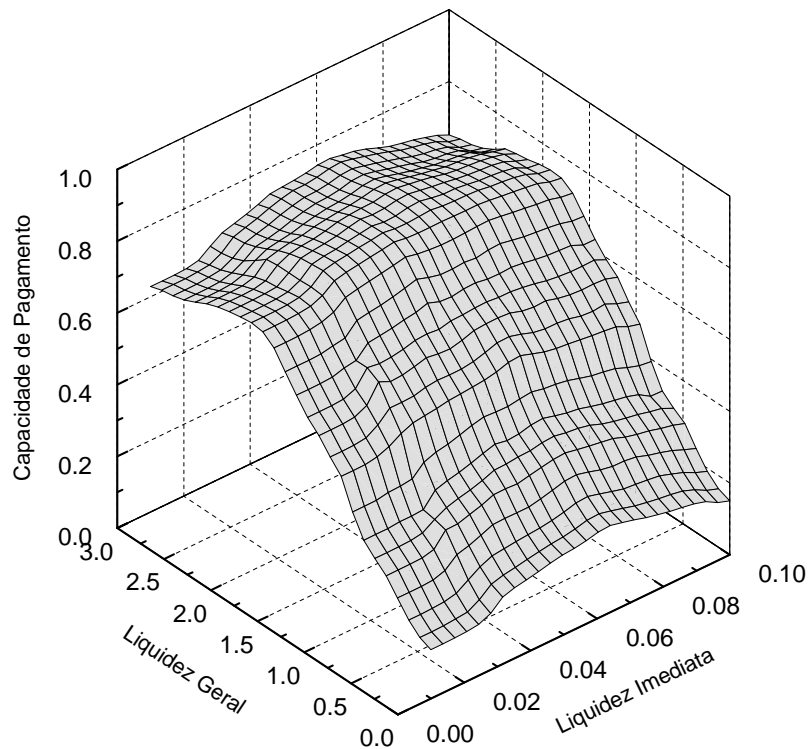


Figura 11 - Variação de Capacidade de Pagamento como função de Liquidez Geral e Liquidez Imediata para valores fixos de Liquidez Seca=1.5 e Liquidez Corrente = 1.5 (simulação).

### 2.3 Submodelo de Estrutura do Capital

A estrutura do Capital no trabalho proposto depende de duas variáveis: Imobilização de Patrimônio Líquido e Grau de Imobilização do Ativo, que variam nos intervalos  $[0; 2]$  e  $[0; 1]$ , respectivamente. Como os outros critérios, a qualidade de Estrutura do Capital também foi avaliada no intervalo de 0 até 1. A superfície na Figura 12 apresenta o modelo desenvolvido. Pode-se observar que existe uma coincidência razoável entre uma estimativa pericial (os pontos-esferas) e o modelo (o coeficiente de correlação de Pearson = 0.955).

### 2.4 Avaliação do Desempenho Global de uma Cooperativa

A contribuição de cada critério considerado ( $C_1$ =Retorno sobre o Capital Próprio,  $C_2$ =Capacidade de Pagamento e  $C_3$ =Estrutura do Capital) no Desempenho Econômico-financeiro de uma Cooperativa tem um próprio peso  $w_i$  ( $i=1,2,3$ ) e depende de objetivos principais de cada Cooperativa. O Desempenho Econômico-financeiro  $D$ , neste trabalho, foi calculado pela fórmula:

$$D = \sum_{i=1}^3 w_i C_i$$

(1)

Onde:  $C_i$  é valor numérico de critério  $i$  ( $i=1,2,3$ ),  $w_i$  é peso de cada critério.

Os pesos satisfazem à relação:

$$\sum_{i=1}^3 w_i = 1, \quad (2)$$

por isso o Desempenho Econômico-financeiro  $D$  varia no mesmo intervalo que  $C_i$ , i.é, de 0 até 1 (de “Ruim” até “Excelente”).

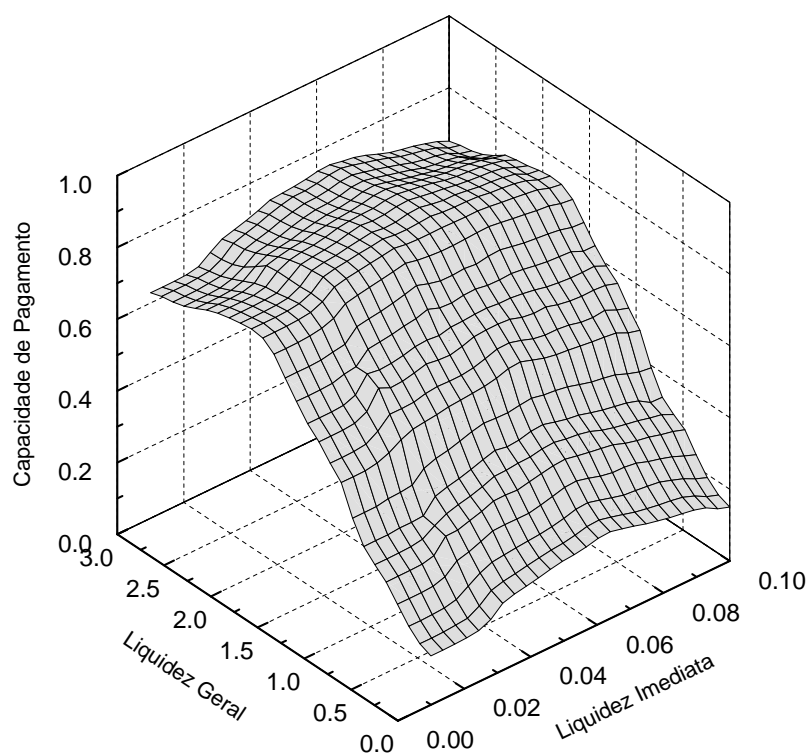


Figura 11 - Variação de Capacidade de Pagamento como função de Liquidez Geral e Liquidez Imediata para valores fixos de Liquidez Seca=1.5 e Liquidez Corrente = 1.5 (simulação).

Dessa forma, foi criado um modelo matemático para avaliação de desempenho de cooperativas de produção. O modelo consiste de três camadas: camada de entrada, camada de submodelos e camada de integração das avaliações intermediárias. Baseado neste modelo, foi simulada a influência de vários indicadores sobre Desempenho Econômico-financeiro das cooperativas (Figuras 13-15).

Por exemplo, a Figura 13 apresenta a influência do Giro de Ativo sobre o

Desempenho Econômico-financeiro das Cooperativas de produção para vários valores da Lucratividade sobre Vendas. A influência de Imobilização do Patrimônio Líquido e o Grau de Imobilização do Ativo sobre Desempenho Econômico-financeiro da Cooperativa de produção é mostrada na Figura 14. A Figura 15 mostra a influência da Liquidez Geral e da Liquidez Corrente sobre o Desempenho Econômico-financeiro da Cooperativa de produção.

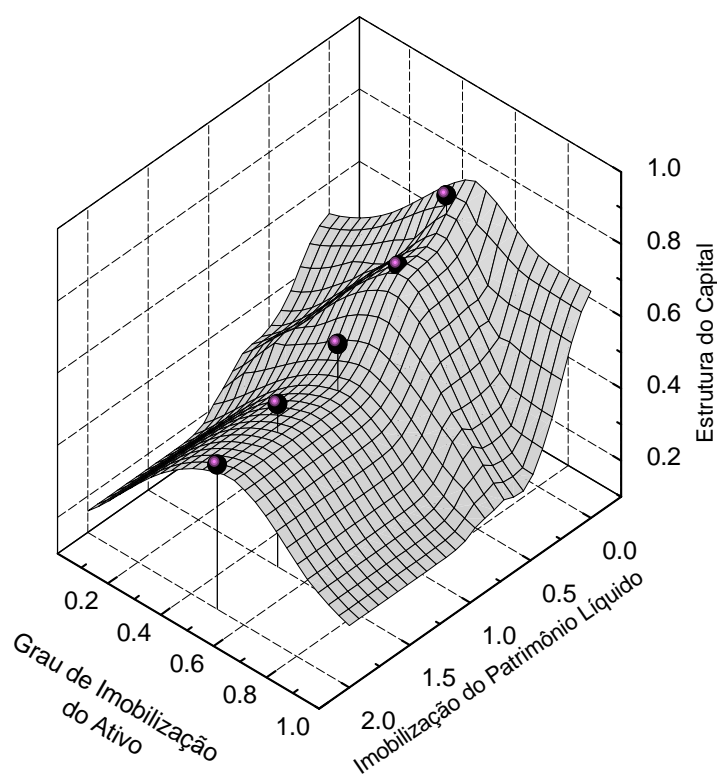


Figura 12 - Variação de Estrutura do Capital como função de Grau de Imobilização do Ativo e Imobilização do Patrimônio Líquido (simulação).

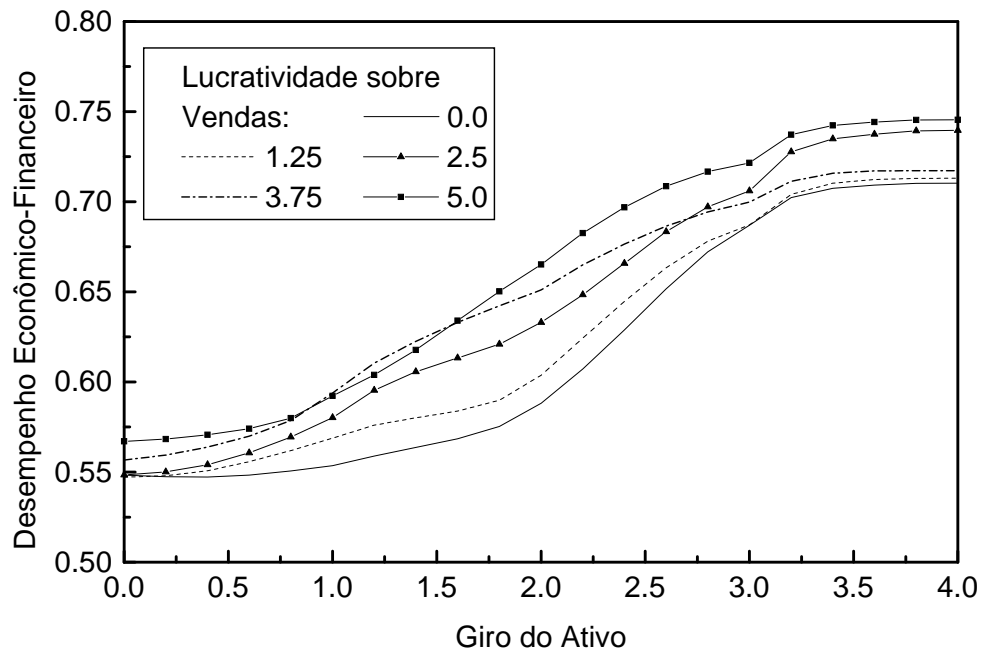


Figura 13 - Influência do Giro do Ativo e Lucratividade sobre Vendas no Desempenho Econômico-financeiro de uma Cooperativa de Produção (simulação).

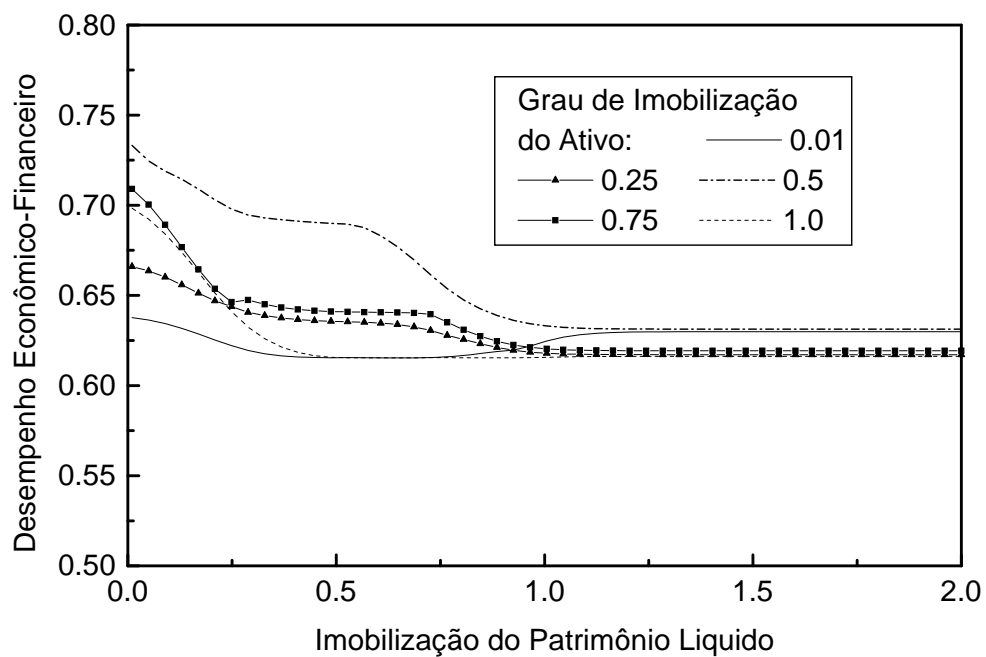


Figura 14 - Influência de Imobilização do Patrimônio Líquido e Grau de Imobilização do Ativo no Desempenho Econômico-financeiro de uma Cooperativa de Produção (simulação).

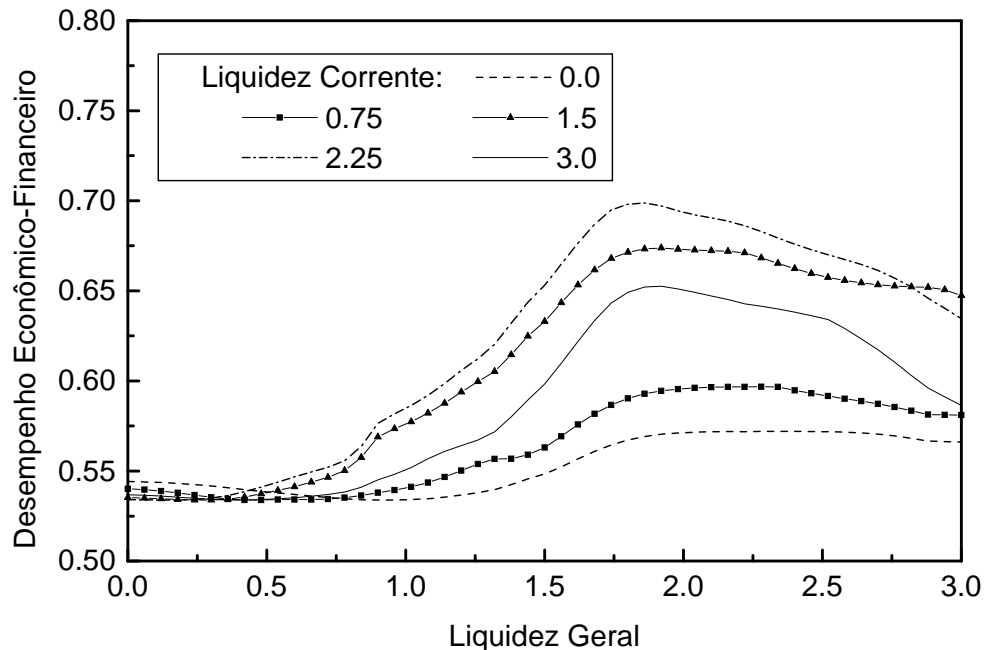


Figura 15 - Influência de Liquidez Geral e Liquidez Corrente no Desempenho Econômico-Financeiro de uma Cooperativa de Produção (simulação).

Os gráficos permitem escolher a combinação destes indicadores para chegar ao desempenho satisfatório ou determinar como mudar os parâmetros para melhorar este desempenho.

### 3 Dinâmica de Desempenho Econômico-Financeiro de Cooperativas de Produção Coopermil e Cotricampo

Para aplicação prática do modelo desenvolvido foi avaliada a dinâmica de desempenho de duas Cooperativas de produção, Coopermil e Cotricampo. Os indicadores (dados de entrada para modelo) obtidos pelos balanços financeiros estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

Nas Figuras 16-18 são mostradas as variações de critérios principais para avaliação, simulados pelos submodelos.

A Figura 16 mostra que o Retorno sobre o Capital Próprio da Coopermil cresceu com cada ano, atingindo finalmente um valor satisfatório. O Retorno sobre o Capital Próprio de Cotricampo alcançou seu valor máximo em 2002, voltando depois a decrescer linearmente com cada ano. O nível de Retorno sobre o Capital Próprio para essa cooperativa ficou um pouco baixo do nível médio no mercado.

Tabela 1 - Os indicadores da Cooperativa Coopermil nos anos 2000-2004.

| Indicador                  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|
| Giro do Ativo              | 1.71 | 2.1  | 2.3  | 2.62 | 2.22 |
| Participação do CT         | 1.61 | 1.67 | 1.7  | 2.27 | 2.18 |
| Retorno sobre o ativo      | 0.15 | 2.53 | 4.61 | 4.54 | 5.15 |
| Lucratividade sobre Vendas | 0.09 | 1.21 | 2.01 | 1.73 | 2.32 |
| Liquidez Geral             | 1.23 | 1.15 | 1.14 | 1.07 | 1.06 |
| Liquidez Corrente          | 1.38 | 1.54 | 1.53 | 1.34 | 1.35 |
| Liquidez Seca              | 0.79 | 0.88 | 1    | 1.34 | 1.35 |
| Liquidez Imediata          | 0.06 | 0.08 | 0.05 | 0.06 | 0.09 |
| Imobilização do PL         | 1.58 | 1.70 | 0.77 | 0.84 | 0.88 |
| Imobilização do Ativo      | 0.6  | 0.64 | 0.28 | 0.26 | 0.27 |

Tabela 2 - Os indicadores da Cooperativa Cotricampo nos anos 2000-2004.

| Indicador                  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|
| Giro do Ativo              | 1.79 | 2.36 | 2.47 | 2.42 | 2.1  |
| Participação do CT         | 2.24 | 2.7  | 3.2  | 5.2  | 4.16 |
| Retorno sobre o ativo      | 0.91 | 1.61 | 2.54 | 1.28 | 2.06 |
| Lucratividade sobre Vendas | 0.51 | 0.68 | 1.03 | 0.53 | 0.98 |
| Liquidez Geral             | 1.09 | 1.03 | 1.06 | 1.02 | 1.03 |
| Liquidez Corrente          | 1.34 | 1.27 | 1.31 | 1.15 | 1.17 |



|                       |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| Liquidez Seca         | 0.77 | 0.65 | 0.65 | 0.83 | 0.8  |
| Liquidez Imediata     | 0.05 | 0.11 | 0.05 | 0.06 | 0.08 |
| Imobilização do PL    | 0.79 | 0.92 | 0.81 | 0.89 | 0.86 |
| Imobilização do Ativo | 0.24 | 0.25 | 0.19 | 0.14 | 0.16 |

A Capacidade de Pagamento para as duas cooperativas piorou ao longo do tempo considerado e ficou em um nível bastante baixo em comparação com a liquidez de melhores cooperativas (Figura 17).

A Estrutura de Capital no período analisado também tem uma tendência estável de piorar (Figura 18), chegando a um nível bastante baixo em comparação com o valor médio no mercado.

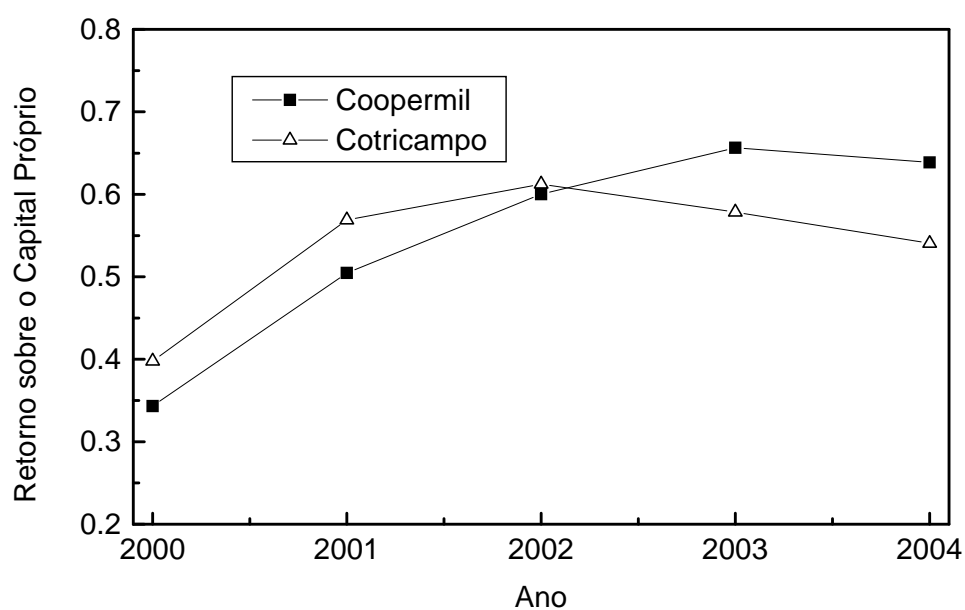


Figura 16 - Dinâmica de Variação de Retorno sobre o Capital Próprio das Cooperativas de Produção Coopermil e Cotricampo (simulação).

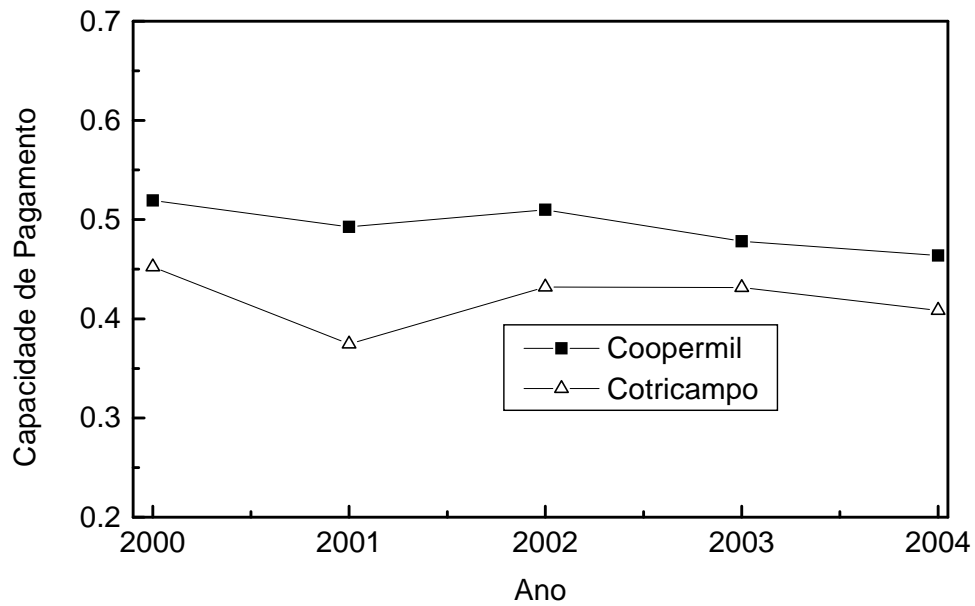


Figura 17 - Dinâmica de variação de Capacidade de Pagamento das Cooperativas de Produção Coopermil e Cotricampo (simulação).

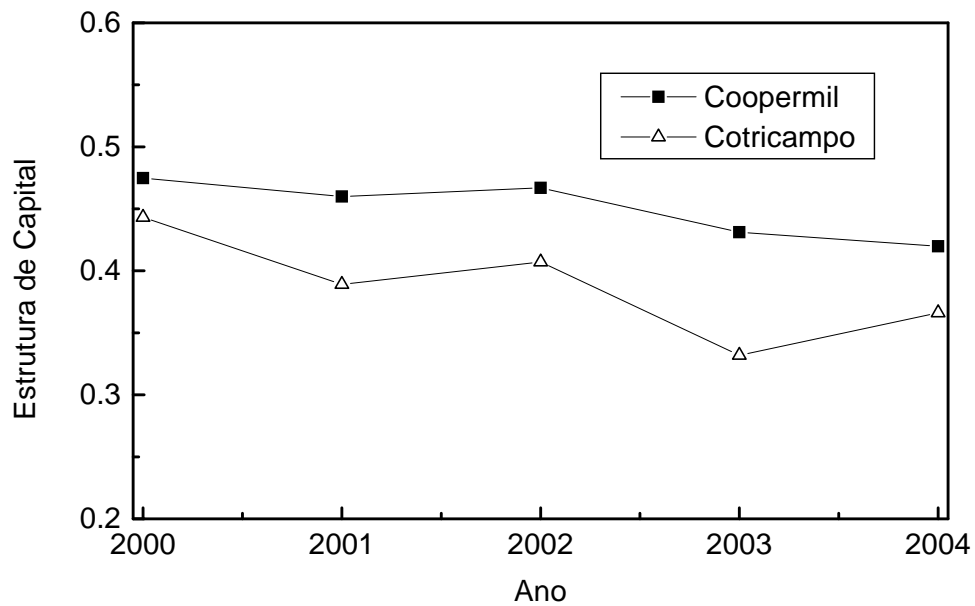


Figura 18 - Dinâmica de variação de Estrutura do Capital das Cooperativas de produção Coopermil e Cotricampo (simulação).

Aplicando o modelo global, foi simulada a Dinâmica de Desempenho Econômico-financeiro das cooperativas de produção Coopermil e Cotricampo (Figura 19). A contribuição dos critérios intermediários no desempenho global foi considerada uniforme, em outras palavras, todos os pesos na equação (2) foram iguais ( $w_i=1/3$ ,  $i=1, 2, 3$ ).

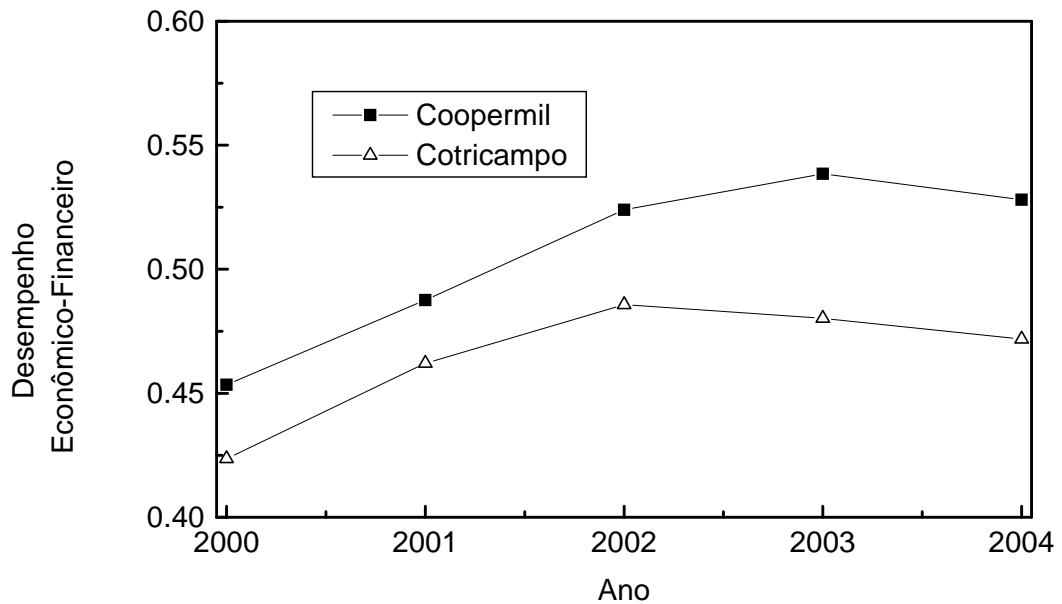


Figura 19 - Dinâmica de Desempenho Econômico-financeiro das Cooperativas de Produção Coopermil e Cotricampo (simulação).

Pode-se ver que a cooperativa Coopermil possui uma dinâmica positiva de variação do Desempenho Econômico-financeiro chegando ao nível satisfatório do mercado. Para melhorar o desempenho da Cotricampo, já é preciso tomar algumas providências, pois esse desempenho está piorando nos últimos anos, voltando ao nível bastante baixo.

Tem-se que salientar que a avaliação do Desempenho Econômico-financeiro de uma cooperativa é relacionada com as condições nas quais ela atua. A variação de condições neste modelo é levada em conta através de alteração dos intervalos de variação dos indicadores. Os objetivos específicos de cada cooperativa podem ser considerados escolhendo-se pesos para os critérios principais ou diretamente alterando-se a ação no mapa de regras.

## CONCLUSÕES

Foi desenvolvida uma metodologia baseada na Lógica Fuzzy para avaliação e classificação de Desempenho Econômico-financeiro das cooperativas de produção.

Foram introduzidas as escalas contínuas e criados submodelos baseados em Lógica Fuzzy para avaliar Retorno sobre o Capital Próprio, Capacidade de Pagamento e Estrutura de Capital de uma cooperativa de produção.

Aplicando-se o modelo desenvolvido, foi analisada a dinâmica de Desempenho Econômico-financeiro de duas cooperativas de produção (Coopermil e Cotricampo) no período de 5 anos.

As avaliações realizadas pelas simulações numéricas para análise de influência de vários indicadores sobre o desempenho de uma cooperativa de produção e as avaliações periciais mostraram uma boa correlação (o coeficiente de correlação de Pearson = 0.955).

## REFERÊNCIAS

Akao, Y. (1999). *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*. Cambridge, MA: Productivity Press.

Bevilacqua, M., & Petroni, A. (2002). From traditional purchasing to supplier management: a fuzzy logic-based approach to supplier selection. *Internal. J. Logistics. Res. Appl.* **5** (3).

Boclin, A. S. C., & Mello, R. (2006). A decision support method for environment impact assessment using a fuzzy logic approach. *Ecological Economics*, **58**: 170-181.

Brigham, E. F., & Houston, J. F. (1999). *Fundamentos da moderna administração financeira*. Rio de Janeiro: Campus.

Cox, E. A. (1994). *Fuzzy logic for business and industry*. Charles River Media, ISBN: 1-886801-01-0, 1994.

Erol, I., & Ferrell, JR. W. G. (2003). A methodology for selection problems with multiple, conflicting objectives and both qualitative and quantitative criteria. *International journal of Production Economics*, **86**: 187-199.

Gentry, J. K. (2006). *Reading business financial statements: use data to determine a company's financial health*, FACSNET, de [http://www.facsnet.org/toolslbiz\\_econ/covering\\_bizlpart2.php3](http://www.facsnet.org/toolslbiz_econ/covering_bizlpart2.php3).

Gitman, L. J. (2002). *Princípios de administração financeira* (7a ed.). São Paulo: Harbra.

Handfield, R., Walton, S., Sroufe, R., & Melnyk, S. (2002). Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the analytical hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, **141**: 70-87.

Kevin, F. R. L. (2007). Evaluating Environmental Sustainability: An Integration of Multiple-Criteria Decision-Making and Fuzzy Logic, *Environ Manage*, **39**: 721-736.

Kreinovich, V., Mouzouris, G. C., & Nguyen, H. T. (1998). Fuzzy rule based modeling as a universal approximation tool. In: H. T Nguyen, M. Sugeno, (Eds.), *Fuzzy Systems: Modeling and Control* (pp. 135-195). Boston, MA: Kluwer.

Lai, V., Wong, B., & Cheung, W. (2002). Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection. *European Journal of Operational Research*, **137**: 134-144.

Matarazzo, D. C. (2003). *Análise financeira de balanços* (6a ed.). São Paulo: Atlas.

Mendel, J. M., & Wu, H. (2002). Uncertainty versus choice in rule-based fuzzy logic systems. *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, Part 2, Honolulu, HI, p. 1336 – 1341.

Nguyen, H. T., & Sugeno, M. (1998). *Fuzzy Systems: Modeling and Control*, Boston, MA: Kluwer.

Shaw, I. S., & Simões, M. G. (1999). *Controle e Modelagem Fuzzy*. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda.

Wehenkel, L., & Olaru, C. (2003). A complete fuzzy decision tree technique. *Fuzzy Sets and Systems*, **138** (2): 221-254.

Zadeh, L. A. (1990). Fuzzy sets and systems. *International Journal of General Systems*, **17**: 129-138.

Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I. *Information Sciences*, **8**: 199-249.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, **8**: 338-353.

