

UM MODELO DE ANÁLISE DA RENTABILIDADE DE EMPRESAS USANDO A LÓGICA NEBULOSA

Autores

JOSÉ ALONSO BORBA

Universidade Federal de Santa Catarina

RODRIGO PRANTE DILL

Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

O propósito deste estudo consiste em propor um modelo que utiliza a lógica nebulosa para a análise da rentabilidade de empresas. Neste estudo, entrevistou-se uma amostra de vinte analistas financeiros para identificar junto aos mesmos os principais índices que revelam a rentabilidade de empresas do setor de alimentos, utilizando-se dados de sessenta e três empresas do setor de alimentos publicados pelo Valor1000 do Jornal Valor Econômico, edição 2003. De acordo com a escala de Matarazzo (2003), os dados coletados foram analisados e classificados e a cada índice de rentabilidade foi atribuída uma variável qualitativa conforme sua posição em relação ao decil. Utilizando-se um software específico (Matlab®) definiram-se as funções de pertinência e implementaram-se 2401 regras de inferência para implementação do sistema. Os resultados obtidos pelo sistema nebuloso, utilizando diferentes métodos de *defuzzificação*, foram confrontados com a avaliação de analistas financeiros do Banco de Desenvolvimento do Extremo Sul – BRDE. Os resultados dessa pesquisa demonstram que modelos nebulosos podem ser utilizados como ferramentas eficazes no auxílio e na validação dos pareceres de especialistas na análise de rentabilidade das empresas.

1 INTRODUÇÃO

De uma maneira geral, pode-se afirmar que a maioria das pessoas, de alguma forma, já tiveram contato com a denominada lógica clássica ou booleana. Neste tipo de lógica, uma certa afirmação ou é verdadeira ou é falsa. Nada existe entre o verdadeiro e o falso, é a chamada lógica binária: chover, não chover, aceso ou apagado. Este princípio de verdadeiro ou falso foi formulado por Aristóteles (384 – 322 a.C.). Porém, em certos momentos, afirmações envolvendo somente verdadeiro ou falso não fazem sentido. Por exemplo, a afirmação “A rentabilidade da empresa Alfa é alta”. A rentabilidade ser alta é uma afirmação totalmente verdadeira ou totalmente falsa? Provavelmente nenhuma delas. E a mesma dúvida pode ocorrer quanto a qualquer outra afirmação – pequena ou grande, etc.

Pelo que se verifica, na lógica clássica há, limites bruscos, pontualmente definidos entre os elementos que pertencem e os que não pertencem. Seja tomado como exemplo uma empresa com 101 funcionários e outra com 499 funcionários. Pelo IBGE ambas são consideradas médias. Pela lógica booleana, uma empresa com 101 funcionários e outra com 499 funcionários são, ambas, considerados médias. Todavia, essa mesma lógica nos faz considerar que outra empresa com 99 funcionários é média, pelo contrário, deve ser considerada uma empresa pequena.

Na prática, dificilmente um especialista atribuirá pesos iguais para duas empresas que tenham 101 e 499 funcionários, apesar de estarem enquadradas no porte: “empresas médias” pelo IBGE, pois 389 funcionários separam ambas, sendo que a primeira está mais para pequena e a segunda para grande. Assim como, não terá grande diferença entre duas empresas

com 99 e 101 funcionários, apesar de serem definidas como de portes diferentes ambas, são realmente pequenas. Neste sentido, a Lógica Fuzzy é mais apropriada para representação da maneira como um especialista constrói a sua decisão quanto ao porte de uma empresa eliminando os limites bruscos definidos na lógica booleana.

Aparentemente, a Lógica *Fuzzy* revela-se uma ferramenta útil para a área de análise de balanço, particularmente para a análise da rentabilidade de empresas devido à grande ambigüidade e imprecisão inerente à área. Conforme Iudícibus (1998, 21), “a análise de balanços é uma arte, pois, embora existam alguns cálculos razoavelmente formalizados, não existe forma científica ou metodologicamente comprovada de relacionar os índices de maneira a obter um diagnóstico preciso”. Em outras palavras, cada analista pode, com o mesmo conjunto de informações e de quocientes, chegar a conclusões ligeira ou até completamente diferenciadas. Matarazzo (2003, 205) também concorda, afirmando que “é comum dois analistas de balanços chegarem a conclusões diferentes a respeito de balanços de uma mesma empresa”. Assim, o uso da Lógica *Fuzzy* para construção de sistemas especialistas proporciona um método para incorporar as ambigüidades na análise de balanços.

2 ANÁLISE DAS DEMONSTRAÇÕES CONTÁBEIS

A análise de balanços visa extrair informações das demonstrações financeiras para a tomada de decisões. O perfeito conhecimento do significado do que representa cada conta que nelas figura, facilita a busca de informações precisas. A análise de balanços transforma os dados extraídos das demonstrações financeiras em informações. O grau de excelência pode ser alcançado pela qualidade e extensão dessas informações.

Matarazzo (2003), Iudícibus (1998) e Marion (2002) apresentam os índices financeiros como a técnica de análise mais conhecida e empregada, e são considerados como os melhores instrumentos para avaliar a “saúde” das empresas.

Índice é a relação entre contas ou grupos de contas do Balanço Patrimonial e da Demonstração dos Resultados do Exercício, com o objetivo de determinar qual a relação entre os itens de ambas as Demonstrações Financeiras, bem como medir determinado aspecto da situação econômica ou financeira da empresa, conforme apresentado por Mararazzo (2003) e Iudícibus (1998).

A característica fundamental dos índices é fornecer visão da situação econômica e/ou financeira da empresa. Índices servem de medida dos diversos aspectos econômicos e financeiros das empresas. Assim como um médico usa indicadores, como pressão e temperatura, para elaborar o quadro clínico do paciente, os índices financeiros permitem construir um quadro de avaliação da empresa.

Matarazzo (2003, 183) afirma que há três tipos básicos de avaliações de um índice: “pelo significado intrínseco; pela comparação ao longo de vários exercícios e pela comparação com índices de outras empresas – índices-padrão.” Conforme o mesmo autor, a análise do valor intrínseco de um índice é limitada e só deve ser utilizada quando não se dispõe de índices-padrão proporcionados pela análise de um conjunto de empresas. A análise pela comparação ao longo de vários exercícios revela-se bastante útil por mostrar tendências seguidas pela empresa. Permite formar uma opinião a respeito de diversas políticas seguidas pela empresa, bem como das tendências que estão sendo registradas. A análise por comparação com padrões permite a avaliação de um índice e a sua conceituação qualitativa como: Ruim, Satisfatório, Bom, etc.; só pode ser feita através da comparação com padrões. Não existe o bom ou o deficiente em sentido absoluto, o bom só é bom em relação a outros elementos. Assim, é preciso definir um conjunto (Universo) e, em seguida, comparar um elemento com os demais do conjunto para atribuir-lhe determinada qualificação. Esse é um

processo natural do raciocínio humano em que todas as avaliações são feitas por comparações, ainda que quase nunca tabuladas metodologicamente.

2.1 Índices de rentabilidade

Há muitas medidas de rentabilidade (índices). Cada uma delas relaciona os retornos da empresa a suas vendas, a seus ativos, ao seu patrimônio ou ao valor da ação. Como um todo, essas medidas permitem avaliar os lucros da empresa em confronto com um dado nível de vendas, um certo nível de ativos, os investimentos, ou o próprio valor da ação.

O Quadro 01 demonstra os índices comuns aos autores Gitman (2005), Iudícibus (1998), Matarazzo (2003), Brigham e Houston (1999), Assaf Neto (2003) e Marion (2002).

Quadro 01 – Índices comuns

Índice	Autor	Assaf Neto	Brigham e Houston	Gitman	Iudícibus	Marion	Matarazzo
Giro do ativo						✓	✓
Lucro por ação				✓			
Margem bruta				✓			
Margem líquida		✓	✓	✓	✓		✓
Margem operacional		✓		✓	✓		
Retorno sobre o ativo (ROA)		✓	✓	✓			✓
Retorno sobre o investimento (ROI)		✓			✓	✓	
Retorno sobre o patrimônio líquido (ROE)		✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Autores da pesquisa

2.2 Lógica nebulosa

Em 1965, o professor Lotfi Zadeh publicou o primeiro trabalho de pesquisa sobre a teoria da Lógica *Fuzzy*, também conhecida como lógica nebulosa, que trata dos conjuntos não totalmente verdadeiros nem tampouco totalmente falsos. De maneira geral, a Lógica *Fuzzy* deve ser vista como uma teoria matemática formal para a representação de incertezas (YAGER et. al., 1987, 52). Como exemplos de pesquisas pioneiras que utilizaram os conceitos dos sistemas especialistas na área dos negócios, podem-se destacar os trabalhos de Steinbart (1987) no julgamento da materialidade nos processos de auditoria, Harrington e Twark (1991) na avaliação dos preços das ações e pagamento de dividendos e Borthick (1987) no planejamento de auditoria.

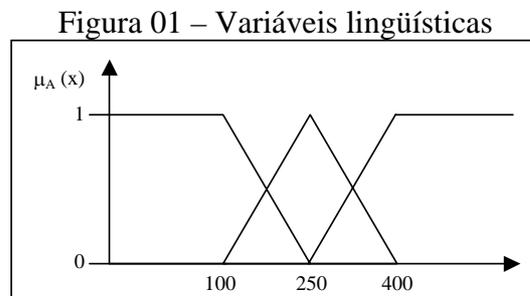
Recentemente, Korvin, Shipley e Omer (2004) propuseram um modelo para auxiliar a identificação de riscos potenciais no sistema de informações contábeis; Lin, Hwang e Becker (2003), propuseram uma rede *neurofuzzy* para identificar fraudes financeiras; Siegel, Korvin e Omer (1998), Siegel, Korvin, Omer e Zebda (1995), aplicações *fuzzy* na evidenciação contábil; Deshmukh e Talluru (1998), lógica *fuzzy* aplicada às decisões do cliente; Friedlob e Schleifer (1999), um modelo de aplicação *fuzzy* para mensurar risco e incerteza; Syau, Hsieh e Lee (2001), modelo *fuzzy* aplicado na avaliação de crédito; Serguieva e Hunter (2004), modelo *fuzzy* para analisar julgamentos de materialidade; outros acadêmicos e profissionais vêm estudando e aplicando a Teoria dos Conjuntos Nebulosos no desenvolvimento de modelos contábeis e financeiros.

Mais especificamente, Kaneko (1996) desenvolveu um sistema simples para diagnose financeira baseada na teoria dos conjuntos nebulosos. Neste estudo, foi desenvolvido um modelo baseado em um software específico (*FuzzyTech*®) para auxiliar os especialistas quando da análise de rentabilidade. Utilizando também o mesmo software, McNeill e Freiburger (1993) in Von Altrock (1997, 277) desenvolveram um sistema nebuloso utilizado pelo Swiss Bank para dar suporte a especialistas na análise de decisão de crédito. Güllich

(1996) in Von Altrock (1997, 283) desenvolveu um sistema nebuloso utilizado pela BMW na Alemanha para concessão de leasing de automóveis. Bojadziev e Bojadziev (1997, 130) usaram um modelo para mensurar a tolerância ao risco de investidores financeiros. Rangone (1997) propôs um modelo analítico que une a efetividade organizacional, os fatores chave de sucesso e medidas de desempenho. Antunes (2004) propôs um modelo de avaliação de risco de controle utilizando a lógica nebulosa.

O referencial teórico que se segue encontra-se embasado em Shaw e Simões (2001), Von Altrock (1998), Bojadziev e Bojadziev (1997) e *Matlab® Fuzzy Logic Toolbox User's Guide* (2002). Controladores *fuzzy* são muito simples conceitualmente, pois consistem de um estágio de entrada (*crisp*¹), um estágio de processamento e um estágio de saída. O estágio de entrada mapeia dados de entrada de maneira apropriada às funções consecutivas e valores verdadeiros. O estágio de processamento é aquele em que se procura alcançar a solução para os problemas, podendo ser dividido em três passos básicos: *fuzzificação*, regras de avaliação e *defuzzificação*. Aqui é invocada cada regra adequada que gera um resultado para cada uma delas e, então, combinam-se os resultados dessas regras. Por último, tem-se um estágio de saída cujo resultado, já *defuzzificado* da operação, é colocado para dentro do sistema, executando um controle (saída *crisp*).

a) **Fuzzificação e Funções de Pertinência:** É o processo de colocar nomes no universo de discurso de cada entrada *crisp*. O universo de discurso pode ser descrito como a faixa de valores associados a uma variável *fuzzy*, onde são definidos vários conjuntos *fuzzy* dentro de um universo de discurso, cada qual com o seu próprio domínio que sobrepõe com os domínios dos seus conjuntos *fuzzy* vizinhos. Pode-se tomar como exemplo a metodologia utilizada para classificação do porte de uma empresa em relação ao número de funcionários, para mostrar como se estabelece o domínio de cada função de pertinência. Na Figura 01, cada um dos conjuntos recebe um rótulo, ou seja, um nome: Pequena, Média e Grande.



Fonte: Adaptado de Bojadziev e Bojadziev (1997)

Cada conjunto também recebe uma faixa de valores correspondendo ao nome que lhe foi dado. Este valor é chamado de grau de pertinência. Por exemplo, a condição “Média” obtém um domínio de 100 a 400 funcionários. No eixo vertical (Y), podem-se verificar os valores referidos para os graus de pertinência das entradas *crisp* em cada conjunto *fuzzy*.

As funções de pertinência, também conhecidas como conjuntos *fuzzy* são, na verdade, funções matemáticas que fornecem um significado numérico para um conjunto *fuzzy*. A etapa de *fuzzificação* mapeia a entrada (um valor definido, ou *crisp*) entre valores de 0 a 1, através das funções de pertinência, que é o grau de pertinência, mencionado anteriormente. As funções mais utilizadas são demonstradas no Quadro 02.

Quadro 02 – funções de pertinência *fuzzy*

¹ Entradas discretas atreladas a algum tipo de escala numérica.

Triangular	$Triângulo(x, a, b, c) = \max\left(0, \min\left[\frac{(x-a)}{(b-a)}, \frac{(c-x)}{(c-b)}\right]\right)$
Trapezoidal	$Trap(x, a, b, c, d) = \max\left(0, \min\left[\frac{(x-a)}{(b-a)}, 1, \frac{(d-x)}{(d-c)}\right]\right)$
Gaussiana	$Gaussiana(x, s, c) = \exp\left\{\frac{-(x-c)}{s}\right\}^2$
Sigmoidal	$Sig(x, a, c) = \frac{1}{1 + \exp[-a(x-c)]}$

Fonte: Adaptado de Bojadziev e Bojadziev (1997)

b) Regras de Avaliação: O segundo passo do processo de controle *fuzzy* são as regras de avaliação. As regras *fuzzy* são declarações SE – ENTÃO (*IF-THEN*) que descrevem a ação a ser feita em resposta a várias entradas *fuzzy*. Pode-se usar como exemplo um sistema de classificação do perfil do investidor quanto à política de investimentos financeiros, onde uma das regras poderia ser a seguinte:

- **SE** idade é Jovem **E** Renda é Alta, **ENTÃO** perfil de investimento é Arrojado.

Em síntese, o formato das regras obedece ao seguinte padrão:

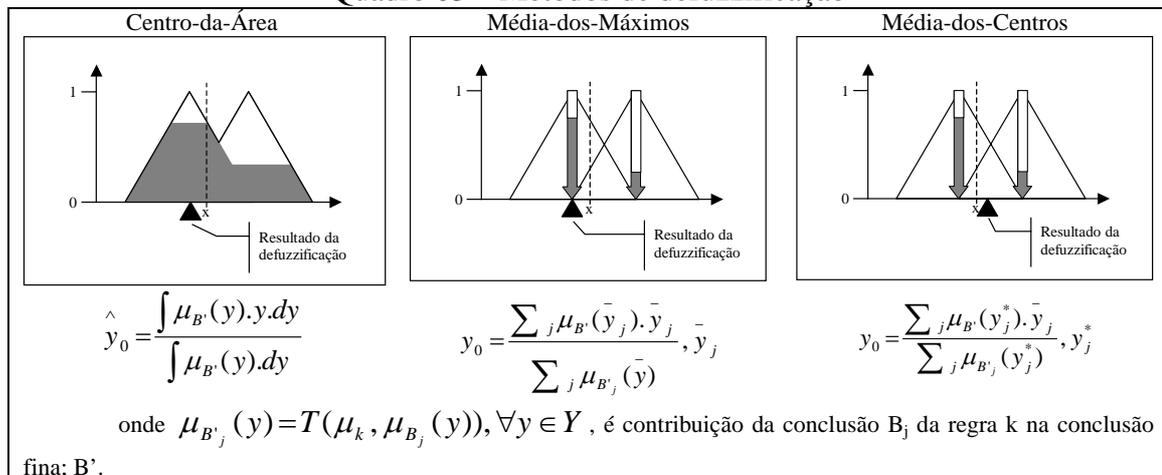
SE (antecedente 1) **E** (antecedente 2)... **ENTÃO** (consequente 1)

Sistemas *fuzzy* baseados em regras, traduzem expressões qualitativas, vagas e imprecisas, provenientes de observações de especialistas. Tais regras possibilitam formulações que permitem controlar os sistemas em questão.

c) Defuzzificação: O sistema *fuzzy*, ao receber uma entrada, transforma-a em uma entrada *fuzzy* que, por sua vez, é submetida ao sistema de inferência (regras *fuzzy*) que devolve uma saída *fuzzy* para este sistema. Porém, em muitos casos, é desejável um valor numérico na saída.

A defuzzificação (apesar do nome) não é exatamente o processo inverso da fuzzificação. Diversos métodos têm sido propostos na literatura, entre os quais pode-se destacar o Centro-da-Área, a Média-dos-Máximos e a Média-dos-Centros. No Quadro 03 é resumidamente demonstrado os gráficos e fórmulas de cada um dos métodos citados.

Quadro 03 – Métodos de defuzzificação



Fonte: Adaptado de Shaw e Simões (2001)

Centro-da-Área (C-o-A)- Calcula o *centróide* da área composta pelo termo de saída *fuzzy*; esse termo de saída é composto pela união de todas as contribuições de regras. O *centróide* é um ponto que divide a área em duas partes iguais.

Média-dos-Máximos (M-o-M) - Uma abordagem para a defuzzificação pode ser a de se utilizar a saída cujo valor tenha o maior valor de pertinência. Essa abordagem também não funciona bem, devido à necessidade de se escolher qual o máximo utilizar.

Média-dos-Centros (C-o-M) - Neste método os picos das funções de pertinência são usados, enquanto se ignoram as áreas das funções de pertinência; as contribuições múltiplas de regras são consideradas por esse método. Os valores não nulos do vetor de possibilidades de saída são posicionados nos picos correspondentes. O valor de defuzzificação é determinado achando-se o ponto de apoio onde os pesos ficam equilibrados. Assim, as áreas das funções de pertinência não desempenham nenhum papel e apenas os máximos são usados.

3 METODOLOGIA

O primeiro passo para a construção do modelo de análise da rentabilidade de empresas constituiu-se em determinar a importância de cada índice de rentabilidade na opinião de analistas financeiros (especialistas). Desta forma, foi enviado por correio eletrônico (e-mail) para 20 Analistas Financeiros do Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul – BRDE, Unidade Florianópolis, um instrumento de pesquisa, contendo os índices de rentabilidade de empresas utilizados pelos autores pesquisados.

A fim de verificar se a amostra de especialistas selecionados é adequada ao modelo proposto, procurou-se primeiramente identificar o perfil dos mesmos. Dentre os entrevistados, 80% são formados em Administração, Ciências Contábeis e Economia, 45% possuem mestrado ou doutorado e 45% possuem mais de 10 anos de experiência em análise financeira.

Os entrevistados responderam, de acordo com a escala Likert, seu grau de “concordância” ou “discordância”, numa categoria de cinco respostas, variando de 1 a 5, quanto à importância de cada índice para mensuração da rentabilidade de empresas.

Tabela 01 – Avaliação dos índices de rentabilidade: por pontos totais e médios

	Soma	Média	Desvio Padrão	CV*
Margem Operacional	88	4,40	0,99	22,61
Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE)	84	4,20	0,83	19,85
Retorno sobre o Investimento (ROI)	84	4,20	0,62	14,66
Margem Líquida	81	4,05	0,69	16,95
Retorno sobre o Ativo (ROA)	74	3,70	0,80	21,66
Margem Bruta	73	3,65	1,09	29,85
Giro do Ativo	71	3,55	0,83	23,26
Lucro por Ação	66	3,30	0,98	29,66

Fonte: Autores da pesquisa

Analisando a pontuação total da importância dos índices de rentabilidade na análise da rentabilidade de empresas do setor de alimentos na escala Likert, tem-se uma visão geral mais compactada da importância de cada um na opinião dos especialistas pesquisados. Assim, Margem Operacional é o índice de maior importância, destacado nas análises das respostas da escala, apresentando média de 4,40. Também com importância de destaque, tem-se o Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE) e o Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROI), ambos com 4,20 na média; a Margem Líquida alcançou a média de 4,05. Com menor ênfase, aparece o Retorno sobre o Ativo (ROA) com média 3,70, Margem Bruta com média 3,65, Giro do Ativo com média 3,55 e, em último, Lucro por Ação com média 3,30.

* CV: coeficiente de variação. É um indicador de variabilidade em torno da média. O máximo de variabilidade em torno da média. O máximo de variabilidade admitida, para que a média seja considerada representativa, é de 30%.

Desta forma, para construção do modelo nebuloso foram selecionados os índices Margem Operacional, Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE), Retorno sobre o Investimento (ROI) e Margem Líquida, por terem atingido a maior soma de pontos e a maior média de pontos.

No segundo passo para a construção do modelo utilizou-se à base de dados da publicação do Jornal Valor Econômico – Valor1000, edição de 2004, onde se buscaram indicadores de empresas do setor de alimentos. A escolha do setor de alimentos como alvo deste estudo deu-se de forma intencional e aleatória.

O Valor1000 reúne dados de mil empresas de diversos setores; destas, oitenta são do setor de alimentos. Neste estudo, foram retiradas da base de dados, treze empresas por não estar divulgada a receita líquida, o ativo, o lucro líquido, entre outros, imprescindíveis para o cálculo dos índices de rentabilidade. Dessa forma, foram selecionadas sessenta e sete empresas.

Utilizando-se o software SPSS®, foi extraído da base de dados o decil dos índices de rentabilidade mais relevantes. Após, de acordo com a escala de Matarazzo (2003, 200), os dados foram classificados e, a cada índice, foi atribuída uma variável qualitativa conforme sua posição em relação ao decil.

Tabela 02 – Distribuição dos índices no decil

Decil	Margem Operacional	Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE)	Retorno sobre o Investimento (ROI)	Margem Líquida	Classificação
1º	-2,58	-5,70	-4,73	-1,30	Péssimo
2º	-0,04	1,90	0,92	0,40	Deficiente
3º	1,72	6,10	3,35	0,90	Fraco
4º	3,04	10,10	4,30	1,60	Razoável
5º	3,69	11,50	6,25	2,00	Satisfatório
6º	4,86	13,80	7,44	2,60	
7º	6,33	15,60	9,68	4,00	Bom
8º	7,59	26,50	11,55	5,10	
9º	9,98	35,40	14,22	6,20	Ótimo

Fonte: Autores da pesquisa

4 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA NEBULOSO

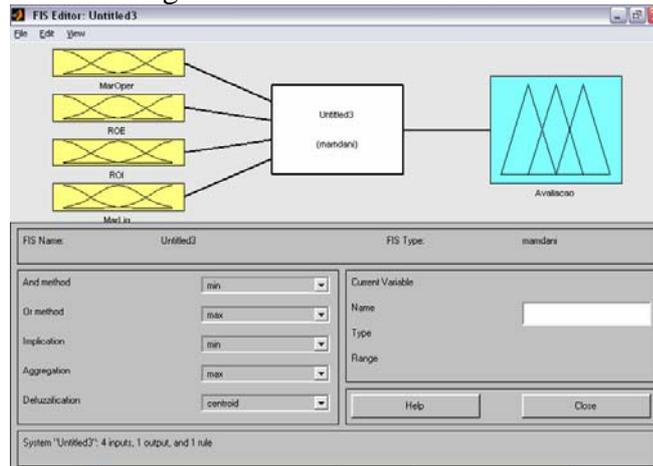
Para a implementação de sistemas que envolvem lógica *fuzzy*, muitas vezes, faz-se necessária utilização de um software específico; dentre eles, destacam-se FuzzyTech®, Fuzzy Calc® e o Matlab®. Este último é um poderoso e muito utilizado software de computação numérica desenvolvido para usuários das áreas industrial e acadêmica que necessitam de um ambiente capaz de, além de realizar cálculos matemáticos, possibilitar o desenvolvimento de algoritmos, a modelagem, a simulação de protótipos e a utilização de importantes rotinas internas.

O Matlab® (MATrix LABoratory) é um programa interativo para cálculos (e visualização) numéricos científicos e de engenharia. Originalmente voltado para a álgebra linear numérica e o cálculo matricial, tem seus recursos básicos estendidos através de “*toolboxes*” (conjunto de funções ou “M-files”). Foi utilizada para a implementação do modelo nebuloso proposto neste estudo a “*toolbox*” *Fuzzy Logic Toolbox* que é uma coleção de funções construídas no Matlab® que disponibiliza ao usuário ferramentas para criação e edição de sistemas *fuzzy*.

a) Construção da árvore de decisões: O primeiro passo do carregamento do sistema consiste em determinar a árvore de decisões que o sistema utilizará, qual seja, quais são as variáveis lingüísticas de entrada, as variáveis de saída, qual a escala de valores atribuída a cada variável, as regras de conduta e o tipo de método de implicação e inferência que serão utilizados.

Conforme a Figura 02, a árvore de decisões do modelo proposto é composta por quatro entradas (Margem Operacional, Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE), Retorno sobre o Investimento (ROI) e Margem Líquida), uma base de regras e uma saída (Avaliação).

Figura 02 – Árvore de decisões

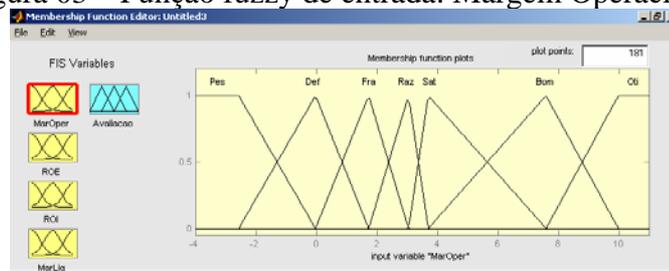


Fonte: Autores da pesquisa

b) Construção das variáveis de entrada (input) e saída (output): O primeiro passo na *fuzzificação* é o processo de colocar nomes no universo de discurso de cada entrada. O universo de discurso pode ser descrito como a faixa de valores associados a uma variável *fuzzy*, onde são definidos vários conjuntos *fuzzy*, dentro de um universo de discurso, cada qual com o seu próprio domínio, que se sobrepõe com os domínios dos seus conjuntos *fuzzy* vizinhos. Ou seja, o universo de discurso se refere ao domínio que se dá a um determinado conjunto.

Cada variável de entrada “Margem Operacional”, “Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE)”, “Retorno sobre o Investimento (ROI)” e “Margem Líquida”, além da variável de saída “Avaliação”, recebeu, de acordo com a escala de Matarazzo (2003), sete termos qualitativos (Péssimo, Deficiente, Fraco, Razoável, Satisfatório, Bom e Ótimo) de acordo com um decil correspondente. Cada conjunto recebeu uma faixa de valores correspondendo ao nome que lhe foi dado. Este valor é chamado de grau de pertinência.

Figura 03 – Função fuzzy de entrada: Margem Operacional

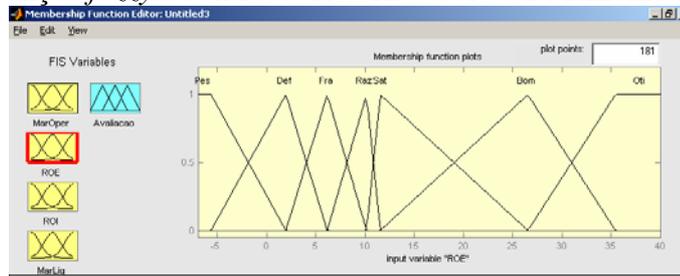


Fonte: Autores da pesquisa

O rótulo **Péssimo** possui grau de pertinência igual a um para qualquer valor menor que -2,58, e deste a -0,04 pertinência decrescente até zero. **Deficiente** possui pertinência crescente de -2,58 a -0,04 e decrescente de -0,04 a 1,72. **Fraco** possui pertinência crescente de -0,04 a

1,72 e decrescente de 1,72 a 3,04. **Razoável** possui pertinência crescente de 1,72 a 3,04 e decrescente de 3,04 a 3,69. **Satisfatório** possui pertinência crescente de 3,04 a 3,69 e decrescente de 3,69 a 7,59. **Bom** possui pertinência crescente de 3,36 a 7,59 e decrescente de 7,59 a 9,98. **Ótimo** possui pertinência crescente de 7,59 a 9,98 e pertinência igual a um acima deste valor.

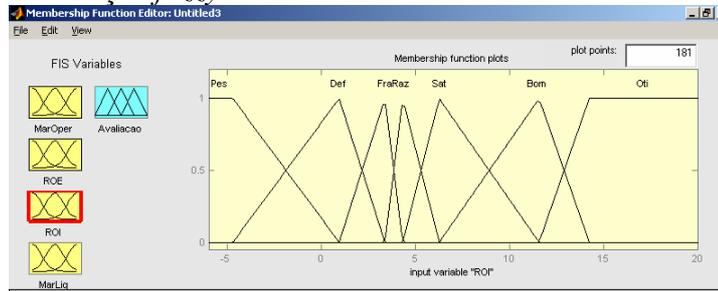
Figura 04 – Função *fuzzy* de entrada: Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE)



Fonte: Autores da pesquisa

O rótulo **Péssimo** possui grau de pertinência igual a um para qualquer valor menor que -5,70, e deste a 1,90 pertinência decrescente até zero. **Deficiente** possui pertinência crescente de -5,70 a 1,90 e decrescente de 1,90 a 6,10. **Fraço** possui pertinência crescente de 1,90 a 6,10 e decrescente de 6,10 a 10,10. **Razoável** possui pertinência crescente de 6,10 a 10,10 e decrescente de 10,10 a 11,50. **Satisfatório** possui pertinência crescente de 10,10 a 11,50 e decrescente de 11,50 a 26,50. **Bom** possui pertinência crescente de 11,50 a 26,50 e decrescente de 26,50 a 35,40. **Ótimo** possui pertinência crescente de 26,50 a 35,40 e pertinência igual a um acima deste valor.

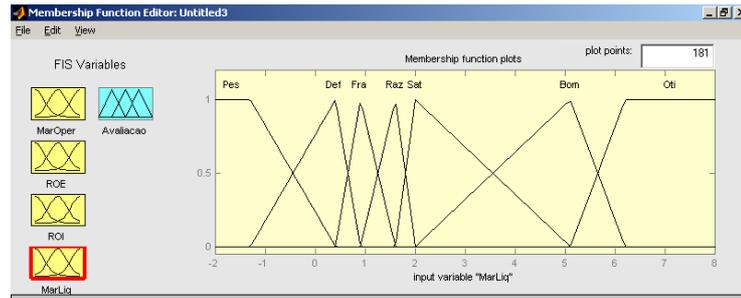
Figura 05 – Função *fuzzy* de entrada: Retorno sobre o Investimento (ROI)



Fonte: Autores da pesquisa

O rótulo **Péssimo** possui grau de pertinência igual a um para qualquer valor menor que -4,73, e deste a 0,92 pertinência decrescente até zero. **Deficiente** possui pertinência crescente de -4,73 a 0,92 e decrescente de 0,92 a 3,35. **Fraço** possui pertinência crescente de 0,92 a 3,35 e decrescente de 3,35 a 4,30. **Razoável** possui pertinência crescente de 3,35 a 4,30 e decrescente de 4,30 a 6,25. **Satisfatório** possui pertinência crescente de 4,30 a 6,25 e decrescente de 6,25 a 11,55. **Bom** possui pertinência crescente de 6,25 a 11,55 e decrescente de 11,55 a 14,22. **Ótimo** possui pertinência crescente de 11,55 a 14,22 e pertinência igual a um acima deste valor.

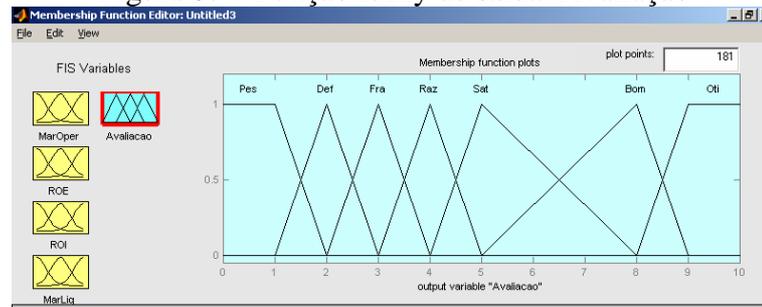
Figura 06 – Função *fuzzy* de entrada: Margem Líquida



Fonte: Autores da pesquisa

O rótulo **Péssimo** possui grau de pertinência igual a um para qualquer valor menor que -1,30, e deste a 0,40 pertinência decrescente até zero. **Deficiente** possui pertinência crescente de -1,30 a 0,40 e decrescente de 0,40 a 0,90. **Fraco** possui pertinência crescente de 0,40 a 0,90 e decrescente de 0,90 a 1,60. **Razoável** possui pertinência crescente de 0,90 a 1,60 e decrescente de 1,60 a 2,00. **Satisfatório** possui pertinência crescente de 1,60 a 2,00 e decrescente de 2,00 a 5,10. **Bom** possui pertinência crescente de 2,00 a 5,10 e decrescente de 5,10 a 6,20. **Ótimo** possui pertinência crescente de 5,10 a 6,20 e pertinência igual a um acima deste valor.

Figura 07 – Função fuzzy de saída: Avaliação



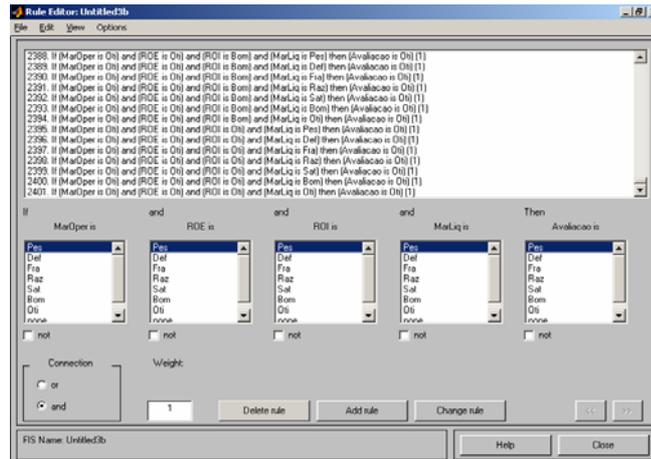
Fonte: Autores da pesquisa

O rótulo **Péssimo** possui grau de pertinência igual a um para qualquer valor menor que 1,00, e deste a 2,00 pertinência decrescente até zero. **Deficiente** possui pertinência crescente de 1,00 a 2,00 e decrescente de 2,00 a 3,00. **Fraco** possui pertinência crescente de 2,00 a 3,00 e decrescente de 3,00 a 4,00. **Razoável** possui pertinência crescente de 3,00 a 4,00 e decrescente de 4,00 a 5,00. **Satisfatório** possui pertinência crescente de 4,00 a 5,00 e decrescente de 5,00 a 8,00. **Bom** possui pertinência crescente de 5,00 a 8,00 e decrescente de 8,00 a 9,00. **Ótimo** possui pertinência crescente de 8,00 a 9,00 e pertinência igual a um acima deste valor.

c) Regras de produção: Para se utilizar sistemas que envolvem lógica *fuzzy*, são necessárias regras (R) do tipo IF-THEN. Para a implementação desse sistema nebuloso, foram utilizadas todas as combinações possíveis de regras. Essa combinação implicou o desenvolvimento de 2401 (duas mil, quatrocentos e uma) regras.

A Figura 08 demonstra uma pequena quantidade das possibilidades de regras. O software, em uso, permite que o usuário exclua, inclua ou limite as regras que deverão ser acionadas e as que deverão ser desprezadas. A opção *Weight* (último valor entre parênteses ao final de cada regra) significa o grau de verdade que o especialista atribui à regra para que o conseqüente seja gerado. Assim, se o grau de verdade for, por exemplo, “zero”, a regra sequer será acionada. Por outro lado, o valor “um” indica que a regra tem 100% de força para gerar a ação conseqüente.

Figura 08 – Conjunto de regras do sistema



Fonte: Autores da pesquisa

d) Saídas discretas: Completadas todas as etapas de construção do modelo nebuloso, o sistema apresenta as saídas discretas. A Figura 09 demonstra as entradas (inputs) inseridas no sistema, as regras ativadas e a saída (output) discreta. Assim, supondo-se como exemplo uma empresa com os seguintes índices de rentabilidade: Margem Operacional = 5,4, Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE) = 16,0, Retorno sobre o Investimento (ROI) = 9,6 e Margem Líquida = 3,5, o sistema retorna uma saída discreta para a “Avaliação” igual a 6,26².

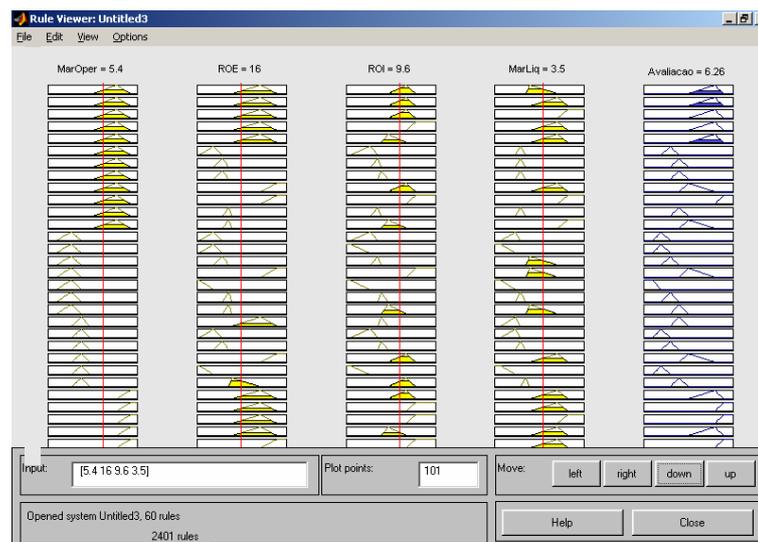


Figura 09 – Valores discretos de entradas e saída

Fonte: Autores da pesquisa

4 TESTE PRÁTICO NO MODELO CONCEITUAL

O modelo de análise da rentabilidade de empresas implementado foi testado junto a Analistas Financeiros do BRDE, quanto à sua capacidade de oferecer respostas consistentes com os objetivos para os quais foi concebido.

Dentre os Analistas Financeiros do BRDE, de acordo com o perfil levantado neste estudo, onze possuem experiência em análise financeira de empresas do setor de alimentos. Assim, foi realizado contato com estes solicitando sua participação nesta etapa, sendo que quatro analistas se prontificaram em participar. Dessa forma, foram enviados dados de cinco

² O método de *defuzzificação* utilizado foi Centro da Área.

empresas para cada analista. O número de cinco empresas por analista foi estipulado pelos mesmos de acordo com sua disponibilidade de tempo.

Selecionou-se de forma aleatória vinte (cinco para cada analista) empresas da base de dados. O processo de aleatoriedade deu-se da seguinte forma: as empresas foram listadas em ordem de classificação conforme o ranking Valor 1000 e divididas em dezessete grupos de quatro empresas (apenas o último grupo ficou com três empresas). Dentro de cada grupo, as empresas foram numeradas de 1 a 4. Sorteou-se um número e as empresas que possuíam este número foram selecionadas. Neste processo, ficaram faltando ainda três empresas para completar o total de vinte. Sorteou-se um novo número e selecionaram-se as três primeiras. Após, as empresas foram classificadas em ordem alfabética: o primeiro especialista analisou as cinco primeiras empresas; o segundo da sexta à décima e, assim, consecutivamente.

Destas vinte empresas, foram extraídos os índices de rentabilidade utilizados no modelo, e construído um instrumento de pesquisa para que os analistas atribuíssem nota quantitativa entre 0 e 10 para a rentabilidade de cada empresa. No referido instrumento de pesquisa, foi excluído o nome da empresa, pois este, de certa forma, poderia influenciar na análise dos especialistas.

Os índices de rentabilidade destas vinte empresas foram inseridos no modelo nebuloso utilizando-se cada um dos três principais métodos de defuzzificação propostos pela literatura para comparação com a análise dos especialistas.

Tabela 03 – Sistema nebuloso x Especialistas

Empresa	Especialistas	Centro da Área		Centro do Máximo		Média do Máximo	
		C-o-A	Difer.	C-o-M	Difer.	M-o-M	Difer.
Aurora	3,00	3,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00
Barry Callebaut	10,00	9,16	0,84	9,20	0,80	9,30	0,70
Braswey	5,00	5,67	-0,67	5,50	-0,50	5,00	0,00
Brejeiro	6,00	6,23	-0,23	6,20	-0,20	5,75	0,25
Copacol	5,00	5,69	-0,69	5,60	-0,60	5,20	-0,20
Encomind	1,00	0,75	0,25	0,70	0,30	0,50	0,50
Frisa	2,00	1,14	0,86	1,00	1,00	0,70	1,30
Garoto	7,00	7,25	-0,25	7,30	-0,30	7,60	-0,60
Itaimbé	5,00	5,67	-0,67	5,60	-0,60	5,10	-0,10
Kraft Foods	8,00	5,68	2,32	5,60	2,40	5,15	2,85
Líder Alimentos	4,00	5,82	-1,82	5,80	-1,80	5,55	-1,55
Melitta	4,00	3,62	0,38	3,70	0,30	4,00	0,00
Oleoplan	3,00	3,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00
Pamplona	5,00	4,00	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00
Perdigão	7,00	6,34	0,66	6,20	0,80	5,50	1,50
Rações Guabi	3,00	4,00	-1,00	4,00	-1,00	4,00	-1,00
Rações Total	7,00	5,74	1,26	5,70	1,30	5,00	2,00
Sadia	9,00	9,13	-0,13	9,10	-0,10	9,25	-0,25
SLC Alimentos	1,00	0,79	0,21	0,80	0,20	0,60	0,40
Yoki	6,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00
Diferença mínima		-2,3200		-2,4000		-2,8500	
Diferença máxima		1,8200		1,8000		1,5500	
Diferença média		-0,2160		-0,2500		-0,4400	
Desvio-padrão		0,9997		1,0013		1,0767	

Fonte: Autores da pesquisa

A Tabela 03 demonstra comparativamente os três métodos de defuzzificação em relação às análises feitas pelos especialistas. O método Média do Máximo foi o que mais diferiu negativamente ao atribuir -2,85 pontos em uma das análises. A menor diferença negativa ocorreu com o método Centro da Área com -2,32 pontos. Os métodos Centro da Área e Centro do Máximo obtiveram concordância absoluta em duas análises e a Média do Máximo obteve concordância absoluta em quatro análises. Com 1,82 pontos o Centro da Área foi o método que obteve a maior diferença positiva, seguido pelo método Centro do Máximo com 1,80 pontos e o método com menor discordância positiva foi o método Média do Máximo com 1,55 pontos.

Utilizando a diferença média e o desvio-padrão para analisar o desempenho de cada um dos métodos, observa-se que o Centro da Área obteve diferença média de -0,2160 pontos e desvio-padrão igual a 0,9997 pontos, podendo-se afirmar que, em 68% das análises realizadas pelo modelo nebuloso, diferiu entre -1,2157 e 0,7837 pontos. O método Centro do Máximo obteve diferença média igual -0,2500 pontos e desvio-padrão de 1,0013 pontos, o que significa que, em 68% das análises, a diferença ficou entre -1,2513 e 0,7513 pontos. O método Média do Máximo obteve diferença média de -0,4400 pontos e desvio-padrão 1,0767 pontos, podendo-se afirmar que, em 68% das análises, a diferença variou entre -1,5167 e 0,6367 pontos.

Para determinar a possibilidade de existência de diferença das médias entre os especialistas e o métodos de defuzzificação, utilizou-se o Teste-Z (bi-caudal) de diferença entre as médias com nível de significância igual 0,05 Desta forma foram formuladas as seguintes hipóteses: H_0 : não há diferença entre as médias e H_1 : há diferença entre as médias.

Tabela 04 – Teste – Z

	Média	Variância	n	Hipóteses da diferença de média	z	P(Z ≤ z) Bi-caudal	z crítico Bi-caudal
Especialistas	5,0500	6,2605	20				
Centro da Área	4,8340	5,7278	20	0	0,2790	0,7803	1,9600
Centro do Máximo	4,8000	5,7421	20	0	0,3227	0,7469	1,9600
Média do Máximo	4,6100	5,8715	20	0	0,5649	0,5721	1,9600

Fonte: Autores da pesquisa

Observa-se na Tabela 04 que em todos os três métodos de defuzzificação a hipótese H_0 foi aceita, pois o método Centro da Área obteve valor de $P = 0,7803$, Centro do Máximo obteve o valor de $P = 0,7469$ e Média do Máximo obteve valor de $P = 0,5721$, sendo todos eles maiores que 0,05. Como o Teste – Z não confirmou a existência de diferença entre as médias dos métodos utilizados no modelo nebuloso e os especialistas todos os três métodos podem ser utilizados.

5 CONCLUSÃO

A proposta deste estudo foi a construção de um modelo para análise da rentabilidade de empresas utilizando uma abordagem baseada na lógica nebulosa (*fuzzy logic*), visando estabelecer uma base científica com a utilização de um método quantitativo.

Para simulação e testes de funcionamento do modelo, utilizou-se um software (*Matlab® 6.0 Release 12*) e a sua validação operacional foi realizada tanto através de entrevistas aplicadas junto a especialistas e obras literárias, quanto pela utilização de base de dados para processamento e análise comparativa dos resultados de análises realizadas por especialistas.

Os tópicos conclusivos deste estudo, bem como sugestões, são as seguintes:

↪ O grupo de índices para a análise da rentabilidade de empresas mais relevantes para os especialistas pesquisados coincidiu apenas com os índices de rentabilidade utilizados por Iudícibus (1998), sendo que os demais autores divergiram em relação a um ou dois índices de rentabilidade.

↪ O Retorno sobre o Patrimônio Líquido é destacado pelos autores pesquisados e pelos especialistas como importante índice de rentabilidade. Salienta-se que a Margem Operacional foi o índice mais importante conforme os especialistas pesquisados sendo que este, muitas vezes, não é definido como índice de rentabilidade por alguns dos autores pesquisados. A discordância, talvez, possa ser explicada pelo fato de a pesquisa ter-se restringido ao setor de alimentos, sendo que foi solicitado aos especialistas que apontassem os índices mais importantes para análise da rentabilidade de empresas do referido setor, enquanto os autores visitados propõem um conjunto de índices “genéricos” para análise de empresas de todos os setores.

↪ A determinação do melhor método de defuzzificação foi uma preocupação constante neste estudo por não haver na literatura especializada consenso quanto ao método mais apropriado ao propósito deste modelo. Assim, verificou-se pequena diferença entre os métodos, ou seja, qualquer um dos métodos de defuzzificação podem ser utilizados neste modelo.

↪ Quanto aos aspectos operacionais em si do sistema, observou-se que o software utilizado é de fácil manuseio, com bons recursos de auxílio ao usuário e com um conjunto de recursos gráficos e visuais que facilitam o entendimento do processo e dos resultados apurados.

↪ As evidências coletadas em decorrência dos testes aplicados permitem aceitação do modelo proposto, bem como indicam que o modelo concebido com o uso da lógica nebulosa contempla os aspectos ambíguos e incertos inerentes à análise da rentabilidade de empresas.

↪ A lógica nebulosa permitiu tratar, de forma numérica, predicados tais como “péssimo”, “deficiente”, “fraco”, “razoável”, “satisfatório”, “bom” e “ótimo”. Como decorrência dos adequados tratamentos, o resultado da avaliação é expresso em um valor numérico que representa a avaliação quantitativa da rentabilidade das empresas.

↪ O modelo conceitual se mostrou plenamente operacional e, portanto, aplicável na atividade de análise de rentabilidade de empresas. O potencial de aplicação de versões ampliadas e aperfeiçoadas do modelo em questão, assim como a lógica nebulosa e outros métodos quantitativos podem ser voltados especificamente para a sinalização de ocorrências de fraudes ou, até mesmo, para corrigir desvios involuntários de analistas ao mensurar rentabilidade de empresas.

↪ Outros métodos quantitativos, tais como as redes neurais e os algoritmos genéricos, poderiam ser aplicados em modelos de análise da rentabilidade de empresas, tendo como base o presente modelo, ou desenvolvidos para aplicações similares. Como eventual desvantagem, poderia ser aqui reconhecida a necessidade de capacitar os analistas financeiros nos conceitos de lógica nebulosa e de operar com esse aplicativo de informática ou com outros congêneres.

Espera-se que o presente estudo possa contribuir para a análise de balanços e, mais especificamente, para a análise da rentabilidade de empresas na medida em que visou demonstrar a viabilidade da aplicação prática de um instrumento das Ciências Exatas para tentar mensurar elementos típicos das Ciências Sociais Aplicadas. Naturalmente, em razão do seu caráter inovador, tanto a proposta do estudo em si, como o modelo conseqüentemente gerado, demandam o envolvimento de pesquisadores também de outras disciplinas para melhorar e ampliar as oportunidades de aplicação.

BIBLIOGRAFIA

- ANTUNES, Jerônimo. **Modelo de Avaliação de risco de controle utilizando a lógica nebulosa**. São Paulo: 2004. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria) – Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.
- ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças e Valor Corporativo**. São Paulo: Atlas, 2003.
- BOJADZIEV, George e BOJADZIEV, Maria. **Fuzzy Logic for Business, Finance and Management**. London: World Scientific, 1997.
- BRIGHAM, Eugene F. e HOUSTON, Joel F. **Fundamentos da Moderna Administração Financeira**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- DESHMUKH, A; TALLURU, L. **A fuzzy set approach to client acceptance decisions. Applications of Fuzzy Sets and the Theory of Evidence to Accounting, II**. JAI Press. Stanford, p 131-150, 1998.
- FRIEDLOB, George Thomas. SCHLEIFER, Lydida L. F. **Fuzzy Logic: Application for auditing risk and Uncertainty**. Managerial Auditing Journal. 14, 3, 1999, pp.
- FUZZY LOGIC TOOLBOX USER'S GUIDE, COPYRIGHT 1995–2002 by The MathWorks, Inc.
- GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. 10^a ed. São Paulo: Pearson Education, 2005.
- IUDÍCIBUS, Sérgio de. **Análise de Balanços**. Análise da liquidez e do endividamento; Análise do giro, rentabilidade e alavancagem financeira. São Paulo: Atlas, 1998.
- KANEKO, T. **Building a financial diagnosis system based on fuzzy logic production system**. Computers Ind. Engenhering. Vol. 31, ¾. 1996.
- LIN, Jerry W.; HWANG, Mark and BECKER, Jack D.. **A fuzzy neural network for assessing the risk of fraudulent financial reporting**. Managerial Auditing Journal, v.18, p.657-665, 2003.
- MARION, José Carlos. **Análise das Demonstrações Contábeis**. Contabilidade Empresarial. 2^a ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- MATARAZZO, Dante C. **Análise Financeira de Balanços**. 6^a ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- RANGONE, Andréa. **Linking organizational effectiveness, key success factors and performance measures: an analytical framework**. Management Accounting Research, 1997, 8, 207-219.
- SERGUIIEVA, Antoaneta. HUNTER, John. **Fuzzy interval methods in investment risk appraisal**. Fuzzy Sets and Systems. Vol. 142. 443-466. 2004.
- SHAW, Ian S. e SIMÕES, Marcelo Godoy. **Controle e Modelagem Fuzzy**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- SIEGEL, Philip H. KORVIN, Andre de, OMER, Khursheed, ZEBDA, Awni. (Editors). **Applications of Fuzzy Sets and the Theory of Evidence to Accounting**. JAI Press. Stanford. 1995.
- SIEGEL, Philip H., KORVIN, Andre de, OMER, Khursheed. (Editors). **Applications of Fuzzy Sets and the Theory of Evidence to Accounting, II**. JAI Press. Stanford. 1998.
- SYAU, Yu-Ru, et alii. **Fuzzy numbers in the credit rating of enterprise financial condition**. Review of Quantitative Finance and Accounting. 17: 35. 2001.
- TREUHERZ, Rolf M. **Análise financeira por objetivos**. 3^a ed. São Paulo: Pioneira, 1978.
- VON ALTROCK, Constantin. **Fuzzy logic and neroFuzzy applications in business and finance**. New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- YAGER, R.S.; OVCHINNOIKOV, r Tong and NGUYEN, H. **Fuzzy Sets and Applications**. Slected paper by L. A. Zadeh, New York: John Wiley, 1987.
- ZADEH, Lotfi A. **Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes**. IEEE Trans. on Systems Man Cybernet, 3, pp. 28-44, 1973.

