

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ELETRICIDADE

ALLISSON JORGE SILVA ALMEIDA

**MODELO DE PREDIÇÃO PARA O MERCADO ACIONÁRIO BASEADO NA
LÓGICA FUZZY.**

São Luís
2015

ALLISSON JORGE SILVA ALMEIDA

**MODELO DE PREDIÇÃO PARA O MERCADO ACIONÁRIO BASEADO NA
LÓGICA FUZZY.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Eletricidade.

Área de concentração: Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. Sofiane Ben El Hedi Labidi

São Luís
2015

Cítrix Receiver Almeida, Allisson Jorge Silva

***Modelo de predição para o mercado acionário baseado na lógica fuzzy /
Allisson Jorge Silva Almeida. – São Luís, 2015.***

69 f.

Orientador: Prof. Dr. Sofiane Bem El Hedi Labidi

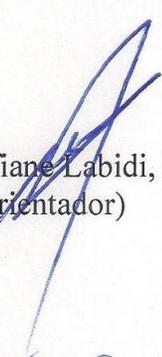
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade, 2015.

1. Mercado de ações 2. Bolsas de valores 3. Ações 4. Indicadores técnicos 5. Lógica Fuzzy I. Título

MODELO DE PREDIÇÃO PARA O MERCADO ACIONÁRIO BASEADO NA LÓGICA FUZZY

Allisson Jorge Silva Almeida

Dissertação aprovada em 20 de fevereiro de 2015.



Prof. Sofiane Labidi, Dr.
(Orientador)



Prof. Zair Abdelouahab, Ph.D.
(Membro da Banca Examinadora)



Profa. Karla Donato Fook, Dra.
(Membro da Banca Examinadora)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, força e saúde.

A minha esposa, Alana Valéria Lopes Coêlho Almeida, pela paciência e companheirismo. A nossa filha, Cecília Lopes Coêlho Almeida, por me alegrar todas as manhãs com seus sorrisos.

Aos meus pais, Maria do Amparo Silva Almeida e Antônio Jorge Dinis Almeida, pelo amor, criação e pela paciência em me educar para trilhar os caminhos da vida. Sem eles não seria possível pois, não mediram esforços para que eu chegue até esta etapa de minha vida. Aos meus sogros, Aracy Coêlho e Euvaldo Coêlho pelo carinho e apoio.

Em especial aos professores Sofiane Labidi e Nilson Santos Costa, pela orientação, apoio e principalmente por terem acreditado e investido neste projeto.

A todos os companheiros que de forma direta ou indireta contribuíram com a realização deste trabalho, em especial aos amigos do Laboratório de Sistemas Inteligentes (LSI) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA): Christian Diniz Carvalho, Luís Cláudio de Oliveira, Michel Pereira Cardoso, Milson Louseiro Lima, Paulo Cardoso, Nadson Timbó, Thiago Pinheiro do Nascimento, Raquel Machado de Sousa, Guilherme Lima e Rafael Pinheiro.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

“Uma vida sem desafios não vale a pena ser vivida.”

(Sócrates)

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar um modelo de predição para o mercado acionário baseado na Lógica *Fuzzy* que contribua com os negociadores desta ordem na simulação das operações antes de sua concretização. Para atingir esse propósito, foi utilizado dados históricos da Bolsa de Valores de São Paulo para realização dos cálculos matemáticos necessários referente aos indicadores técnicos utilizados, RSI - *Relative Strength Index*, MACD - *Moving Average Convergence/Divergence* e o Índice Beta. A seguir, os dados foram transformados em variáveis linguísticas originando o conjunto de dados *fuzzy* para serem aplicados ao Sistema de Controle *Fuzzy*. Foram utilizados dois ativos reais de empresas, PETR4 e VALE5 para as simulações. Os resultados demonstraram que o modelo fornece resultados coerentes com a movimentação do mercado em operação. Dessa forma, podendo ser utilizado como uma ferramenta de apoio na tomada de decisão no mercado de ações.

Palavras-chave: Mercado de Ações, Bolsa de Valores, Ações, Indicadores Técnicos, Lógica Fuzzy.

ABSTRACT

This work aims to present a prediction model for the stock market based on fuzzy logic that contributes to the negotiators of this order in the simulation of operations prior to before their implementation. To achieve this purpose, we used historical data of São Paulo Stock Exchange to perform the mathematical calculations needed regarding the technical indicators used, RSI - Relative Strength Index, MACD - Moving Average Convergence Divergence and the Beta Index. The following data were transformed into linguistic fuzzy variables yielding the data set to be applied to Fuzzy Control System. Two real assets were used in companies, and PETR4 VALE5 for the simulations. The results showed that the model provides results consistent with the changes in the current market. Thus, it can be used as a support tool in decision making in the stock market.

Keywords: Stock Market, Stock, Actions, Technical Indicators, Fuzzy Logic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do Processo de Negociação da Bolsa de Valores	25
Figura 2 – Representação do bloqueio através de um interruptor	30
Figura 3 – Expressão da Lógica Clássica e da Lógica <i>Fuzzy</i>	31
Figura 4 – Representação da variável linguística Febre	32
Figura 5 – Representação da variável linguística Altura	33
Figura 6 – Representação dos elementos básicos de um Sistema <i>Fuzzy</i>	34
Figura 7 – Etapas de desenvolvimento do Modelo Proposto	45
Figura 8 – Ilustração do site da UOL Cotações.....	46
Figura 9 - Diagrama de Atividades da coleta de dados para o dataset	47
Figura 10 - Diagrama de Atividades do processamento dos indicadores técnicos.....	48
Figura 11 - Diagrama de Atividades do processo de aplicação do Controle da Lógica Fuzzy	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico ilustrativo referente ao Indicador Técnico RSI	41
Gráfico 2 – Gráfico ilustrativo referente ao Indicador Técnico MACD.....	42
Gráfico 3 - Gráfico representativo da variável linguística RSI	51
Gráfico 4 - Gráfico representativo da variável linguística MACD	52
Gráfico 5 - Gráfico representativo da variável linguística do Índice Beta.....	52
Gráfico 6 - Gráfico representativo da variável linguística de saída Decisão	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cronologia Estrutural Patrimonial da Bolsa de Valores.....	22
Tabela 2 – Graus de pertinência da vairável linguística Altura	33
Tabela 3 – Regras utilizadas para simular o conhecimento do especialista.....	53
Tabela 4 – Resultado da aplicação do modelo ao ativo PETR4.SA.....	55
Tabela 5 - Resultado da aplicação do modelo ao ativo VALE5. SA.....	55

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 - Índice de Força Relativa	40
Fórmula 2 – Fórmula para o cálculo do Índice Beta.....	43

LISTA DE SIGLAS

ANFIS	Inference Adaptative Neuro-Fuzzy System
BOVESPA	Bolsa de Valores de São Paulo
CVM	Comissão de Valores Mobiliários
IBOVESPA	Índice Bovespa
FLC	Fuzzy Logic Controller
RSI	Relative Strenght Index
NASDAQ	National Association of Securities Dealers Automated Quotations
MACD	Moving Average Convergence Divergence
OBV	Volume On-Balance

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE GRÁFICOS	8
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE FÓRMULAS	10
LISTA DE SIGLAS	11
1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 MOTIVAÇÃO	17
1.2 OBJETIVO DO TRABALHO	19
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 BREVE HISTÓRICO	21
2.2 BOLSA DE VALORES	23
2.3 AÇÕES.....	26
2.4 LÓGICA FUZZY.....	27
2.4.1 Princípios da Lógica <i>Fuzzy</i>	28
2.4.2 Conjuntos <i>Fuzzy</i>	30
2.4.3 Sistema de Controle <i>Fuzzy</i>	34
3 ANÁLISE DE AÇÕES.....	37
3.1 ANÁLISE FUNDAMENTALISTA	37
3.2 ANÁLISE TÉCNICA	38
3.3 RELATIVE STRENGHT INDEX (RSI)	40
3.4 MOVING AVERAGE CONVERGENCE DIVERGENCE (MACD)	41
3.5 ÍNDICE BETA.....	43

4 PROPOSTA DO MODELO DE PREDIÇÃO FUZZY	44
4.1 METODOLOGIA	45
4.2 SOLUÇÃO PROPOSTA.....	50
4.3 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO	54
4.4 COMPARAÇÃO COM OUTROS TRABALHOS	57
5 CONCLUSÃO.....	59
5.1 TRABALHOS FUTUROS	60
5.2 CONTRIBUIÇÃO	60
REFERÊNCIAS	61
ANEXO A – CÓDIGO NO CONTROLADOR JFUZZYLOGIC	65

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia da informação, as fronteiras entre os países tem sido constantemente desmoronadas, possibilitando o mercado com novas conjunturas, aumentando assim sua concorrência. A revolução da tecnologia da informação é para todas as finalidades práticas uma segunda revolução industrial na história da humanidade. Esse processo vem causando impacto nos negócios, na sociedade e na vida, trazendo a informação com uma velocidade nunca imaginada.

Seu crescimento foi percebido com a fusão dos computadores e das telecomunicações nos anos 80, uma nova visão da tecnologia foi carregada como foco na gerência e na disseminação informações por parte das empresas e usuários. Foi somente com a popularidade dos computadores pessoais e com a especialização dos usuários que foi dirigida a tecnologia da informação nas vidas de toda a sociedade. Dando origem a uma nova ordem mundial cujas mudanças na atividade econômica são de proporcionalidade global.

Esse processo de mundialização ou globalização baseado em políticas de grande abertura e novas tecnologias, impôs mudanças de grande amplitude que afeta todo o mundo levando a uma interdependência nas relações econômicas, no comércio, nos investimentos, nas finanças, e na produção em escala global. Dessa integração econômica entre os países surge o o modelo de mercado eletrônico ou virtual decorrente da utilização da internet.

Neste modelo o avanço tecnológico apresenta várias vantagens, como a diminuição das barreiras geográficas, políticas e econômicas, a constituição de uma única moeda, aumento da fluidez de capitais, pessoas e mercadorias. Apresenta-se aí, uma economia de mercado com grande capacidade produtiva que se gerido com excelência pode trazer benefícios gigantescos, impulsionando o crescimento, criando postos de trabalhos mais produtivos, contribuindo de forma mais justa para produção de resultados mais igualitários entre os países, etc.

Desta forma, este senso de interdependência com os valores universais apresenta-se como um processo associado às novas tecnologias e a integração entre os mercados dos países. Dessa forma, o Mercado de Capitais passou a ter uma grande importância no desenvolvimento do país, pois estimula a poupança e o investimento produtivo, o que é essencial para o crescimento de qualquer sociedade econômica moderna (CVM, 2014, p. 37).

Cavalcante *et al* (2005) corrobora que o Mercado de Capitais tem um papel fundamental no processo de desenvolvimento da economia mundial, sendo um ambiente de realização de transações dinâmicas que visa proporcionar liquidez aos títulos emitidos pelas empresas, viabilizando o processo de capitalização destas. Portanto, este mercado é considerado uma proveitosa fonte de recursos financeiros para as empresas, fornecendo-as capital para fazer frente a investimentos.

Para BM&FBOVESPA (2010), o Mercado de Capitais é um sistema de distribuição de valores mobiliários que visa proporcionar liquidez aos títulos de emissão de empresas e viabilizar seu processo de capitalização. É constituído pelas bolsas de valores, corretoras e outras instituições financeiras autorizadas. Os principais títulos negociados são os representativos do capital de empresas, as ações, ou de empréstimos tomados, via mercado, por empresas debêntures conversíveis em ações, bônus de subscrição e *Commercial Papers*, que permitem a circulação de capital para custear o desenvolvimento econômico.

Especificamente na bolsa de valores, os investidores desejam maximizar seus retornos e minimizar possíveis prejuízos nas suas negociações. Comprar ações no preço mais baixo e vender no preço mais alto, em um determinado período de tempo é o objetivo que os investidores almejam alcançar. Portanto, é muito importante que essa negociação seja feita no momento certo, isso se deve pela quantidade de informações existentes e necessárias para tomada de decisão, como por exemplo: a utilização dos índices de mercado, fontes de risco e suas tendências. O conhecimento e controle deles são em muitas vezes o grande responsável pelo sucesso.

A literatura científica vem propondo modelos de predição para indicar o momento de realizar a compra e venda de ações. Seja por modelos matemáticos que permitem predizer a existência de mudanças em valores futuros de ações, como por algoritmos de identificação de padrões a partir de informações históricas do mercado. Segundo Rocha e Macedo (2011), a predição em mercado acionário pode tornar investimentos em ações algo muito rentável.

Na atualidade, existem ferramentas que apoiam os investidores na Bolsa de Valores tais como, *Home Broker* e *Mobile Broker*. O *Home Broker* permite o acesso de investidores pessoas físicas ao mercado acionário pela *internet* tornando mais prático, rápido e simples as negociações de compra e venda de ações.

Segundo Malheiros (2008, p.26) o *Home Broker* oferece outras vantagens, como o:

- Acompanhamento da carteira de ações em tempo real;
- Acesso às cotações;
- Envio de ordens imediatas, ou programadas, de compra e venda de ações;
- Recebimento da confirmação de ordens executadas, canceladas, etc.

Já o *Mobile Broker* disponibiliza as mesmas funcionalidades do *Home Broker*, a diferença é que pode ser acessado por dispositivos móveis como *tablets e smartphones*. Entretanto, observa-se que essas ferramentas permitem somente transações de compras e vendas sem nenhum apoio a tomada de decisões.

Um acionista toma decisões por diversas vezes baseado em conhecimentos de variáveis subjetivas, esses conhecimentos são coletadas ao longo do dia por análises de profissionais de mercado, balanços, canais de televisão, jornais e especulações de mercado. Se as ações estão subindo e o dólar caindo, então comprar mais ações; se o governo não controla a inflação e a dívida interna aumenta, então não investir em títulos da dívida pública, pois existe uma grande possibilidade de calote; se as compras estão aumentando e a produção está baixa, deve-se aumentar o preço do produto vendido.

Verifica-se que há uma demanda de conhecimentos subjetivos que são de difícil tratamento matemático, originando um problema de transcrição linguística para variáveis numéricas. Por esse motivo, os pesquisadores almejam abordagens e técnicas para o desenvolvimento de mecanismos mais elaborados que auxiliem operações de compra e venda antes de sua concretização. Dessa forma, é justificável o desenvolvimento de um modelo de predição do mercado acionário baseado na técnica de Inteligência Artificial (IA) denominada *Lógica Fuzzy*, pois essa é a sua função, representar conhecimento subjetivo.

1.1 MOTIVAÇÃO

Em todo o mundo, a busca pelo crescimento econômico é fator de grande importância para seu progresso. O desenvolvimento oportuniza trabalho, receita, renda, qualidade de vida e maior arrecadação. Nas empresas o crescimento econômico sustentável se faz através da continuidade da capacidade produtiva. Esta expansão é função, por sua vez, de investimentos em capital e recursos humanos. Esses investimentos funcionam quando produzem dois efeitos: acumulação do capital produtivo e aumento da produtividade (do capital e da mão-de-obra). O crescimento se acelera quando os investimentos são direcionados para as melhores alternativas, isto é, aquelas que apresentam os maiores retornos econômicos e sociais (BM&FBOVESPA, 2012, p.5).

Segundo Sousa (2005), a economia cresce mediante estímulos específicos, que se transmitem ao sistema como um todo, transformando-o. Para Harbeler (1976, p.44) o investimento, “é um fenômeno intrinsecamente dinâmico e uma determinante importante do crescimento, desempenha um papel chave. A aceitação do investimento como fator impulsionador do crescimento se estabelece em razão da concretização de investimento, isto é constatado quando há o aumento da produtividade de um país.”

É evidente a importância do mercado de capitais, essencialmente no Mercado Acionário para o desenvolvimento econômico. Segundo a BM&FBOVESPA (2010) o Mercado Acionário não apenas segue o crescimento econômico, mas proporciona os meios para prognosticar as taxas futuras de crescimento do capital, da produtividade e da renda per capita. Além disso, demonstra que as contribuições do setor são inúmeras, tais como:

- Buscar recursos dos poupadores e disponibilizá-los para o uso dos investidores, o mercado de ações incentiva não apenas a formação da poupança interna, mas, particularmente, a geração de poupança de longo prazo. É inegável a relação intrínseca entre a formação de poupança com os processos de crescimento auto-sustentado e manutenção do desenvolvimento econômico.
- O mercado de ações, ao premiar, via maximização dos retornos, o uso eficiente dos recursos e o momento correto da tomada de decisão, torna o próprio mercado cada vez mais eficiente e este efeito é transmitido aos demais setores da economia.

- Por sua vez, um mercado eficiente proporciona uma ampla gama de alternativas de financiamento, isoladamente ou pela combinação entre as diversas opções, reduzindo custos financeiros, o que contribui decisivamente para a saúde financeira das empresas, com conseqüente valorização do capital investido pelos acionistas.
- Um mercado acionário desenvolvido, com bom volume, liquidez e adequada regulamentação, facilita os negócios de mudança de controle/propriedade e privatização, o que tem contribuído para o aumento da produtividade econômica nos últimos anos, em nível global.
- A demanda por informações e demonstrações financeiras de qualidade, por parte do mercado acionário, é um fator que estimula a cultura empresarial e do público geral, com frutos para toda a atividade econômica.
- O mercado acionário reflete a opinião dos principais agentes acerca da conjuntura econômica doméstica e internacional e suas perspectivas, constituindo-se também em importante formador de opinião. Assim, os diagnósticos e recomendações originados deste mercado são elementos que os condutores da política econômica costumam considerar na tomada de decisões.

Cabe apontar o dever fundamental de um mercado de ações eficiente e desenvolvido para atrair, maximizar e consolidar a presença e permanência do capital estrangeiro. A volatilidade latente nestes fluxos mostra-se tão mais controlável quanto maior o grau de confiança e regulação adequada dos mercados locais, além do equilíbrio político-econômica dos mesmos.

Neste contexto, levando-se em consideração todos estes aspectos apontados anteriormente, verifica-se o grau de importância desse Mercado. Assim, se faz oportuno o desenvolvimento do modelo de predição que possa explicitar informações mais seguras para os investidores e que possibilitem antever uma negociação.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um modelo de predição baseado na Lógica *Fuzzy* para gerar recomendações diárias de compra, venda ou manter ativos, a ser introduzido em uma plataforma de Bolsa de Valores que está sendo desenvolvida no Laboratório de Sistemas Inteligentes (LSI) na sua camada de Inteligência. Para alcançar o objetivo geral, faz necessária a análise dos seguintes objetivos específicos:

- I. Explicar sobre os estudos da Lógica *Fuzzy*, o sistema de controle *Fuzzy*, fuzzificação, mecanismos de inferência, bases de regras e defuzzificação;
- II. Analisar os trabalhos existentes sobre predição em Bolsa de Valores com a finalidade de propor uma solução mais eficiente como contribuição para este mercado;
- III. Analisar os indicadores técnicos existentes para o Mercado de Ações;
- IV. Especificar as principais variáveis a serem aplicadas para a predição;
- V. Definir um modelo probabilístico ou matemático para a predição;
- VI. Especificar um modelo *fuzzy* utilizando I e II;
- VII. Desenvolver o modelo de predição proposto.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado em 5 capítulos. O Capítulo 1 é constituído da Introdução, da explanação da motivação do trabalho, aborda os objetivos gerais e específicos e organização deste trabalho.

No Capítulo 2, é realizada uma revisão bibliográfica, apresentando um breve histórico da Bolsa de Valores, conceitação e funcionamento, o Estado da Arte do Mercado de Ações. Além da apresentação da Lógica *Fuzzy* através de seus conceitos, da teoria dos conjuntos *fuzzy* e o Sistema de Controle *fuzzy*.

No Capítulo 3, são abordados os conceitos pertinentes aos indicadores técnicos utilizados neste trabalho.

No Capítulo 4, apresenta-se a proposta do modelo de predição pretendido, demonstrando sua metodologia, a solução proposta, a aplicação do modelo concebido e comparação com outros trabalhos.

No Capítulo 5, será apresentado a conclusão deste trabalho discorrendo sobre a análise dos resultados, explicitando suas perspectivas de evolução como proposta de trabalhos futuros e suas contribuições.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentando um breve histórico da Bolsa de Valores, conceito e funcionamento, o Estado da Arte do Mercado de Ações. Além da apresentação da Lógica *Fuzzy* através de seus conceitos, da teoria dos conjuntos *fuzzy* e o Sistema de Controle *Fuzzy*.

2.1 BREVE HISTÓRICO

A literatura aponta como remota a origem da Bolsa de Valores no mundo, escritores a localizam “nos *emporium* dos gregos, outros no *collegium mercatorum* dos romanos, ou nos bazares dos palestinos. Mais precisamente no Fórum da Roma Antiga, onde era praticada o equivalente a compra e venda de títulos” (RUDGE e CAVALCANTE, 1996, p.172).

Entretanto, não existe uma definição estruturada dessas práticas comerciais, somente que surgiu das mais remotas civilizações. Na Bélgica, na cidade de Burges, uma família de banqueiros conhecidos como Van der Burse reuniam-se com comerciantes para realizar trocas relevantes aos seus negócios. Talvez daí teria sido originado o seu nome atual. Entretanto, foi somente no ano de 1602 em Amsterdam através da Companhia Holandesa das Índias Orientais que foram negociadas as primeiras ações numa casa de valores (OECONOMISTA, 2013).

No Brasil, inicialmente a BOVESPA teve sua origem em 23 de agosto de 1890, por um grupo de negociantes liderados por Emilio Rangel Pestana. Nesse período a BOVESPA assumiu um papel de bolsa de valores sem fins lucrativos, perfil que perdurou até 1997. Enquanto isso, a BM&F teve sua origem em janeiro de 1986, e no início da década de 90 fortaleceu-se no Mercado Nacional, solidificando-se como principal centro de negociação de derivativos da América Latina. Em 8 de maio de 2008 foi instituída a BM&FBOVESPA, com a integração da BM&F (bolsa de derivativos) e BOVESPA (bolsa de ações). Nascendo assim, uma das maiores Bolsas de Valores do mundo. Hoje a BM&FBOVESPA ocupa uma posição de destaque no mercado internacional, é a segunda no ranking das américas BM&FBOVESPA (2009).

A seguir, a Comissão de Valores Mobiliários (CVM, 2014, p.235), aponta uma série de eventos que demonstram a cronologia da estrutura patrimonial da Bolsa de Valores.

Tabela 1 – Cronologia Estrutural Patrimonial da Bolsa de Valores em série de eventos

ANO	EVENTO
1934	Transforma-se em Bolsa Oficial de Valores de São Paulo, entidade oficial corporativa vinculada à Secretaria de Finanças do Estado de São Paulo, com corretores oficiais de fundos públicos nomeados pelo governo.
1967	Deixa de ser oficial, passa a chamar-se Bovespa - Bolsa de Valores de São Paulo, e corretores oficiais se transformam em sociedades corretoras (ou empresas individuais com o mesmo objeto social).
1986	Cria-se a BM&F – Bolsa Mercantil e de Futuros, com a Bovespa como instituidora.
1991	Acordo entre a BM&F e a BMSP – Bolsa de Mercadorias de SP, com troca de nome para BM&F – Bolsa de Mercadorias e Futuros.
1997	Acordo entre a BM&F e a BBF – Bolsa Brasileira de Futuros, do Rio de Janeiro.
1999	Unificação das operações de pregão com as demais bolsas de valores do país
2007	Desmutualização da Bovespa e da BM&F

Para a CVM, as mudanças organizacionais justificam a ocorrência desses eventos nesses períodos. Como a criação de novas regras em 1966 para formação de sociedade corretoras, a criação em 1976 da Comissão de Valores Mobiliários e a normatização das atividades da bolsa, em 2007 deixando de ser uma associação civil e transformando-se numa companhia e os títulos patrimoniais das corretoras integralizando o capital da nova companhia. A seguir veremos mais detalhes sobre a bolsa de valores.

2.2 BOLSA DE VALORES

Segundo Correia (2008, p. 31) “Bolsa de Valores são locais que oferecem condições e sistemas necessários para a realização de negociação de compra e venda de títulos e valores mobiliários de forma transparente”.

De acordo com Luquet (2007, p.76)

Na Bolsa de Valores, associação sem fins lucrativos o objetivo é promover todas as condições necessárias para o funcionamento do mercado de ações. Além disso, tem atividade de auto-regulação que visa a preservar elevados padrões éticos de negociação e divulgar as operações executadas com rapidez, amplitude e detalhes.

Os principais títulos negociados são os representativos do capital de empresas, as ações ou de empréstimos tomados, via mercado, por empresas, debêntures conversíveis em ações, bônus de subscrição e *commercial papers*, que permitem a circulação de capital para custear o desenvolvimento econômico (BM&FBOVESPA, 2010).

São organizadas sob a forma de sociedade por ações, que são reguladas e fiscalizadas pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM). Tem a autonomia de atuar sobre as corretoras de valores que nela operam. As corretoras por sua vez são registradas no Banco Central do Brasil e CVM. O acesso aos sistemas de negociação que efetuam as negociações de compra e venda só podem ser executadas através das corretoras e distribuidoras.

O mercado de capitais abrange ainda as negociações com direitos e recibos de subscrição o de valores mobiliários, certificados de depósitos de ações e demais derivativos autorizados à negociação.

Segundo a BM&FBOVESPA (2010) as principais atividades das bolsas são:

- Manter local ou sistema de negociação eletrônico adequados à realização de negociações de compra e venda de títulos e valores mobiliários;
- Estabelecer sistema de negociação que propicie e assegure a continuidade das cotações e a plena liquidez do mercado;
- Oferecer ampla e rápida divulgação às operações efetuadas em seu pregão;
- Assegurar aos investidores completa garantia pelos seus títulos e valores negociados.

O processo que envolve a compra e a venda, tanto no mercado primário como no secundário, pode ser dividido em três fases: pré-negociação, negociação e pós-negociação. Seu funcionamento desenvolve-se através das seguintes etapas de negociação CVM (2014, p. 243).

- Pré-negociação (*Pré-trading*): processo que compreende os serviços de informação ao Mercado e as vendas de sinais e cotações.
- Negociação (*Trading*): Ocorre quando os investidores, representados pelas Corretoras ou Distribuidoras, enviam ordens de compra e venda para o pregão eletrônico - sistema de negociação. Para que a efetivação desse negócio seja concluída, é necessária uma terceira fase, conhecida como pós-negociação.
- Pós-negociação (*Pós-trading*): Ocorre com as seguintes etapas da compensação, liquidação e custódia (guarda dos ativos).

A seguir na Figura 1, a ilustração das etapas do processo de negociação da bolsa. Essas etapas serão descritas mais detalhadamente nos tópicos seguintes.

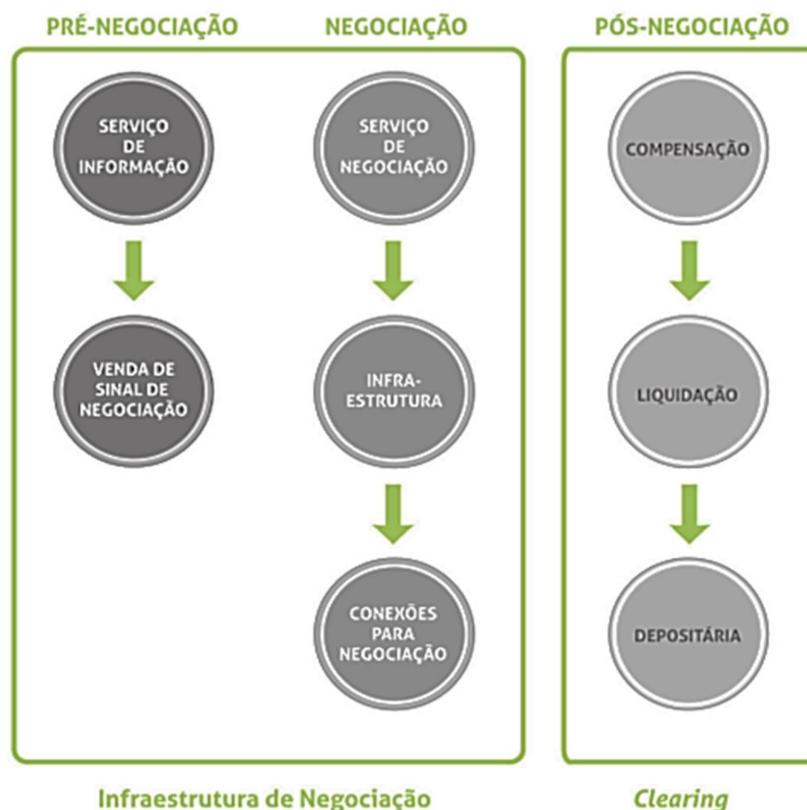


Figura 1 - Etapas do Processo de Negociação da Bolsa de Valores
 Fonte: Comissão de Valores Mobiliários - CVM (2014, p. 244)

Introduzido pela BM&FBOVESPA em 2010, esse novo sistema de negociação PUMA *Trading System* foi desenvolvido em parceria com o CME Group e substituiu o antigo sistema Mega Bolsa. Considerado tecnologicamente muito superior, o PUMA trouxe uma série de benefícios, entre eles: melhor desempenho em processamento e velocidade de execução de ofertas; simplificação do acesso, com a unificação do cadastro de operadores para todos os segmentos; e negociação de diferentes classes de instrumentos em uma mesma plataforma.

No modelo atual de negociação, representantes de corretoras, distribuidoras de valores e bancos de investimento que pleitearem seu cadastramento e forem aceitos, podem intermediar operações na BM&FBOVESPA. Tanto pessoas físicas como jurídicas podem também acessar diretamente os pregões, desde que devidamente cadastrados junto a um intermediador, que será responsável pelas operações dos seus clientes. Desde 2009, inclusive, clientes podem atuar no modelo de DMA para colocar ordens automatizadas (*algorithmic trade*) e fechar negócios nos pregões.

As negociações das ações na bolsa, são pedaços de empresas que dispuseram parte de seu capital para negociações de compra e venda na Bolsa de valores. Diferentemente dos moldes tradicionais de negociação na Bolsa de Valores que conhecemos através dos filmes, onde os negociadores atuavam no pregão viva voz intermediando os negócios entre os investidores, através de telefones e dos registros de negociação que eram feitos através de enormes quadros-negros de pedra. Hoje, toda negociação pode ser feita diretamente por meio da Internet através de sistemas de negociação eletrônica.

Este tipo de negociação permite que possam ser enviadas ordens de compra ou venda de ações eletronicamente, através de programas de computador que efetuam as transações. O responsável por esse processo são as corretoras, são elas que recebem a ordem do investidor, entram no sistema e executam a operação informada. Agora que já temos informações acerca de como se dá os processos de funcionamento da Bolsa de valores, iniciaremos no próximo tópico a leitura sobre os conceitos pertinentes sobre o que são ações.

2.3 AÇÕES

Ações são títulos nominativos negociáveis que representam para quem as possui uma fração do capital social de uma empresa, ou seja, é um pedacinho de uma empresa. Com um ou mais pedacinhos da empresa, você se torna sócio dela (BM&FBOVESPA, 2010).

Neto (2008, p.74), descreve ações como sendo

Valores representativos de uma parcela do capital de uma sociedade negociadas no mercado e que refletem a participação dos acionistas no capital social. Dessa forma, o detentor de uma ação torna-se o sócio da empresa, mesmo que seja com uma pequena participação. Além disso, o acionista é um co-proprietário e tem direito a participação em seus resultados.

Para CVM (2014, p.72) ação é a menor parcela do capital social das companhias ou sociedades por ações. É, portanto, um patrimônio e, como tal, concede aos seus titulares, os acionistas, todos os direitos e deveres de um sócio, no limite das ações possuídas. Normalmente as ações não possuem prazo de resgate e são negociadas na Bolsa de Valores. Por estarem sendo negociadas todos os dias, seus preços podem aumentar ou diminuir rapidamente levando em consideração o grau de interesse dos investidores. Os preços das ações tem sua divulgação através de jornais, sites e revistas especializadas.

Os tipos de ações podem ser de diferentes espécies, conforme direitos concedidos aos seus acionistas. O Estatuto Social das companhias define as características de cada espécie de ações. É o documento que dá origem à sociedade e que rege durante toda a sua vida. Ele especifica as principais características da sociedade, como qualificação, tipo jurídico, denominação, localização, objeto social, forma de integralização e valor do capital social, data de encerramento do exercício social, regras que devem ser cumpridas por administradores e acionistas, entre outros. De acordo com Malheiros (2008, p.13), as ações podem ser de dois tipos:

- Ação Ordinária: proporcionam participação nos resultados da empresa e conferem ao acionista o direito de voto em assembléias gerais.
- Ação Preferencial: garantem ao acionista a prioridade no recebimento de dividendos (geralmente em percentual mais elevado do que o atribuído às ações ordinárias) e no reembolso de capital, no caso de dissolução da sociedade. Este tipo de ação não possui direito a voto. Os direitos de cada classe constam no Estatuto Social.

As ações, ordinárias ou preferenciais, são sempre nominativas, originando-se do fato a notação ON ou PN depois do nome da empresa. As ações também podem ser diferenciadas por classes: A, B, C ou alguma outra letra que apareça após o "ON" ou o "PN". As características de cada classe são estabelecidas pela empresa emissora da ação, em seu estatuto social. Essas diferenças variam de empresa para empresa, portanto, não é possível fazer uma definição geral das classes de ações. A seguir Exemplos de nomenclatura das ações:

- Petrobrás ON = PETR4
- Vale do Rio Doce PNA = VALE5

2.4 LÓGICA FUZZY

Nesta seção apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre os fundamentos básicos da Lógica *Fuzzy*, da teoria dos conjuntos *fuzzy* e do Sistema de Controle *fuzzy*. Os conhecimentos descritos serviram como base para o desenvolvimento do modelo.

2.4.1 Princípios da Lógica *Fuzzy*

A Lógica *Fuzzy* é uma alternativa para a modelagem computacional do raciocínio humano, é a sua implementação lógica que permite que estados de imprecisão e ambiguidade possam ser tratados por dispositivos de controle. O termo *fuzzy* tem sua tradução em virtude do seu contexto, na língua portuguesa tem os adjetivos, nebuloso ou difuso, como sua tradução mais utilizada. Introduzida em 1930 por Jan Lukasiewicz, continuada por Max Black em 1937 e redescoberto em 1965, por Lofti A. Zadeh, quando publicou o artigo *Fuzzy Sets*.

Neste artigo, “o professor Lofti Zadeh formalizou o que, anos depois vinha a ser uma das maiores revoluções no setor matemático: a lógica *fuzzy*. Esta teoria trata os conjuntos não totalmente verdadeiros nem tão pouco dos totalmente falsos” (CONSENZA *et al.*, 2006, p.2).

Para Lofti Zadeh (1965)

Na medida em que a complexidade de um sistema aumenta, torna-se mais difícil e eventualmente impossível realizar asserções precisas sobre o seu comportamento eventualmente chegando-se em um ponto de complexidade onde o único meio para se resolver um problema seria utilizando o método da Lógica *Fuzzy* o qual é naturalmente utilizando pelos humanos.

Chen e Pham (2000, p.58) descrevem a lógica *fuzzy* como multivalorada, pois permite que valores intermediários a ser definido entre as avaliações convencionais, como verdadeiro, falso, sim, não, alto, baixo e etc. Informações como muito alto ou muito rápido pode ser formulada matematicamente e processados por computadores, a fim de aplicar uma maneira mais semelhante à humana de reflexão na programação de computadores.

Para Boente (2009), lógica *fuzzy* é uma teoria que imita a capacidade de pensar em ambientes de incerteza, e assim, é possível o desenvolvimento de aplicações com valores imprecisos e subjetivos. Já Izard (2007, p. 41) descreve o advento da teoria *fuzzy* como, “causado pela necessidade de um método capaz de expressar, de uma maneira sistemática, quantidades imprecisas, vagas e mal-definidas”

Foi na década de 70 na Europa que as primeiras aplicações da lógica *fuzzy* foram utilizadas, na década seguinte, o Japão iniciou o seu emprego no sistema de tratamento de água feito pela empresa Fuji Eletric e pela Hitachi no sistema de metrô. Mas foi por volta de 1990 que chamou a atenção das empresas dos Estados Unidos.

Hoje em dia, por conta de capacidade de explorar variáveis linguísticas, de possibilitar o desenvolvimento do raciocínio próximo do ser humano, das várias formas de operações e potencialidade em aplicações, sua aplicabilidade tem sido demonstrada no apoio aos profissionais em várias áreas, como na engenharia, química, biologia, medicina, epidemiologia, ecologia, economia, psicologia, ciências sociais, educação e saúde pública.

Luger e Stubblefield (1997) descrevem que o desejo de resolver problemas cada vez mais complexos tem produzido o desenvolvimento dos computadores e a necessidade de máquinas cada vez mais eficientes e capazes tem, por sua vez, impulsionado o desenvolvimento da Inteligência Artificial. MacNeill e Thro (1994, p.15) relacionam algumas características de sistemas onde a aplicação da Lógica *Fuzzy* se faz necessária:

- Sistemas complexos que são difíceis ou impossíveis de modelar;
- Sistemas controlados por especialistas humanos;
- Sistemas com entradas e saídas complexas e contínuas;
- Sistemas que se utilizam da observação humana como entradas ou como base para regras;
- Sistemas que são naturalmente vagos, como os que envolvem ciências sociais e comportamentais, cuja descrição é extremamente complexa.

A lógica *fuzzy* difere da Lógica Clássica de conjuntos, que tem como característica permitir o tratamento de classes de objetos e suas inter-relações em um universo definido. Nessa teoria, a pertinência de um dado elemento com relação a um conjunto refere-se ao fato de tal elemento pertencer ou não a esse conjunto. Neste modelo, o estado natural dos eventos é totalmente definido, ou é verdadeiro (1) ou é falso (0). Para ilustrar, considere a figura 2, como uma representação da aplicação da Lógica Clássica representada sua posição através de dois estados: Aberto ou Fechado, ON (ligado) ou OFF (desligado), ou seja, um elemento pertence ou não a um determinado conjunto e, além disso, tal elemento não pertence a mais de um conjunto.

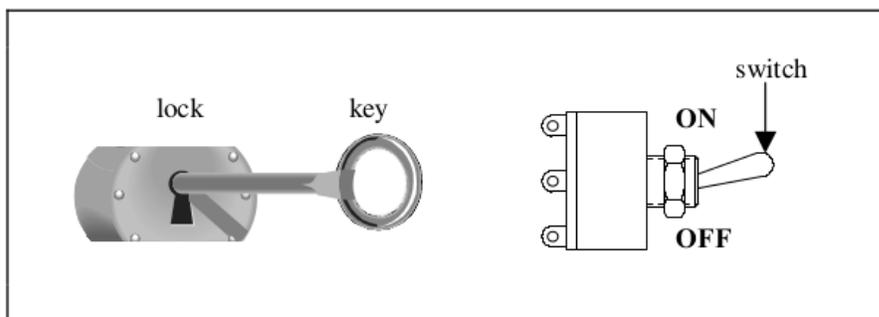


Figura 2 – Representação do bloqueio a esquerda pela chave e a direita pelo interruptor

Fonte: (CHEN;PHAN. Introduction to *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems*, p. 58)

Inversamente à Lógica Clássica, a Lógica *Fuzzy* tem por objetivo fornecer os fundamentos para efetuar o raciocínio aproximado com proposições imprecisas, usando a teoria dos conjuntos nebulosos como ferramenta principal. Zebda (1998) a descreve como não sendo uma teoria de decisão, mas sim um cálculo (uma linguagem de modelagem) onde fenômenos vagos no sistemas humanísticos podem ser tratados de forma sistemática.

Nguven e Walker (2000) afirmam que a lógica *fuzzy* é um super-conjunto da lógica booleana tradicional, por estender o conjunto restrito dessa, composto da dualidade “verdadeiro” ou “falso”, representado por 1 ou 0, acrescentando-lhe o conceito de parcialmente verdadeiro, isto é, valores entre o completamente verdadeiro (de valor 1) e o completamente falso (de valor 0).

Baseado em todos estes conceitos, todos os objetos permitem graus de pertinência. Desta forma, a Lógica *Fuzzy* busca responder a problemas, onde os estados dos eventos são vagos, as transições entre o pertencer e o não pertencer são indefinidas.

2.4.2 Conjunto *Fuzzy*

O conceito de conjunto *fuzzy* desenvolvido por Lofti Zadeh é definido no universo de discurso U é caracterizado por uma função de pertinência μ_A , a qual mapeia os elementos de U para o intervalo $[0,1]$, permitindo assim, uma transição gradual. A seguir, a representação da função de pertinência.

$$\mu_A: \Rightarrow [0, 1]$$

Dessa forma, a função de pertinência combina com cada elemento pertencente a um número real $\mu_A(x)$ no intervalo $[0, 1]$, que significa o grau de possibilidade de que o elemento x venha a pertencer ao conjunto A , ou seja, o quanto é possível para o elemento x pertencer ao conjunto A . Para melhor compreensão do conceito, demonstra-se através da figura 3 a diferença entre função característica da teoria clássica dos conjuntos (1) e a função característica da lógica *fuzzy* (2).

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{se, e somente se, } x \in A \\ 0 & \text{se, e somente se, } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & \text{se, e somente se, } x \in A \\ 0 & \text{se, e somente se, } x \notin A \\ 0 \leq \mu(x) \leq 1 & \text{se } x \text{ pertence parcialmente a } A \end{cases} \quad (2)$$

Figura 3 - Expressão da Lógica Clássica e da Lógica *Fuzzy*
 Fonte: (MARRO *et al.*, *Lógica Fuzzy: conceitos e Aplicações*, p. 3)

Percebe-se que o conjunto *fuzzy* não possui fronteiras bem definidas e que foram introduzidos devido ao fato de os conjuntos clássicos apresentarem limitações para lidar com problemas onde as transições de uma classe para outra acontecem de forma suave. Sua definição, propriedades e operações são obtidas da generalização da teoria de conjuntos clássicos, recaindo esta em um caso particular da teoria de conjuntos *fuzzy* (ORTEGA, 2001).

Uma outra importante definição associado aos conjuntos *fuzzy*, é o de variável linguística. Segundo Lofti Zadeh (1965) em uma linguagem L , cada palavra (x) pode ser vista como uma descrição resumida de um subconjunto $M(x)$ de um universo do discurso U , onde $M(x)$ representa o significado de (x). Considera-se a linguagem como um sistema para atribuir rótulos atômicos e compostos para subconjuntos de U . Goldschmidt e Passo (2005, p. 188) definem uma variável linguística como “um objeto utilizado para representar de modo impreciso um conceito em um determinado problema”.

Wang (1997, p.60), descreve que uma variável linguística é caracterizada pela expressão:

(X, T, U, M) onde :

- X é o nome da variável linguística;
- T é o conjunto de valores linguísticos que X pode receber;
- U o universo de discurso;
- M o significado dos termos linguísticos, representado através de conjuntos nebulosos.

A teoria do conjunto *fuzzy* permite especificar quão bem um objeto satisfaz a uma descrição vaga. Classificam os elementos de um determinado universo baseado em fatores mais humanos, mais maleáveis, pois admitem graus parciais de pertinência. De forma ilustrativa, levemos em consideração a febre de uma pessoa, que pode estar entre as temperaturas de 35 e 40°C. A figura 4 apresenta a variável linguística “Febre”, os termos linguísticos atribuídos a ela são: baixa, média e alta. O domínio da variável é o intervalo de [36, 40]. Cada termo tem a ele associado um conjunto *fuzzy* que o caracteriza.

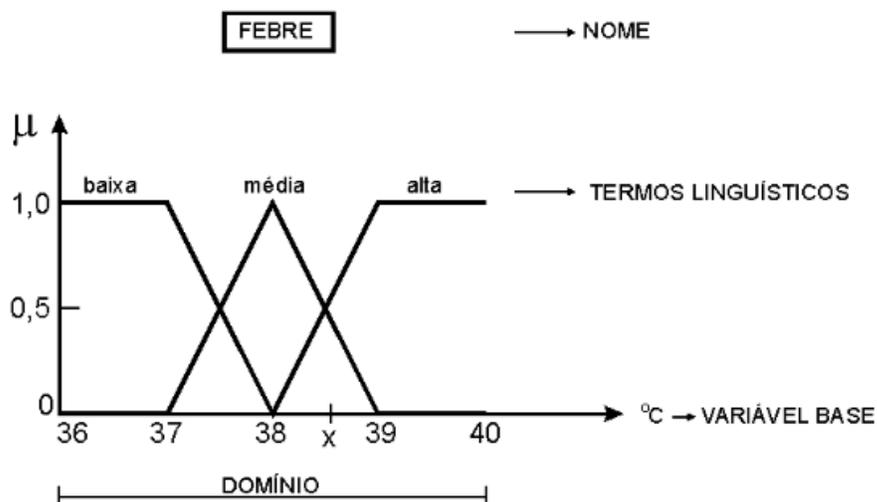


Figura 4 – Representação de variável linguística Febre

Fonte: (ORTEGA, Neli Regina Siqueira,. Aplicação da Teoria de Conjuntos *Fuzzy* a Problemas da Biomedicina, p. 27)

Em outro exemplo, podemos verificar na figura 5 a representação da variável linguística “Altura” que está no intervalo de [1,50, 2,10] designada pelos seguintes termos atribuídos: baixo, medio e alto.

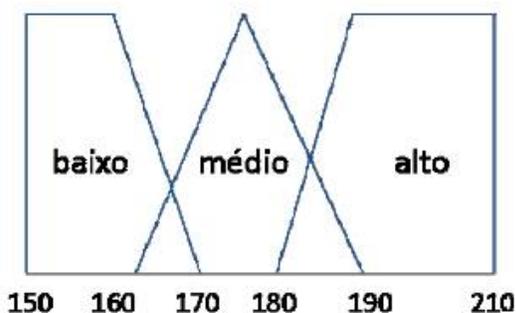


Figura 5 – Representação de variável linguística Altura
 Fonte: (MARRO *et al.*, *Lógica Fuzzy: conceitos e Aplicações*, p. 3)

Nesse contexto, analisemos a seguinte proposição: “Maria é Alta”, ela é verdadeira sabendo-se que a altura de Maria é igual 1,70, assim não há incerteza pois estamos seguros da altura de Maria, mas o termo linguístico “Alta” é vago, então como interpretá-lo? A seguir na tabela 2 sua representação em graus de pertinência para a variável linguística “altura” citado.

Tabela 2 – Graus de pertinência da variável linguística Altura.

	Alto	Médio	Baixo
Grau de Pertinência	=1,65, = 1,75 e =1,85	=1,45, = 1,60 e =1,75	=1,40, = 1,50 e =1,60
μ_A	0 0,5 1	0 1 0	1 0,5 1

Nesta situação, apresenta-se um grau de pertinência de cada termo linguístico em investigação relacionado em centímetros. Uma pessoa com menos de 1,65 de altura poderia ser considerada nem um pouco alta, assim como pessoa acima de 1,60 de altura não é baixa.

Muitas palavras e estimativas que usamos no raciocínio do nosso dia-a-dia não são facilmente definidas na forma matemática. Por esse motivo é importante a aplicação das variáveis linguísticas. Maturana e Varela (1995) reforçam essa aplicabilidade das variáveis linguísticas ao afirmarem que o ato mental de conhecer produz, em sua essência, um mundo condicionado pelo operar recursivo da linguagem humana.

Para Chen e Pham (2000, p. 57) elas possibilitam o tratamento mais adequado de expressões verbais, imprecisas, qualitativas, inerente da comunicação humana, que possuem vários graus de imprecisão e pode sistematicamente traduzir os termos difusos da comunicação humana em valores compreensíveis por computadores.

Esse tratamento é realizado pela expressão de termos com grau de pertinência, dentro de um intervalo numérico de $[0,1]$. Onde o grau de compatibilidade absoluto é representada pelo valor 1 e o grau de incompatibilidade total é representado pelo valor 0. A inferência lógica no raciocínio humano são entradas e saídas associadas por regras com graus de verdade dentro de um intervalo de $[0,1]$.

2.4.3 Sistema de Controle *Fuzzy*

Segundo Wang (1997, p.7), os elementos básicos de um sistema de Lógica *Fuzzy* consistem geralmente em quatro partes principais: fuzzificação, base de regras *fuzzy*, máquina de inferência *fuzzy* e por fim o processo de defuzzificação, na figura 6 pode ser observado os elementos.

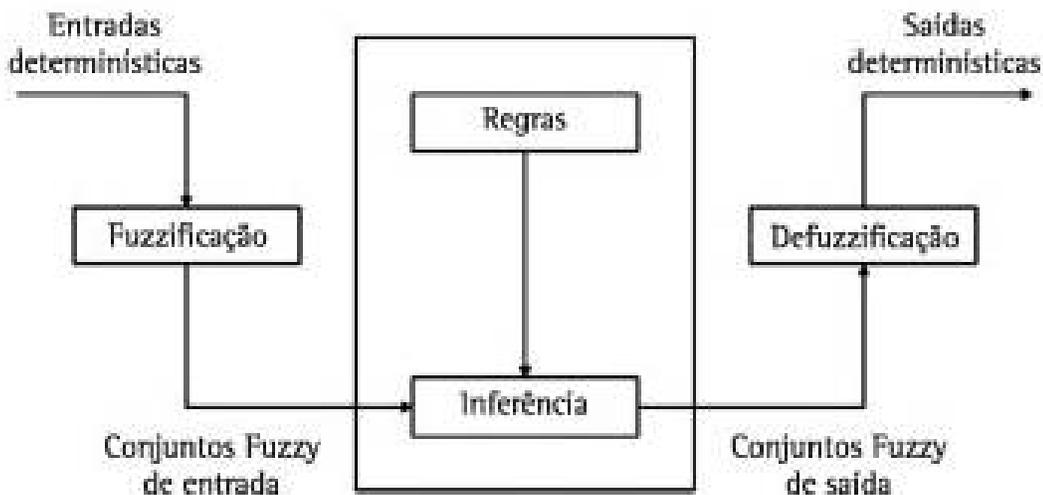


Figura 6 – Representação dos elementos básicos de um Sistema *Fuzzy*
 Fonte: (WANG, Li-Xin. A Course in *Fuzzy* Systems and Control, 1997. p. 7)

Wang (1997) descreve os quatro componentes que compõem o Controle da Lógica *Fuzzy*:

- Fuzzificação: este processo tem o papel de converter os valores reais de entrada (escala ou vetorial) em um grau de pertinência a conjunto *fuzzy* para que sejam processados pela máquina de inferência. Ou seja, transforma entradas determinísticas em entradas nebulosas.
- Regras: são utilizadas para operar corretamente os conjuntos *fuzzy*, para a criação destas regras é necessário o raciocínio coerente para obtenção dos resultados desejados. Este raciocínio é decomposto em duas etapas, a primeira avalia o antecedente da regra e o segundo aplica os resultados no consequente. Nesta etapa comumente são utilizados os especialistas para a definição das regras.
- Inferência: tem por objetivo, após obtidas as entradas nebulosas, gerar as saídas dos conjuntos nebulosos. Este processo baseia-se na aplicação do conjunto de regras *fuzzy*.
- Defuzzificação: é o processo que especifica um ponto na saída que melhor represente o conjunto *fuzzy*. Para isso é necessário a escolha de defuzzificador. Existem três mais utilizados, são eles: Centro de Gravidade, Centro de Ponderado e Centro Máximo. Na escolha do melhor defuzzificador, deve-se levar em consideração, as seguintes características: plausibilidade, simplicidade computacional e de continuidade. Assim, a escolha do método depende das propriedades do caso de aplicação.

Em alinhamento com o objetivo deste trabalho, a aplicação do sistema *fuzzy* demonstra características suficientes para o desenvolvimento do modelo de predição. Já que o mercado acionário é cercado de complexidade, de imprecisão e indicadores sensíveis a fatores externos. Jang e Gulley (1995, p.7), validam essa escolha citando algumas vantagens desta técnica. Veja a seguir algumas delas:

- É conceitualmente fácil de entender. Os conceitos matemáticos por trás do raciocínio distorcido são muito simples. A lógica *fuzzy* é uma abordagem mais intuitiva, sem a complexidade de longo alcance.
- É flexível. Com um determinado sistema, é fácil para a camada de mais funcionalidade sem iniciar novamente a partir do zero.
- É tolerante com dados imprecisos. Tudo é impreciso, se você analisar bem de perto, a maioria das coisas é impreciso, mesmo em uma análise mais cuidadosa.
- Pode modelar funções não-lineares de complexidade arbitrária. Você pode criar um sistema *fuzzy* para combinar com qualquer conjunto de dados de entrada e saída. Este processo é particularmente fácil através de técnicas adaptativas como *Inference Adaptive Neuro-Fuzzy System* (ANFIS), que estão disponíveis no *software Toolbox* lógica *fuzzy*.
- Pode ser construído com base na experiência de especialistas. Em contraste direto com redes neurais, que levam dados de treinamento. São modelos impenetráveis, permite contar com a experiência de pessoas que já entendem seu sistema.
- Pode ser utilizado juntamente com técnicas de controle convencionais. Não necessariamente substituem os métodos convencionais de controle. Em muitos casos sistemas *fuzzy* aumentam e simplificam a sua implementação.
- É baseada na linguagem natural, para a comunicação humana. Esta observação está subjacente a muitas das outras declarações sobre lógica *fuzzy*.

3 ANÁLISE DAS AÇÕES

Para atuar no mercado de forma profissional, o investidor profissional utiliza duas vertentes de análise de investimento, a análise técnica e a análise fundamentalista. Neste capítulo será apresentado estas duas vertentes, identificando-se os princípios básicos que as fundamentam, assim como os fatores de mercado e procedimentos relevantes para cada uma delas.

3.1 ANÁLISE FUNDAMENTALISTA

No momento em que o investidor compra uma ação, esta ação lhe dá o direito sobre futuros lucros de uma empresa. Dessa forma, a seleção de ações tem características financeiras, já que está relacionada ao desempenho econômico das empresas. Para estimar esse comportamento utiliza-se a análise fundamentalista.

A análise fundamentalista de empresas tem o objetivo de avaliar alternativas de investimento a partir do processamento de informações obtidas junto às empresas, partindo do entendimento da conjuntura macroeconômica na qual a companhia se insere. As informações utilizadas geralmente envolvem os níveis futuros e previstos das atividades macro-econômica, setorial e da empresa; além de considerações políticas que possam influenciar o comportamento de variáveis econômicas, tanto em nível macro quanto em nível micro (SANVICENTE e MELLAGI FILHO, 1988), e que podem, de uma maneira ou outra, afetar taxas de retorno esperadas e o grau de incerteza a elas associadas.

A atividade do analista fundamentalista, determina em razão de que as tendências tanto de alta, quanto de baixa são desenvolvidas. Analisa também os procedimentos operacionais das empresas como, por exemplo, os balanços e demonstrativos de resultado das empresas e o valor esperado de sua ação.

3.2 ANÁLISE TÉCNICA

Para Lemos e Costa (1997), os preços das ações tendem a oscilar longe de seu valor real por longos períodos de tempo, tanto no curto, quanto no longo prazo mostrando a importância de aspectos psicológicos, mais do que racionais, nas oscilações dos preços das ações no mercado. É essa oscilação a razão de ser do analista técnico, que busca prevê-la com o intuito de tomar posições de compra e venda que resultem em lucro (BODIE et. al. 2000).

Na análise técnica é a média das opiniões de todos os participantes do mercado, ponderada em função do poder de cada participante, que comanda as oscilações do pregão. Para visualizar o comportamento das massas, poder analisá-lo e interpretá-lo, o analista usa gráficos do preço das ações em função do tempo e do volume.

Segundo (MURPHY, 1986, p. 34) define que “ a análise técnica é o estudo da ação do mercado, principalmente através da utilização de gráficos, com a finalidade de prever futuras tendências de preços”. “Para a análise técnica, a resposta está nos gráficos de preços e volume. Os gráficos traduzem o comportamento do mercado, e avaliam a participação de massas de investidores a induzir as formações de preços (CAVALCANTE *et al*, 1998, p. 266)”.

Encontram-se dezenas de fatores fundamentais, de informação privilegiada e psicológica que fazem com que ordens de compra e de venda sejam executadas diariamente. Ao estudar o comportamento dos gráficos, o analista técnico acredita que está considerando, mesmo que indiretamente, esses fatores.

Neste contexto, não é necessário que o analista se preocupe com outros dados senão os que se relacionam com o comportamento da ação no mercado e com indicadores que derivem direta ou indiretamente desse comportamento [...]. A análise técnica parte da premissa de que o preço da ação reflete toda a sorte de dados e de informação existentes no mercado, não sendo, pois, necessário considerá-los isoladamente (TREUHERZ, 1972, p. 26). “Os analistas técnicos acreditam que os preços refletem tudo o que sabe sobre o mercado, incluindo todos os fatores fundamentais. Cada preço representa o consenso de valor de todos os participantes do mercado (ELDER, 1993, p. 65).

Para Murphy (1999, p. 03) que a análise técnica se baseia em três premissas:

- A ação do mercado desconta tudo, seja fato político, fundamental ou psicológico;
- Os preços se movem em tendências cuja identificação é o proposto principal da análise técnica;
- O futuro é a repetição do passado.

3.3 INDICADORES TÉCNICOS

Segundo Matsura (2006), os indicadores técnicos são formulados a partir de diversas combinações de preços e volume, capturando padrões resultantes do valor médio de um período de preços. São muito utilizados como método para predição financeira pela possibilidade de serem programados em computador, além disso são considerados pioneiros no segmento de predição.

Indicadores técnicos são utilizados, principalmente, para informar a tendência atual do mercado e momentos de reversão, o que permite sugerir quando comprar e vender ações almejando o máximo lucro nos pontos de reversão da tendência. A ocorrência de tendências é um fator importante para predição de séries temporais financeiras (COSTA, 2008, p. 17).

Matsura (2006) contribui ainda informando que os indicadores podem ser divididos em dois grupos, os rastreadores de tendência e os osciladores. Os rastreadores são muito utilizados para o reconhecimento de novas tendências ou continuação das mesmas. Enquanto os osciladores apresentam melhores resultados quando o mercado encontra-se sem tendência definida.

Dentre os vários indicadores técnicos empregados para antecipar reversões, identificar e confirmar tendências, destacam-se: o *Relative Strength Index* (RSI), o *Moving Average Convergence Divergence* (MACD) e o Índice Beta, estes indicadores foram utilizados neste trabalho e são melhor descritos a seguir.

3.3.1 RSI - RELATIVE STRENGTH INDEX

O *Relative Strength Index* ou Índice de Força Relativa (IFR) foi concebido por Welles Wilder em 1978 através da publicação do seu livro *New Concepts in Technical Trading Systems* que a propósito apresentou o conceito para monitorar alterações nos preços de fechamento, a observação do enfraquecimento de uma tendência e suporte a resistência antes mesmo de tornarem visível. O Índice de Força Relativa é calculado através da seguinte fórmula matemática:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + \frac{\sum \varphi}{\sum \omega}}$$

Seus resultados variam no intervalo de 0 e 100 eliminando distorções na evolução dos preços através da suavização de movimentos bruscos de alta ou baixa, onde $\sum \varphi$ é a média dos preços que fecharam em alta e $\sum \omega$ é a média dos preços que fecharam em baixa. De acordo com Costa (2008), é frequente empregar o período de tempo de nove (9) ou catorze (14) dias para calcular estas duas médias respectivamente, sendo muito importante perceber que quanto menor a janela de tempo mais sensível será o indicador a grandes oscilações e maior será sua amplitude nos resultados.

Costa (2008) descreve ainda que a aplicação deste indicador depende de dois valores limites para seu resultado, escolhidos em alguns casos por 30 e 70. Os valores definem dois momentos particulares onde serão aplicadas estratégias de investimento sugeridas pelo indicador. No primeiro caso, se o resultado está inferior a 30 a ação é considerada como sobre vendida, portanto quando o RSI exceder o valor 30 será informado um sinal de compra naquele instante. Ao passo que quando este indicador apresenta resultados superiores a 70 a ação é considerada sobre comprada, de maneira análoga ao sobre vendido, após isto será iniciada uma reversão informando declínio de valores e quando o resultado do indicador cair para valores inferiores a 70 será informado um sinal de venda.

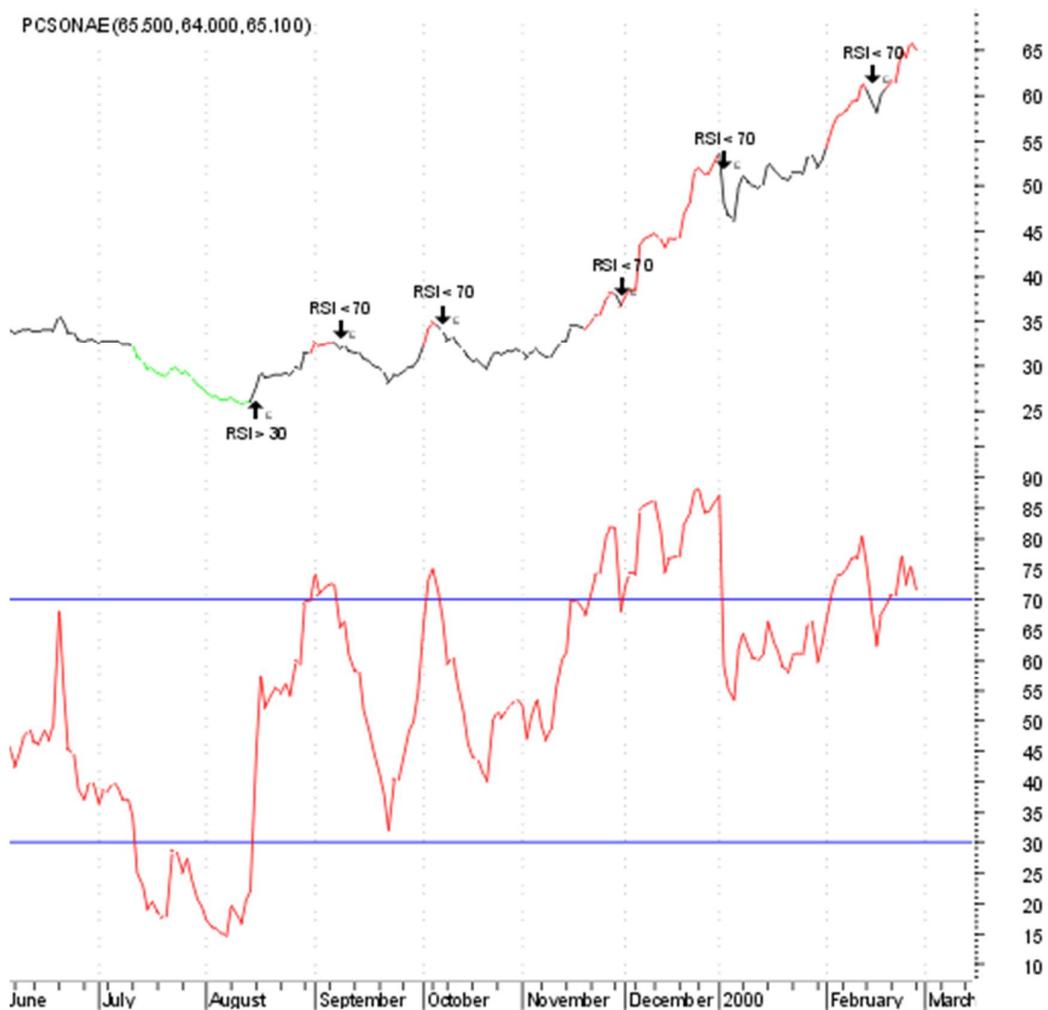


Gráfico 1 – Gráfico ilustrativo referente ao Indicador Técnico RSI.
 Fonte: <http://www.investmax.com.br/iM/content.asp?contentid=649>

3.3.2 MACD - MOVING AVERAGE CONVERGENCE/DIVERGENCE

O indicador MACD - *Moving Average Convergence Divergence* foi desenvolvido por Gerald Appel e consiste em três médias móveis exponenciais (MME), que nos gráficos aparecem como duas linhas que se cruzam. É um dos indicadores mais utilizados pelos investidores no Brasil (ECONOMÁTICA, 2007).

É calculado subtraindo a média móvel exponencial de 12 dias a média móvel exponencial de 26 dias.

- Linha MACD = MEE [12 dias] – MME [26 dias]

O gráfico obtido por esta linha é comparado com o gráfico da média móvel exponencial de 9 dias designada de linha de sinal ou trigger que normalmente é um gráfico picotado.

- Linha de Sinal = MME [9 dias]

A interseção das linhas produz o sinal de compra quando a linha de sinal vermelha cruza, de baixo para cima a linha de trigger a pontilhada, a linha MACD. Já quando a linha de sinal vermelha move-se no sentido oposto, forma-se o sinal de venda. Veja com mais detalhes no gráfico 2 logo abaixo:

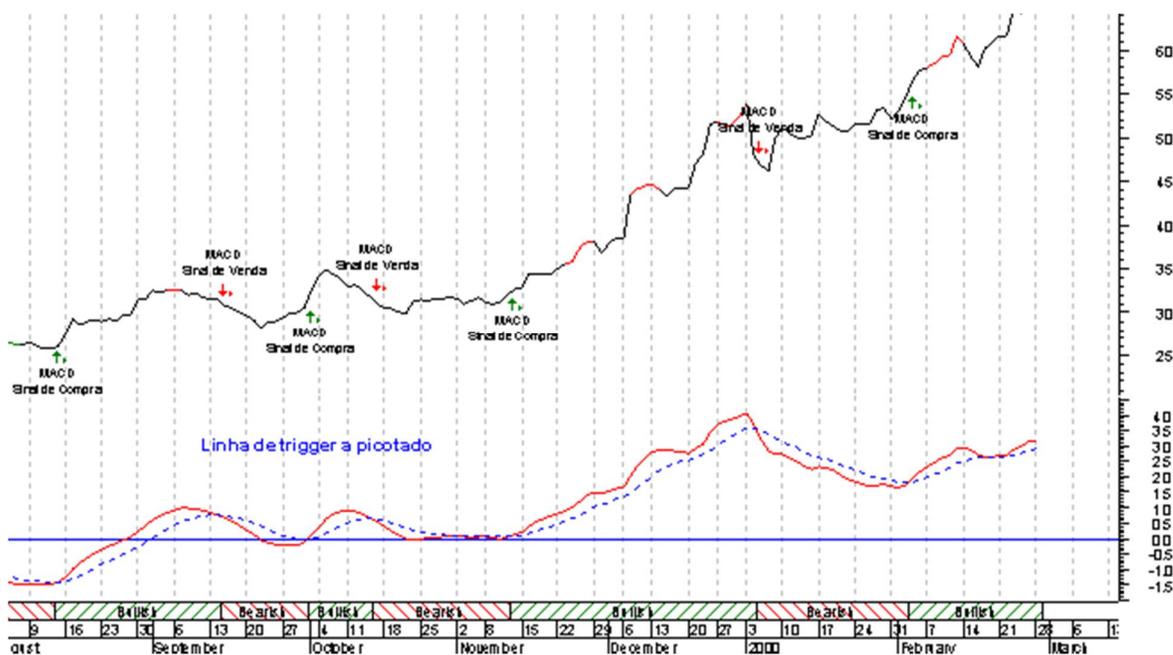


Gráfico 2 - Gráfico ilustrativo referente ao Indicador Técnico MACD

Fonte: <http://www.investmax.com.br/iM/content.asp?contentid=659>

3.3.3 ÍNDICE BETA

O Índice Beta é um indicador que mede a sensibilidade de um ativo em relação ao comportamento de uma carteira que represente o mercado. No caso do Brasil, a carteira que representa o Mercado é o índice IBOVESPA. A relação entre a variação do retorno de uma ação (ativo) e o Ibovespa (mercado), por exemplo. Portanto, o Índice Beta é uma medida do risco que um investidor está exposto ao investir em um ativo em particular em comparação com o mercado como um todo (HCINVESTIMENTOS, 2011).

O índice pode ser calculado através da seguinte forma:

$$\beta_a = \frac{\text{Cov}(r_a, r_p)}{\text{Var}(r_p)},$$

onde:

- β_a = Beta
- r_a = Retorno do Ativo
- r_p = Retorno do Portfólio (Também pode ser usado como r_m = Retorno do Mercado)

Seu resultado, pode ser dividido em 3 tipos:

- Beta Alto: Beta > 1;
- Beta Neutro: Beta = 1;
- Beta Baixo: Beta < 1.

Para o melhor entendimento dessa relação, vamos supor que o resultado do Beta é igual a 1,5. Neste caso, o ativo tem 1,5 vezes mais risco do que o mercado, que dizer que espera-se que quando o Ibovespa subir 1% em um dia, a ação subirá 1,5% na teoria. Por outro lado, quando o ibovespa cair 1% em um dia, espera-se que a ação caia 1,5% na teoria.

4 PROPOSTA DO MODELO DE PREDIÇÃO FUZZY

O modelo de predição proposto buscou através da inteligência dos especialistas o artifício de simular a capacidade de um analista com foco em ativos financeiros através do controle da lógica difusa. Para isso foram utilizados os indicadores técnicos para o estudo dos movimentos dos preços dos ativos para determinar o momento atual e buscar antever as possíveis condições futuras do mercado. Para o cálculo dos indicadores foram utilizadas dados históricos da bolsa de valores como fontes de dados. Os analistas técnicos acreditam que dessa forma os padrões do passado irão se manifestar no futuro e assim poderão tirar proveito e obter lucros em suas negociações. Por meio dessa investigação é possível identificar quando o preços irão se movimentar permitindo o tempo certo para sair ou entrar no mercado.

Murphy (1986) recomenda os principais indicadores técnicos e mais utilizados por analistas técnicos. Aponta os modelos com base na facilidade de manipulação, na efetuação dos métodos dos cálculos e, principalmente, pelo fato de serem os mais utilizados pelos negociadores para análise de mercado. Os indicadores recomendados são: as Médias Móveis, o *Moving Average Convergence-Divergence* (MACD), o *Bollinger Bands*, o método Estocástico e o *Relative Strength Index* (RSI). Para este estudo foram utilizados 3 indicadores, RSI, MACD e o terceiro que não está na lista, mas que foi utilizado foi o Índice Beta. A escolha pelo índice Beta foi baseada no foco e necessidade de se ter um índice que possa medir a variação de uma carteira que represente mercado no país. Nesta caso, quem representa este mercado no Brasil é o índice IBOVESPA. Por os indicadores técnicos serem divididos em grupos, sua seleção foi com base em grupos diferentes de indicadores para que não se obtenha resultados redundantes, limitando a sua visão do comportamento da ação.

Levando em consideração estes grupos, temos o RSI como indicador de momento que fornece pontos de entrada e saída, o MACD que direcionam o mercado com uma tendência definida, ou seja, se os preços das ações estão subindo ou descendo. E por fim um índice que permita diferenciar ativos agressivos de ativos defensivos, que procure destacar os níveis de risco do ativo, que possa medir a receptividade deste ativo em relação ao comportamento de uma carteira. Com base nestes 3 (três) indicadores, foi possível definir uma relação que retorne tendências com resultados mais prósperos do mercado quando comparando com os trabalhos correlatados descritos no capítulo 5.

4.1 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos da proposta de predição do mercado acionário baseada em lógica *fuzzy*, foram definidas as seguintes etapas para o desenvolvimento do modelo.

1. Coleta dos dados para a composição do *dataset*;
2. Processamento dos modelos matemáticos para obter os resultados de cada indicador técnico;
3. Aplicação do sistema de Controle de Lógica *fuzzy*;
4. Análise e organização dos resultados obtidos.

Logo abaixo segue o modelo de sistema de predição do mercado acionário baseado na lógica *fuzzy*.

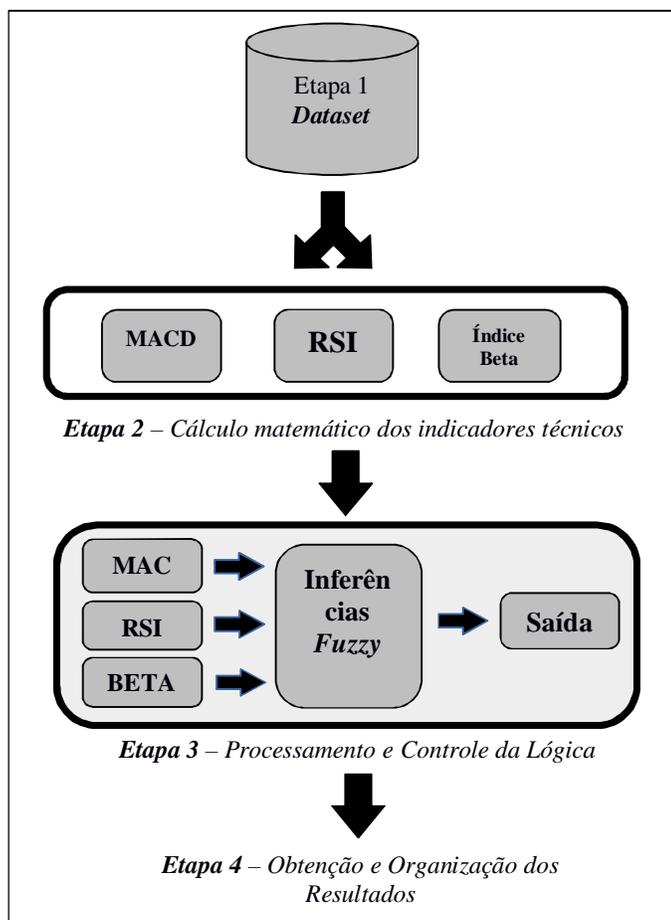


Figura 7 – Etapas do desenvolvimento do Modelo de Predição Proposto
Fonte: Autor

Na etapa 1, a coleta de dados foi feita através do acesso ao site da UOL economia cotações. Para compor os períodos de aplicação do modelo, as coletas foram feitas em vários períodos e anos. A seguir, na imagem 8 a ilustração o referido site.

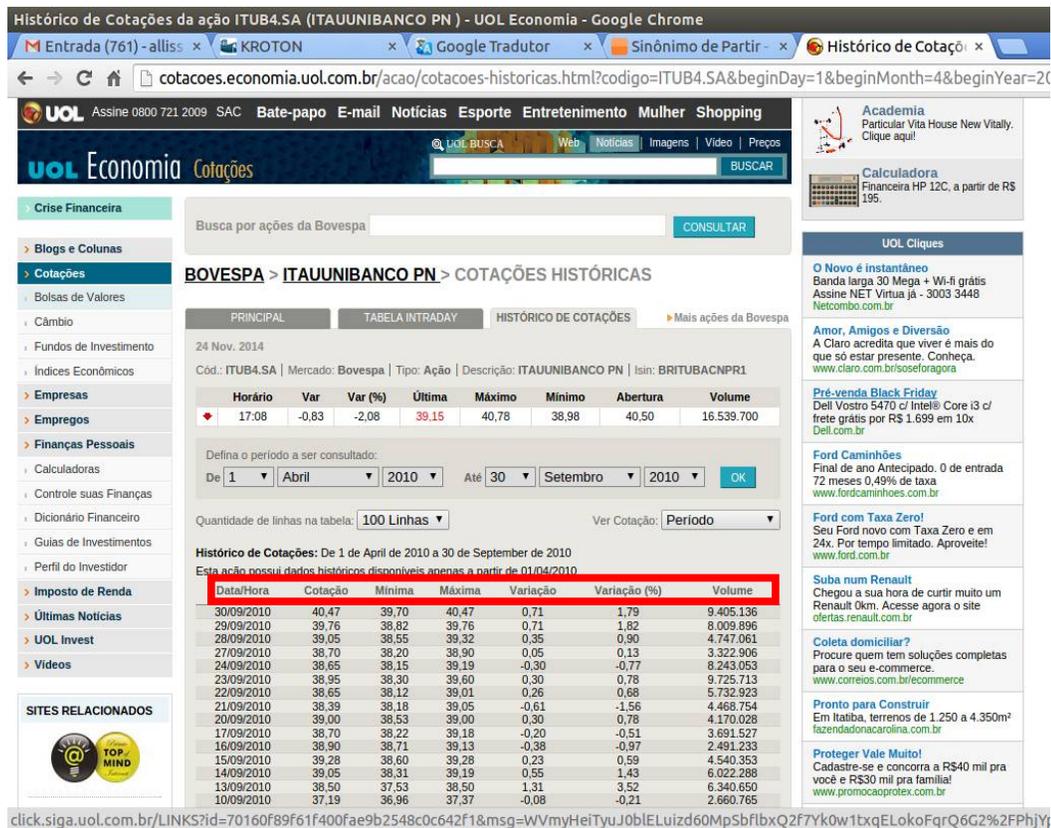


Figura 8 – Ilustração do site da UOL Cotações

Fonte: <http://cotacoes.economia.uol.com.br/acao/cotacoes-historicas.html>.

Percebe-se na figura 8 que a pesquisa solicitada retorna dados referentes à data, valor de fechamento, mínima, máxima, variação, variação (%) e volume das ações. Para os cálculos referentes aos indicadores técnicos foi utilizado somente o uso do valor de fechamento. Por este motivo, estes dados foram submetidos a ajustes para que fosse utilizado somente as informações pertinentes. Para diminuir a possibilidade de problemas relacionados à conectividade advinda de dados acessados on-line, os dados foram organizados e armazenados localmente, originando o *dataset*. Para permitir uma organização dos dados e que se tenha um melhor entendimento de como este processo funciona, foi definido o diagrama de atividades referente ao fluxo desta etapa. Veja no diagrama 1.

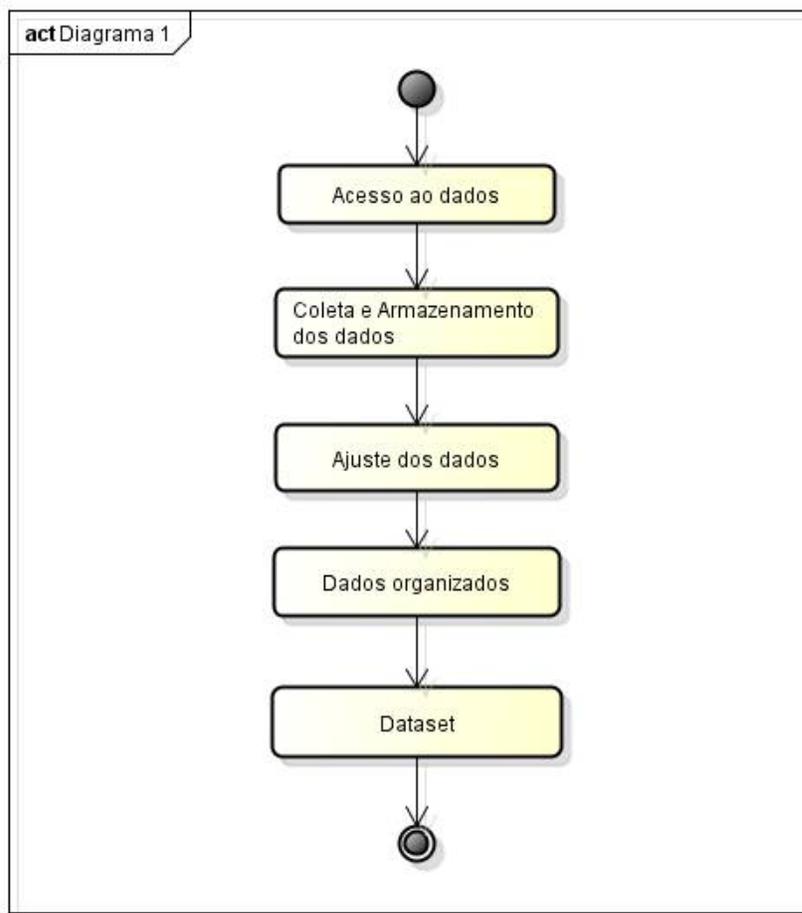


Figura 9 – Diagrama de Atividades da coleta de dados para o dataset
Fonte: Autor

Na etapa 2, para iniciar o processamento dos modelos matemáticos foi feita a seleção do período de aplicação para obtenção dos resultados de cada indicador técnico utilizado, que foram o *Relative Strength Index* (RSI), *Moving Average Convergence Divergence* (MACD) e o Índice Beta. Nesse sentido, foi feita uma pesquisa bibliográfica para conceber a forma com que os indicadores são calculados.

A linguagem de programação utilizada para obtenção dos dados da etapa 1 e 2 foi a linguagem de programação *Java*, segundo Deitel e Deitel (2010, p.3) java não é somente uma linguagem, mas também uma plataforma de desenvolvimento que possibilita desenvolver aplicações para desktop, sistemas web, celular, televisão. Oportuniza o desenvolvimento em qualquer sistema operacional para qualquer sistema operacional. Além de ser reconhecido como um padrão internacional para desenvolvimento de sistemas para software corporativo e praticamente é de aplicativos de rede. Nesta etapa o fluxo dos processos ficaram definidos como ilustrado no diagrama 2.

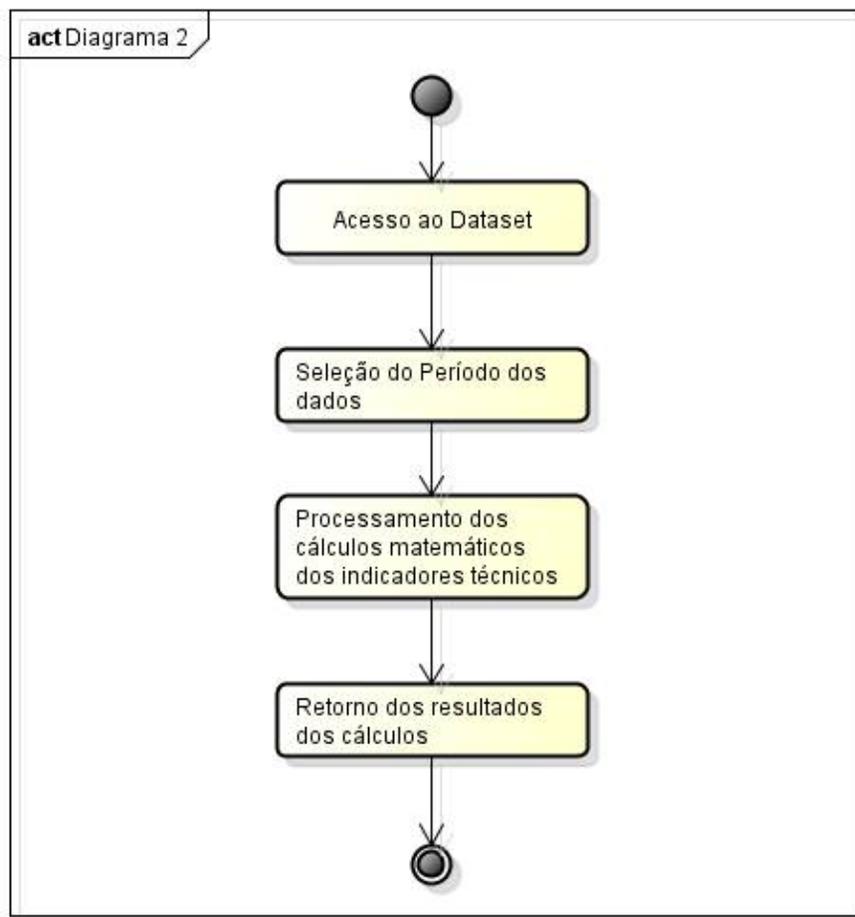


Figura 10 – Diagrama de Atividades do processamento dos indicadores técnicos

Fonte: Autor

Para a etapa 3, foi utilizado um pacote em *Java Open Source* para os processos pertinentes ao sistema de inferência *fuzzy* denominada *jFuzzyLogic*. Este controlador é ideal para o desenvolvimento de aplicações aos quais estratégias de controle clássico não conseguem alcançar bons resultados. Seu autor é o desenvolvedor Pablo Cingolani do *McGill Centre for Bioinformatics* da Universidade *McGill*. *jFuzzyLogic* segue um padrão o Controle de Lógica *Fuzzy* – FLC que é composto por uma base do conhecimento, interface de fuzzificação, um sistema de inferência para realizar o processo de raciocínio e a interface de defuzzificação, que tem por objetivo traduzir os valores fuzzificados. O FLC é padronizado pela *International Electrotechnical Commission*, padrão (IEC 61131-7), na categoria de *Programmable Controller Language*. Para esta etapa ficou definido o fluxo das atividades dos processos como o apresentado no diagrama 3.

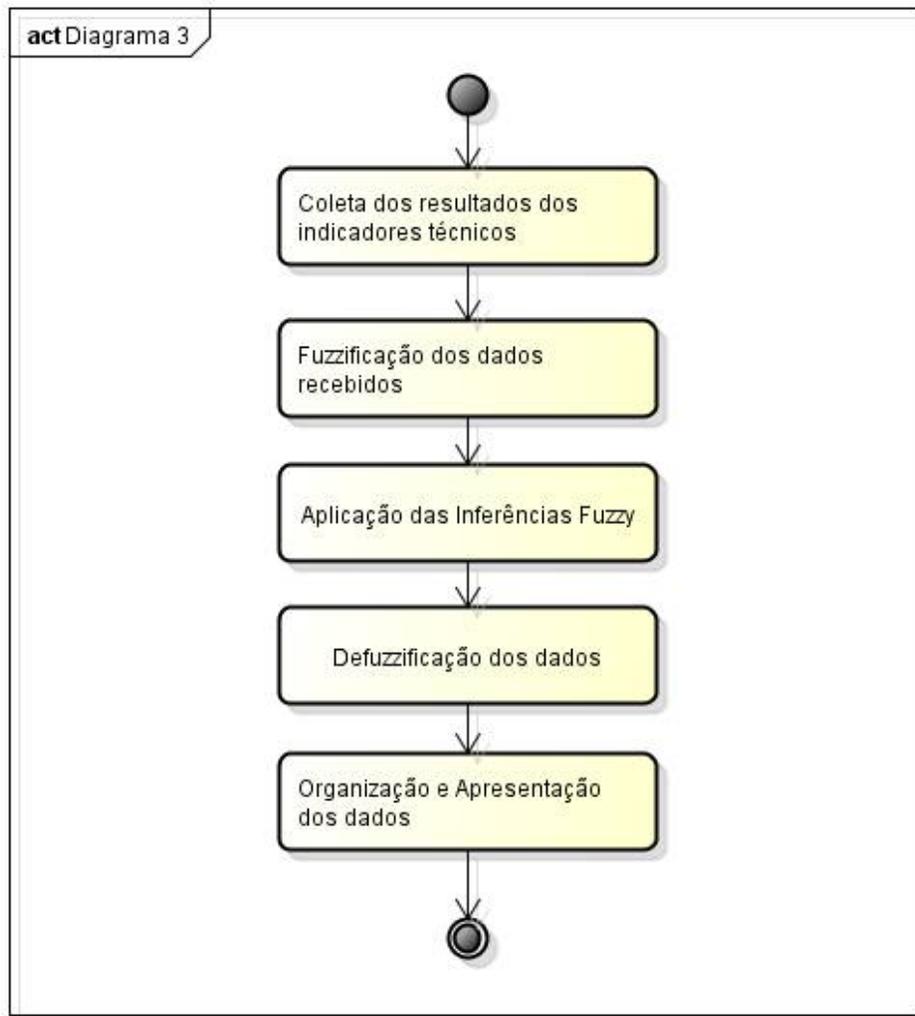


Figura 11 – Diagrama de Atividades do processo de aplicação do Controle da Lógica Fuzzy
Fonte: Autor

Definido os passos para a aplicação do Controle da Lógica Fuzzy, foi desenvolvido toda a programação no controlador *jFuzzyLogic*. Em anexo é possível verificar o código desenvolvido para a etapas desse processo, que inicia-se com a criação das variáveis linguísticas para fuzzificação dos indicadores técnicos, criação das inferências (regras) até a defuzzificação dos dados. Vide anexo A. Por fim, na etapa (4) foram tabulados os dados para posterior análise e apresentação.

4.2 SOLUÇÃO PROPOSTA

A solução proposta por este trabalho é um modelo de predição baseada na lógica *fuzzy* para tomada de decisão que irá compor a camada de inteligência de uma plataforma que esta sendo desenvolvida no Laboratório de Sistemas Inteligentes (LSI). Desta maneira, objetiva-se adquirir informações eficientes para a otimização desse processo. Segundo Mandani (1997) as etapas de desenvolvimento de um sistema de controle *fuzzy* dependem basicamente de 3 etapas:

- Processo de Fuzzificação: é o processo onde ocorrem as transformações de entradas discretas, ou *crisp*, em entradas nebulosas;
- Inferência da Regras: aplicação das regras *fuzzy* para gerar saídas dos conjuntos *fuzzy*.
- Defuzzyficação: consiste na transformação dos valores *fuzzy* calculados em valores discretos.

Para o processo de fuzzificação foi necessário a identificação das variáveis lingüísticas a qual determina para cada variável o seu universo. As variações dos conjuntos *fuzzy* utilizadas foram as funções do tipo triangulares e trapezoidais. Como fora escolhido 3 indicadores técnicos para o estudo, ficou definido suas configurações da seguinte forma.

- *RSI*: Essa variável representa as potenciais inversões de tendência, de acordo com as condições de mercado (sobrecomprado ou sobrevenda). Segue uma escala que vai de 0 a 100. Segundo o seu autor J. Weelles Wilder valores inferiores a 30 indicam sobrevenda, ao mesmo tempo em que valores acima de 70 indicam sobrecompra. Dessa forma, foi definido qual seria a melhor partição do universo e melhor definição dos conjuntos *fuzzy* para o sistema.
 - Variável Linguística: RSI
 - Universo de discurso: 0 à 100
 - Valores Linguísticos: sobrevendido, sobrecomprado.

A seguir no gráfico 3, a representação definido para a variável lingüística RSI.

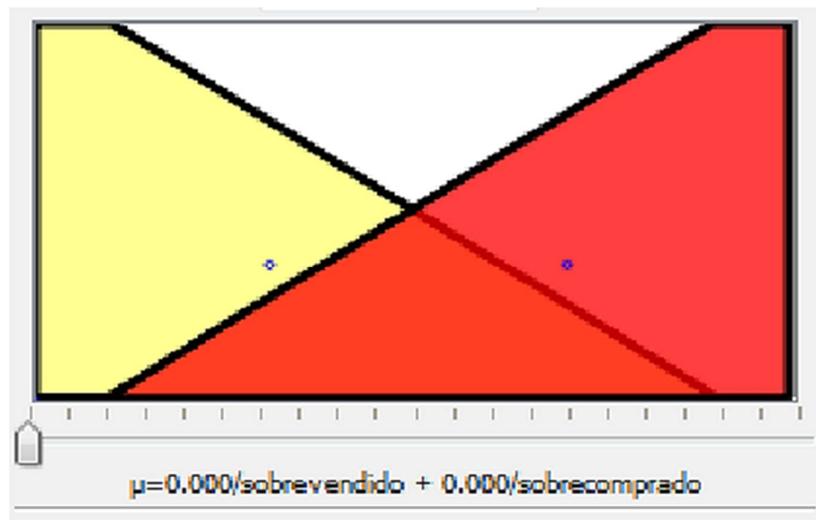


Gráfico 3 – Gráfico representativo da variável lingüística RSI
 Fonte: Controlador *jfuzzylogic*

- *MACD*: Essa variável fornece identificação de tendências de curto prazo. Segundo seu criador Gerald Appel o indicador deve ser calculado entre dois sinais, um rápido e outro lento, respectivamente, uma média móvel exponencial de 26 períodos e outra média exponencial de 12 períodos. Uma terceira media exponencial de 9 dias chamada de linha trigger é lançada sobre o MACD para indicar oportunidades de compra e venda. A forma básica de utilização desse indicador é observando-se a diferença entre a linha de MACD e a linha de *trigger*. Usualmente, o seu valor é obtido pela diferença entre a media de 12 dias pela de 26 dias. Quanto maior seu valor, mais alta será a tendência de alta do ativo, por outro lado, quanto menor for seu valor, mais baixa será a tendência do ativo. As definições para o universo e para os conjuntos *fuzzy* ficaram definidas da seguinte forma. Vide Gráfico 4.

- Variável Lingüística: MACD
- Universo de discurso: -4 à 4
- Valores Lingüísticos: baixo, alto.

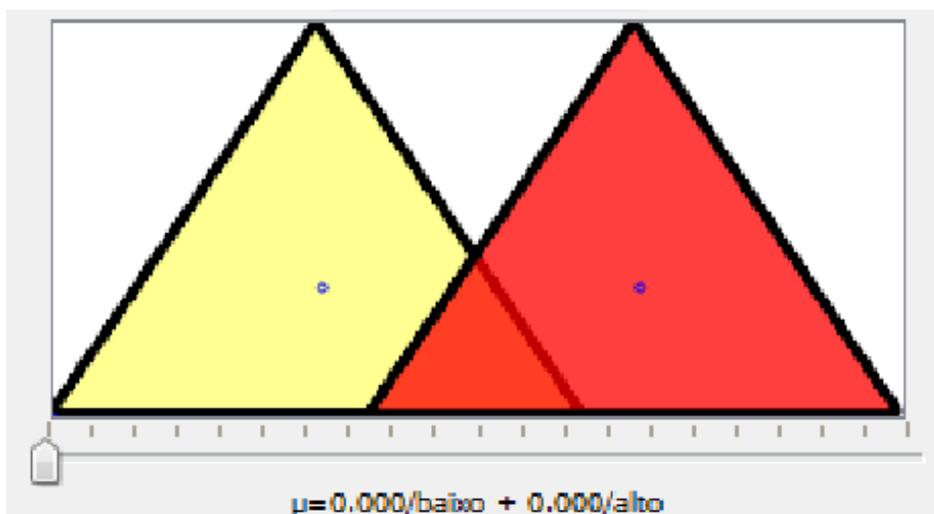


Gráfico 4 – Gráfico representativo da variável linguística MACD

Fonte: Controlador *jfuzzylogic*

- *Índice Beta*: Esta variável demonstra o comportamento do preço das ações em relação a um determinado mercado. Possibilita a avaliação do impacto do risco sobre o ativo. Para essa variável utilizou-se os seguintes parâmetros. Veja também a ilustração através do gráfico 5.

- Variável Linguística: BETA
- Universo de discurso: -2 à 2
- Valores Linguísticos: baixo, neutro, alto.

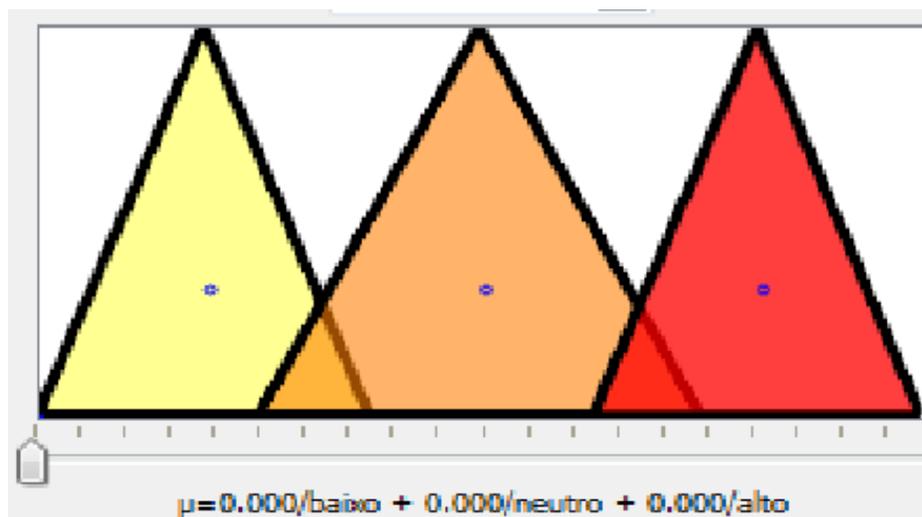


Gráfico 5 – Gráfico representativo da variável linguística referente ao Índice Beta

Fonte: Controlador *jfuzzylogic*

De posse das entradas *fuzzy*, foi iniciado o processo de inferências para produzir as saídas dos conjuntos *fuzzy*. Para este fim se fez a aplicação de regras que simulem a inteligência do especialista, etapa primordial, pois aqui foi utilizado o conhecimento do analista financeiro, o especialista Antonio Soberano Júnior, gestor financeiro a mais de 5 anos, com experiência de 15 anos em análise técnica, agente autônomo de investimentos certificado pela CVM, representante da corretora COINVALORES e assessor de investimentos de ativo futuros de várias empresas contribuindo com o trabalho através da sua capacidade de recomendar a tendência de análise.

Foram utilizadas 12 regras para a formação da base de conhecimento do modelo. Este conhecimento simula a capacidade que o especialista tem de relacionar as variáveis para melhor tomada de decisão. Para ilustrar, a seguir na tabela 3 estão representadas as regras aplicadas.

Tabela 3: Regras utilizadas para simular o conhecimento com base no especialista.

Regras	RSI	MACD	BETA	Decisão
1	Sobrevendido	Baixo	Baixo	Venda
2	Sobrecomprado	Baixo	Baixo	Venda
3	Sobrevendido	Baixo	Neutro	Manter
4	Sobrecomprado	Baixo	Neutro	Manter
5	Sobrevendido	Baixo	Alto	Manter
6	Sobrecomprado	Baixo	Alto	Manter
7	Sobrevendido	Alto	Baixo	Manter
8	Sobrecomprado	Alto	Baixo	Manter
9	Sobrevendido	Alto	Neutro	Manter
10	Sobrecomprado	Alto	Neutro	Manter
11	Sobrevendido	Alto	Alto	Compra
12	Sobrecomprado	Alto	Alto	Compra

Por fim, na etapa de defuzzificação, foi feita a transformação dos valores *fuzzy* calculados para os valores discretos (crisp). Foram desenvolvidos os parâmetros aos valores pertinentes a variável de saída, essa informação é ilustrada no gráfico 6.

- Variável Linguística: Decisão
- Universo de discurso: -3 à 3
- Valores Linguísticos: venda, manter, compra.

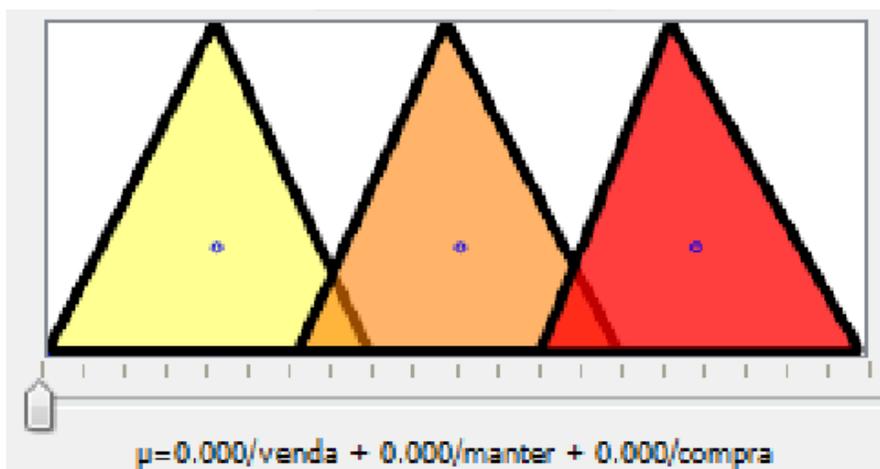


Gráfico 6 – Gráfico representativo da variável linguística “Decisão”
Fonte: Controlador *jfuzzylogic*

Por conseguinte, os resultados informam as tendências para os próximos dias por conta da relação existente entre as variáveis utilizadas. Com base nestas informações, é possível elaborar melhores estratégias de negociação para investimentos, baseado em análises e combinações para otimizar a tomada de decisão.

4.3 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Foram utilizados 2 (dois) ativos da bolsa de valores de São Paulo para aplicação da proposta do modelo com o objetivo de analisar os resultados obtidos. Os ativos selecionados foram os seguintes: PETR4.SA e VALE5.SA. A seguir nas tabelas 4 e 5 são apresentados os resultados provenientes da aplicação do modelo das respectivas empresas.

Tabela 4: dados da aplicação do modelo ao ativo PETR4.SA.

#	Data	Indicadores Técnicos			Grau de Pertinência (μ)	Decisão	Valor de fechamento da Ação	3 dias consecutivos pós data para análise		
		RSI (0-100)	MACD	BETA(%)				1° dia	2° dia	3° dia
1	30/11/2007	30,73	1,097	0,901	0,476	Comprar	35,73	36,37	37,02	39,01
2	30/07/2008	38,03	-3,358	0,907	0,523	Manter	36,50	35,90	34,51	32,89
3	28/08/2009	45,53	0,500	1,042	0,413	Comprar	32,40	31,30	31,60	32,15
4	30/09/2010	45,53	-0,401	1,178	0,413	Manter	27,29	27,50	27,38	26,98
5	28/10/2011	69,51	0,426	0,953	0,047	Manter	21,58	21,32	21,13	21,13
6	30/11/2012	37,54	-1,095	1,086	0,642	Manter	18,66	18,94	18,82	18,94
7	10/06/2013	45,70	-0,145	1,038	0,156	Manter	18,88	18,53	18,12	18,80
8	09/05/2014	53,11	0,656	1,788	0,286	Comprar	17,67	18,03	17,96	18,29
9	08/08/2014	53,30	0,598	0,420	0,316	Vender	19,31	20,14	19,67	18,69
10	10/09/2014	45,98	1,467	0,121	0,239	Manter	20,95	21,21	20,14	20,55

Tabela 5: dados da aplicação do modelo ao ativo VALE5.SA.

#	Datas	Indicadores Técnicos			Grau de Pertinência (μ)	Decisão	Valor de fechamento da Ação	3 dias consecutivos pós data para análise		
		RSI (0-100)	MACD	BETA(%)				1° dia	2° dia	3° dia
1	03/07/2008	53,55	-1,927	1,114	0,542	Manter	41,95	42,10	42,27	41,84
2	01/10/2009	60,96	1,425	1,272	0,650	Comprar	35,67	36,58	37,14	37,21
3	06/09/2010	22,34	-0,903	1,311	0,398	Manter	42,51	42,51	41,71	41,77
4	22/10/2010	53,47	1,595	1,113	0,539	Comprar	42,21	42,10	41,95	42,50
5	27/06/2011	46,02	-0,462	0,699	0,257	Manter	44,04	44,50	44,41	44,64
6	18/05/2012	15,03	-1,884	1,068	0,602	Manter	35,70	36,85	36,43	36,80
7	06/11/2012	45,92	0,182	1,217	0,181	Manter	37,20	36,81	36,06	36,33
8	16/08/2013	69,65	0,989	1,077	0,441	Vender	32,17	32,35	31,44	31,11
9	08/11/2013	53,50	0,705	0,600	0,186	Manter	32,86	33,25	32,43	32,06
10	01/09/2014	30,87	-0,632	0,205	0,312	Manter	25,75	25,50	25,73	25,45

Na coluna 2 da tabela, encontram-se as datas de corte utilizadas para aplicação do modelo. Nas colunas referentes aos indicadores técnicos, apresenta-se os resultados provenientes dos cálculos matemáticos para encontrar o valor de cada indicador. Vale ressaltar que os resultados pertinentes ao indicador Índice BETA estão expressos em porcentagem.

A partir desta etapa os indicadores foram transformados em variáveis linguísticas para darem entrada ao sistema de controle *fuzzy* para serem aplicadas as inferências (regras) do processo de controle *fuzzy* do modelo para assim gerar o grau de pertinência e por ventura encontrar a decisão do modelo. Para análise e verificação desse resultado foram adicionados três colunas com valores relativo a 3 (três) dias após para confirmação. Isso se deve por conta que este modelo utiliza como premissa a tomada de decisão a curto prazo.

Para análise e discussão dos resultados, vamos tomar inicialmente como base o ativo da PETR4.SA na simulação do registro (1) referente ao dia 30/11/2017, onde o grau de pertinência para a decisão de compra chegou a $\mu = 0,476$. Seu resultado foi sendo atestado pelo crescimento dos valores de fechamento nos 3 dias consecutivos ao teste chegando respectivamente a (36,37, 37,02 e 39,01). Já no registro (9) que faz referência ao dia 08/08/2014, encontrou-se um grau de pertinência de $\mu = 0,316$ para a tomada de decisão de venda, essa determinação foi comprovada através do declínio dos valores de fechamento do ativo nos dias consecutivos após a data de corte analisada, (20,14, 19,67 e 18,69).

Investigando o resultados pertinentes ao segundo ativo VALE5.SA, verificou-se no registro (2) tocante a data 01/10/2009, um grau de pertinência de $\mu = 0,650$ para a decisão de compra na negociação. Após esta data, foram encontrados valores resultantes comprobatórios de sua evolução, chegando aos seguintes ganhos (35,58, 37,14 e 37,21). No registro (8) referente a data 16/08/2013, encontrou-se um grau de pertinência de $\mu = 0,441$ para a venda do ativo. Em conformidade com a decisão do modelo, os valores encontrados após a data foram as seguintes: (32,35, 31,44 e 31,11).

Em outros registros de datas simuladas, verificou-se que a decisão de manter a negociação do ativo teve sua proposta bem superior, isso se deve pela mínima oscilação do valor de fechamento dos ativos encontrados. De fato, os resultados nos dias posteriores autenticam a relevância da decisão confirmando sua aplicabilidade.

4.4 COMPARAÇÃO COM OUTROS TRABALHOS

A predição do mercado de ações é um processo de investigação de muitos pesquisadores em todo o mundo. Na literatura, há vários métodos de aplicação utilizados para realizar esta tarefa. Tais métodos utilizam-se de várias abordagens, tanto na sua forma mais informal quanto nas mais formais. Neste sentido, a seguir serão descritos alguns trabalhos de grande importância para comparação com o modelo proposto.

Relacionando-se com outros trabalhos anteriores, o modelo proposto utilizou 3 (três) indicadores técnicos em conjunto com a técnica de Inteligência Artificial Lógica *Fuzzy*, ao passo que Gamil *et al* (2007) propôs um sistema de suporte a decisão baseada na lógica com o objetivo de ajudar investidores do mercado de ações para tomar as decisões de compra ou venda corretamente.

Seu trabalho usa a lógica *fuzzy* e análise técnica para executar o processo de tomada de decisão. Os dados reais foram retirados do índice NASDAQ para a simulação. A principal desvantagem da sua pesquisa foi usar apenas um indicador técnico a Média Móvel (MA) na formação de regras para o sistema de inferência *fuzzy*. Um resultado melhor e confiável poderia ter sido obtido se vários indicadores técnicos fossem combinados. Para melhores resultados, a utilização de várias técnicas como probabilidade, combinação de diferentes indicadores é necessária para melhorar o resultado.

Cheung e Kaymak (2007) desenvolveu um modelo comercial que combina lógica *fuzzy* e análise técnica para encontrar padrões e tendências nos índices financeiros. A proposta foi concebida para distinguir vários regimes no mercado e gerar uma compra ou venda de sinais para os comerciantes que têm de investir em uma mistura de mercados como europeus, americanos e japoneses. O seu trabalho combina quatro indicadores técnicos diferentes para formar as regras para a difusa sistema de inferência, os resultados obtidos foram satisfatórios, mas, o seu trabalho se limitava apenas à negociação de estrangeiro.

O trabalho de Shahjalal *et al* (2012), propôs um estudo para desenvolver um indicador técnico baseado em regras *fuzzy* para os mercados de ações. Este indicador baseado em regra *fuzzy* possibilitou indica a comprar, manter ou vender através de um sinal. Os resultados obtidos demonstram que os sinais de negociação (compra e venda) concordaram bem com os indicadores técnicos clássicos.

Escobar *et al* (2013) desenvolveram um indicador de análise técnica baseada na lógica *fuzzy*, que ao contrário de indicadores técnicos tradicionais, não é um modelo matemático totalmente objetivo, mas incorpora características subjetivas de investidores como a tendência de risco. O indicador toma como entrada, informações gerais de mercado, como a rentabilidade e volatilidade dos preços das ações, enquanto as saídas são a compra e venda de sinais. Além de apresentar a formulação detalhada do indicador obtido por agentes utilizando indicadores técnicos tradicionais, tais como: Média Aritmética (MA), *Relative Strength Index* (RSI) e o *Moving Average Convergence and Divergence* (MACD).

Ijegwa *et al* (2014) implantaram inferência *fuzzy* para o mercado de ações, com base em quatro indicadores utilizados na análise técnica para auxiliar no processo de tomada de decisão, a fim de lidar com probabilidades. Os 4 indicadores técnicos são: *Moving Average Convergence and Divergence* (MACD), *Relative Strength Index* (RSI), Oscilador Estocástico (SO) e *Volume On-Balance* (OBV). As regras *fuzzy* são a combinação das regras de negociação para cada um dos indicadores utilizados como variáveis de entrada do sistema difuso. O resultado também é uma recomendação para comprar, vender ou manter.

Os dados foram coletados por dois Bancos nigerianos para testes e avaliação do sistema. Os indicadores técnicos foram então computados para cada de dados e dos indicadores técnicos calculados; experimento foi realizado por dois meses. O sistema faz recomendações satisfatórias gerando quando comprar, vender ou manter, quando a saída é comparado com dados reais coletados a partir da Nigéria Bolsa de Valores. O sistema pode, assim, agir como um modelo eficaz para os negociantes no mercado de ações quando há uma combinação de recomendação com habilidades de negociação do indivíduo.

O estudo feito sobre estes trabalhos esclareceu e motivou a uma investigação maior deste campo levando-se em consideração as séries temporais financeiras. De fato, percebe-se que a utilização de abordagens computacionais, de implementações e modelos aqui apresentados foram de grande valia para o desenvolvimento da proposta deste trabalho.

Todos os dias, novas estratégias são lançadas a partir de várias combinações de indicadores técnicos para o mercado acionário e estes trabalhos relacionados apresentaram combinações de indicadores que demonstraram um nível de acerto muito significativo. Alcançar a melhor relação de indicadores técnicos com bons níveis de aceitação eleva a chance de resultados melhores no processo de investigação. Desta forma, esta proposta enquadra-se como uma opção para a previsão deste mercado.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi proposto um modelo de predição do Mercado Acionário baseada na Lógica *Fuzzy* como uma ferramenta de apoio à decisão para os acionistas deste com foco na apresentação de tendências de mercado e não de valores. Para o desenvolvimento deste modelo, foi utilizado uma série de dados históricos para o cálculo dos indicadores técnicos. Os indicadores técnicos selecionados foram: Média Móvel Convergência / Divergência (MACD), Índice de Força Relativa (RSI), e o Índice Beta. Através da combinação destes, apresentou-se como um diferencial perto dos modelos existentes utilizados de forma mais confiável com resultados baseados em tendências.

O modelo envolveu o mapeamento dos modelos matemáticos dos indicadores técnicos como fatores para a produção da fuzzificação, criando funções de pertinência para associar as entradas e saídas através de regras nebulosas e traduzir a saída em recomendação de negociação baseada em 3 possibilidades: vender, manter ou comprar. O sistema consiste em 3 módulos, o módulo de obtenção dos dados, onde os dados são colhidos e ajustados para serem utilizados, pelo segundo módulo que consiste em desenvolver os cálculos matemáticos dos modelos dos indicadores técnicos utilizados que foram calculados a partir dos dados da amostra. O terceiro módulo foi responsável pela convergência - que transforma esses indicadores em variáveis de entrada para serem processadas pelas regras de inferência introduzidas ao Sistema de Controle da Lógica *fuzzy*.

Os experimentos foram aplicados utilizando um sistema de inferência *fuzzy* denominado *jFuzzyLogic*. Um controlador para desenvolvimento de aplicações cujo o objetivo é aplicar estratégias de controle baseada na lógica difusa. Este é padronizado pela *International Electrothechnical Comission*, padrão (IEC 61131-7), na categoria de *Programmable Controller Language*. A base de regras foi gerada por recomendações e habilidades proporcionadas por um investidor especialista. Os resultados das simulações apresentadas, demonstraram que a técnica utilizada neste trabalho conseguiu propor decisões coerentes com o mercado real, onde foram obtido previsões significantes que puderam simular o comportamento do negociador. Dessa forma, o modelo funcionou satisfatoriamente em prever os movimentos futuros dos preços no mercado de ações.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, sugere-se como continuação a aplicação de novos modelos de indicadores técnicos ou mais eficientes, isso poderá possibilitar uma melhora nos resultados obtidos. Outra sugestão seria fazer a aplicação de novas regras no sistema de inferência para possibilitar aprimoramento e ajuste ao mercado de forma dinâmica, levando em consideração fatores internos e externos tais como: como o crescimento do país, o nível de emprego, a taxa de juros, corrupção, crises econômicas e guerras.

Temos também a possibilidade de utilizar o modelo em conjunto com outras técnicas de IA, como Algoritmos Genéticos, Mineração de Dados e Redes Neurais para otimizar ainda mais as regras no modelo. Assim, poderíamos ter os benefícios oferecidos por estas técnicas aumentando assim sua performance.

Este trabalho deu origem ao seguinte artigo, publicado por Almeida, Allisson Jorge Silva, Labidi, Sofiane Labidi: “A Market Prediction Model Stock Based on *Fuzzy Logic*”, International Conference on Information System and Technology Management, 2015, São Paulo: USP.

6.2 CONTRIBUIÇÃO

A contribuição deste estudo coloca-se na aplicabilidade da técnica de IA Lógica *Fuzzy* para a geração de tendências de Mercado com base em indicadores técnicos. Apesar deste cumprimento ter sido logrado com êxito, a possibilidade desta técnica poder relacionar-se com outras técnicas de inteligência que farão parte da plataforma desenvolvida no laboratório de sistemas inteligentes para a predição é que contabiliza como fator de colaboração relevante para o Mercado Acionário.

A combinação de técnicas como Redes Neurais, Algoritmos Genéticos e Mineração de Dados poderão auxiliar com seus respectivos resultados para um comparação com as demais técnicas e assim dispor informações que possam apoiar a figura do acionista para a tomada de decisão mais acurada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. J. S; LABIDI, S. **A Market Prediction Model Stock Based on Fuzzy Logic**. International Conference on Information System and Technology Management. 2015

BM&FBOVESPA, 2010. **Conceitos Fundamentais: fundamentos e definições**. Disponível em <<http://www.bmfbovespa.com.br/Pdf/ConceitosFundamentais.pdf>>. Acesso: 06 de dezembro de 2013.

BM&FBOVESPA, 2009. **Perfil e Histórico**. Disponível em <<http://ri.bmfbovespa.com.br/static/ptb/perfil-historico.asp?idioma=pt>>. Acesso: 24 de dezembro de 2013.

BM&FBOVESPA, 2012. **Mercado de Capitais**. Disponível em <<http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/a-bmfbovespa/download/merccap.pdf>>. Acesso: 02 de dezembro de 2013.

BM&FBOVESPA. Introdução ao Mercado de Capitais. 2010. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.bmaiscompet.com.br/arquivos/MercadodeCapitaisBovespa.pdf>. Consultado em 27 de dezembro de 2014.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. **Fundamentos de Investimento**. São Paulo: Bookman, 2000.

BOENTE. A., N., P. **Um modelo fuzzy para avaliação da qualidade de produtos de software e da satisfação dos gerentes de projetos numa fundação pública estadual**. 2009. Disponível em: <<http://boente.eti.br/fuzzy/tese-fuzzy-boente.pdf>>. Acessado em: 26 fev. 2013.

COSENZA, H.J.S.R.et al. **Aplicação de um Modelo de Hierarquização como Instrumento para Tomada de Decisão: Caso de uma Multinacional**. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 2006, Fortaleza, 2006.

COSTA, V. T. **Análise de pré-processamento no desempenho de previsão de Séries Temporais Financeiras**. 2008. 42f. Monografia (Bacharel em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

CAVALCANTE, F. F. D. S.; MISUMI, J. Y.; RUDGE, L. F. **Mercado de Capitais: o que é e como funciona**. In: 2005. 408f. 7 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2005.

Comissão de Valores Mobiliários - CVM. **Mercado de Valores Mobiliários Brasileiro**. 3. ed, Rio de Janeiro: CVM, 2014.

CHEN, G.; PHAM, T. T.; **Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. 328p

CHEUNG, M. W.; KAYMAK, U. **A Fuzzy Logic Based Trading System**. Irlanda, v. 1, n. 2, marc. 2012. Disponível em <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.90.5035&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 12 agosto. 2014.

CORREIA, S. Joseilton. **Estratégia Acionária para vencer na Bolsa de Valores**. 1. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2008.p.256.

DEITEL, P.; DEITEL, H. **Java: Como Programar**. 8ª ed. São Paulo: Pearson, 2010. p. 1146

ECONOMÁTICA, 2007. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.economica.com/support/manual/portugues/manual.htm>. Consultado em 23 de março de 2014.

ELDER, A. **Trading for a living: psychology, trading tactics, money management**. New York: John Wiley & Sons, 1993.

ESCOBAR, A.; MORENO, J.; MUNERA, S. A.; **Technical Analysis Indicator Based On Fuzzy Logic**. Eletronic Notes in Theoretical Computer Science. v. 292, March. 2013. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1571066113000054>. Acesso em: 12 agosto. 2014.

GAMIL, A. A.; EL-FOULY, R. S.; DARWISH, N. D.; **A Predictive Stock Market Technical Analysis Using Fuzzy Logic**. Proceeding of the World Congresso in engineering, Cairo Univesrity, Egypt, v. 1, n. 3, July 2 - 4. 2007. Disponível em http://www.iaeng.org/publication/WCE2007/WCE2007_pp142-147.pdf. Acesso em: 12 agosto. 2014.

GOLDSCHIMIDT, R.;PASSOS, E.; **Data Mining: um guia prático**. Rio de Janeiro: Campus, 2005. p.256

HABERLER, Gottfried. **Crescimento Econômico e Estabilidade: uma análise da evolução e das políticas econômicas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1976. 271.p

HCINVESTIMENTOS, 2011. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://hcinvestimentos.com/2011/12/20/indice-beta/>. Consultado em 19 de março de 2014.

INVESTMAX, 2013. [online] Disponível em <<http://www.investmax.com.br/iM/content.asp?contentid=659>>. Acesso em 19 de março de 2014.

INVESTMAX, 2013. [online] Disponível em <<http://www.investmax.com.br/iM/content.asp?contentid=649>>. Acesso em 19 de março de 2014.

IJEGWA, D. A.; REBECCA, V. O.; OLUSEGUN, F.; ISAAC, O. O.; **A Predictive Stock Market Technical Analysis using Fuzzy Logic**. Computer anda Information Science, Canadá, v. 7, n. 3, july. 2014. Disponível em <http://ccsenet.org/journal/index.php/cis/article/viewFile/38484/21411>. Acesso em: 12 agosto. 2014.

IZARD, I.R.S. **Indicação das Ações Empresariais a partir da Percepção do Consumidor: Uso da Lógica Fuzzy**. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial, MADE, Universidade Estácio de Sá, RJ, 2007.

JANG, J. S. R.; GULLEY, N. **Fuzzy Logic Toolbox User's Guide**. The Math Works, Inc. 1995.

LEMOS, M.; COSTA JR., N.; **O efeito de sobre-reação a curto prazo no mercado de capitais brasileiro**. Revista Brasileira de Economia, v.51, n.3, p.309-324, 1997.

LUQUET, Mara. **Guia valor econômico de finanças pessoais**. 1.ed. São Paulo: Editora Globo, 2007. P.

LUGER, G.F.; STUBBLEFIELD W.A. **Artificial Intelligence: Structure and Strategies for Complex Problem Solving**. Editora: Addison esley Longman, EUA, 1997.

MALHEIROS, S. Rivadavila. **Operando na Bolsa de Valores utilizando Análise Técnica**. 1.ed. São Paulo: Novatec Editora, 2008.p.128.

MACNEILL, M. F.; THRO, Ellen. **Fuzzy Logic: a practical approach**. ed. 1, Editora: Boston, 1994.

MANDANI, E. H. **Applications of Fuzzy Set Theory to Control Systems: A survey**, In Fuzzy Automata and Decision Processes, M. M. Gupta, G. N. Saridis and B. R. Gaines, eds., North Holland, New York, pp. 1-13. 1977.

MARRO, A. A.; SOUZA, A. M.de C.; CAVALCANTE, E. R. de S.; BEZERRA, G. S.; NUNES, R. de O. **Lógica Fuzzy: conceitos e aplicações**. Disponível em <http://aquilesburlamaqui.wdfiles.com/local--files/logica-aplicada-a-computacao/texto_fuzzy.pdf>p. 23. Acesso em: 04 de junho de 2014

MATSURA, Eduardo, **Comprar ou Vender?** Como investir na bolsa utilizando análise gráfica. Rio de Janeiro: Saraiva, 2006.

MATURAMA, Umberto; VARELA, Francisco. **Árvore do Conhecimento**. Campinas. Ed. Psy, 1995.

MURPHY, J. J. **Technical Analysis of the Futures Markets**. New York Institute of Finance: New York, 1986.

NGUYEN, Hung T.; WALKER, Elbert A.; **A First Course in Fuzzy Logic**. 2.ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2000.

NETO, Alexandre Assaf. **Mercado Financeiro**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

OECONOMISTA, 2013. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.oeconomista.com.br/origens-das-bolsas-de-valores/>. Consultado em 23 de dezembro de 2013.

ORTEGA, Neli Regina Siqueira. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a problemas de Biomedicina**. Tese de Doutorado submetida ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo. 2001.

ROCHA, H. R.; MACEDO, M. A. **Previsão do Preço de Ações usando Redes Neurais**. 8º Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade, 17f, São Paulo, 2011.

RUDGE, L. F., CAVALCANTE, F. **Mercado de capitais**. 3.ed.rev.aum. Belo Horizonte: CNBV, 1996. Cap 9: As Bolsas de valores: estrutura e funcionamento, p.169-204.

SANVICENTE, A. J.; MELLAGI FILHO, A. **Mercado de capitais e estratégias de investimento**. São Paulo, Atlas, 1988.

SILVA, Renato Afonso Cota. **Inteligência Artificial aplicada à ambientes de Engenharia de Software: uma visão geral**. Universidade Federal de Viçosa. 2005.

SHAHJALAL, M.; SULTANA, A.; MITRA, N. K.; KHAN, K. ; **Implementation of Fuzzy Rule Based Technical Indicator in Share Market**. The International Journal of Applied Economics and Finance. Irlanda, v. 1, n. 2, January. 2012. Disponível em <http://scialert.net/abstract/?doi=ijaef.2012.53.63>. Acesso em: 12 agosto. 2014.

SOUSA, Nali de Jesus de. **Desenvolvimento Econômico**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2005. 313p.

THEUHERZ, R. M. **Como investir em ações: estratégia de mercado e tática operacional**. 2. ed. São Paulo: Oesp Gráfica, 1987. 323p.

UOLCOTACOES. Disponível em <Fonte: <http://cotacoes.economia.uol.com.br/acao/cotacoes-historicas.html>>. Acesso em 25 de abril de 2014.

WANG, Li-Xin. **A Course in Fuzzy Systems and Control**. Michigan: Prentice Hall PTR, 1997. 424p.

ZADEH, Lofti. A., **Fuzzy Sets, Information and Control**. Vol. 8, 1965, pp. 338-353.

ZEBDA, Awni. **The Problem of Ambiguity and the Use of Fuzzy Set Theory in Accounting: a perspective and opportunities for research**. v.7, p. 20-33, London: Jai Press, 1998.

ANEXO A
CÓDIGO NO CONTROLADOR JFUZZYLOGIC

```

public class Dados {

    public static void main(String[] args) throws IOException {

        public static double Fuzzy(double MACD, double BETA, double RSI){

            Engine engine = new Engine();
            engine.setName("acao");

            InputVariable inputVariable1 = new InputVariable();
            inputVariable1.setEnabled(true);
            inputVariable1.setName("MACD");
            inputVariable1.setRange(-2.000, 2.000);
            inputVariable1.addTerm(new Triangle("baixo", -2.000, -0.780, 0.340));
            inputVariable1.addTerm(new Triangle("alto", -0.380, 0.720, 2.000));
            engine.addInputVariable(inputVariable1);

            InputVariable inputVariable2 = new InputVariable();
            inputVariable2.setEnabled(true);
            inputVariable2.setName("BETA");
            inputVariable2.setRange(-2.000, 2.000);
            inputVariable2.addTerm(new Triangle("baixo", -2.000, -1.260, -0.500));
            inputVariable2.addTerm(new Triangle("neutro", -1.000, 0.000, 1.000));
            inputVariable2.addTerm(new Triangle("alto", 0.520, 1.260, 2.000));
            engine.addInputVariable(inputVariable2);

            InputVariable inputVariable3 = new InputVariable();
            inputVariable3.setEnabled(true);
            inputVariable3.setName("RSI");
            inputVariable3.setRange(0.000, 100.000);
            inputVariable3.addTerm(new Triangle("sobrevendido", 0.000, 25.000,
60.000));
            inputVariable3.addTerm(new Triangle("sobrecomprado", 40.000, 65.000,
100.000));
            engine.addInputVariable(inputVariable3);

            OutputVariable outputVariable = new OutputVariable();
            outputVariable.setEnabled(true);
            outputVariable.setName("DECISAO");
            outputVariable.setRange(-3.000, 3.000);
            outputVariable.fuzzyOutput().setAccumulation(new AlgebraicSum());
            outputVariable.setDefuzzifier(new Centroid(200));
            outputVariable.setDefaultOutput(Double.NaN);
            outputVariable.setLockValidOutput(false);
            outputVariable.setLockOutputRange(false);
            outputVariable.addTerm(new Triangle("venda", -2.980, -1.750, -0.620));
            outputVariable.addTerm(new Triangle("manter", -1.140, -0.050, 1.220));

```

```

outputVariable.addTerm(new Triangle("compra", 0.650, 1.590, 3.040));
engine.addOutputVariable(outputVariable);

RuleBlock ruleBlock = new RuleBlock();
ruleBlock.setEnabled(true);
ruleBlock.setName("");
ruleBlock.setConjunction(new Minimum());
ruleBlock.setDisjunction(new Maximum());
ruleBlock.setActivation(new Minimum());
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is baixo and BETA is baixo and RSI
is sobrevendido then DECISAO is venda", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is baixo and BETA is baixo and RSI
is sobrecomprado then DECISAO is venda", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is baixo and BETA is neutro and
RSI is sobrevendido then DECISAO is manter", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is baixo and BETA is neutro and
RSI is sobrecomprado then DECISAO is manter", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is baixo and BETA is alto and RSI is
sobrevendido then DECISAO is manter", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is baixo and BETA is alto and RSI is
sobrecomprado then DECISAO is manter", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is alto and BETA is baixo and RSI is
sobrevendido then DECISAO is manter", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is alto and BETA is baixo and RSI is
sobrecomprado then DECISAO is manter", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is alto and BETA is neutro and RSI
is sobrevendido then DECISAO is manter", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is alto and BETA is neutro and RSI
is sobrecomprado then DECISAO is manter", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is alto and BETA is alto and RSI is
sobrevendido then DECISAO is compra", engine));
ruleBlock.addRule(Rule.parse("if MACD is alto and BETA is alto and RSI is
sobrecomprado then DECISAO is compra", engine));
engine.addRuleBlock(ruleBlock);

engine.setInputValue("MACD", MACD);
engine.setInputValue("BETA", BETA);
engine.setInputValue("RSI", RSI);
engine.process();

double decisao = engine.getOutputValue("DECISAO");

return decisao;
}

```