

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**Centro de Computação e Tecnologia da Informação**  
**Curso de Bacharelado em Ciência da Computação**

**Gilnei Marcos Risso**

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS MULTIAGENTES NA ANÁLISE  
TÉCNICA DE AÇÕES DA BOLSA DE VALORES**

**Caxias do Sul**

**2010**

**Gilnei Marcos Risso**

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS MULTIAGENTES NA ANÁLISE  
TÉCNICA DE AÇÕES DA BOLSA DE VALORES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
para obtenção do Grau de  
Bacharel em Ciência da  
Computação da Universidade de  
Caxias do Sul.

**João Luís Tavares da Silva**  
**Orientador**

**Caxias do Sul**

**2010**

**Dedico este trabalho a meus pais  
Ivanor e Maria que sempre me  
incentivaram e me apoiaram  
em todas minhas decisões.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela vida que me deu e a oportunidade de estudar e alcançar mais esse objetivo nela.

Agradeço ao meu pai Ivanor, minha mãe Maria e meu irmão Diego, por terem me incentivado nesse desafio, terem sido compreensivos comigo e ajudado incondicionalmente, em especial nesse ano de 2010 que precisei muito deles.

Quero agradecer também a todas aquelas pessoas, avós, tios, parentes e amigos, que de diversas formas me ajudaram a chegar as minhas metas. Foram uma força presente desde o primeiro dia de aula em 2003 até hoje que me faz sentir gratidão e orgulho de tê-los ao meu redor.

Um agradecimento especial aos professores que me ajudaram a me tornar um melhor profissional, ao me mostrar o caminho do conhecimento. Em especial ao meu orientador João que aceitou me orientar nesse trabalho e foi bastante solícito em todos os momentos.

Agradeço também ao Dr. Rafael por ter cuidado de minha saúde nesses últimos tempos.

Agradeço o apoio da empresa que trabalho, por ter me incentivado ao estudo e disponibilizado de tempo quando foi necessário.

A todos vocês, muito obrigado!

## RESUMO

Este trabalho desenvolve um sistema multiagentes para analisar ações da bolsa de valores e indicar pontos de compra e venda utilizando indicadores. Sistemas multiagentes são entidades computacionais que interagem entre si de forma autônoma e organizada em um ambiente com a finalidade de resolver problemas individuais ou em comum. Este projeto utilizou o *framework* JADE (*Java agent development framework*) que facilita o desenvolvimento de sistemas multiagentes e possui uma biblioteca de protocolos de interação de acordo com os padrões da FIPA (*Foundation of Intelligent Physical Agents*) prontos para serem utilizados. Os indicadores implementados fazem parte da análise técnica de ações que é uma ciência a qual utiliza de registros históricos das cotações, para encontrar padrões de repetição e aumentar as probabilidades de projetar o futuro caminho dos preços. Dentre os indicadores utilizados estão as médias móveis, convergência-divergência da média móvel (MACD), índice de força relativa (IFR), estocástico e saldo de volume (OBV). O sistema desenvolvido permite simular diferentes configurações com estes indicadores, utilizando-os individualmente ou em conjunto, sobre o histórico de dados para encontrar taxas de acerto de *trades* e sua lucratividade além de acompanhar uma lista de ativos em tempo real.

**Palavras-chaves:** Sistemas multiagentes, JADE, bolsa de valores, análise técnica de ações, médias móveis, MACD, IFR, estocástico, OBV.

## **ABSTRACT**

This research develops a multi-agent system that aims to analyze papers of the stock exchange and provide sell and buy signals through indicators. Multi-agent systems are computational entities that interact autonomously and in an organized environment in order to solve problems individually or jointly. This project uses the framework JADE (Java agent development framework) that facilitates the development of multi-agent systems and offers a library of interaction protocols complied with the standards of FIPA (Foundation of Intelligent Physical Agents). The indicators implemented are part of the stocks technical analysis which is a science that uses historical records from the trades to find patterns of repetition and to increase the possibilities to foresee the future of the prices. The indicators that we use are the moving averages, the moving average convergence-divergence (MACD), the Relative Strength Index (RSI), the Stochastics and the On-balance volume (OBV). The developed system allows to simulate different configurations with these indicators, using them individually or together, on the historical data to find success rates and profitability of trades as well as accompanying a list of assets in real time.

**Keywords:** multiagent systems, JADE, stock exchange, stock technical analysis, moving averages, MACD, RSI, Stochastic, OBV.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Agente interagindo com o ambiente .....	16
Figura 2 - Interface de gerenciamento do JADE .....	25
Figura 3 - Agente <i>Sniffer</i> .....	26
Figura 4 - Tela do agente <i>Introspector</i> .....	26
Figura 5 - Tela do agente <i>Dummy</i> .....	27
Figura 6 - Representação da arquitetura do JADE .....	28
Figura 7 - Gráfico de linha onde o eixo horizontal representa as datas de negociação e o eixo vertical o preço do ativo. ....	31
Figura 8 – Barra utilizada no gráfico de barras .....	32
Figura 9 - Barra de <i>candlestick</i> .....	32
Figura 10 - Comparação entre gráfico de barras e gráfico de <i>candlestick</i> .....	33
Figura 11 - Pivô de alta.....	37
Figura 12 - Pivô de baixa.....	37
Figura 13 – Pontos de compra e venda indicados pelas médias móveis na ação da Embraer..	40
Figura 14 - Pontos de compra e venda indicados pelo histograma MACD .....	41
Figura 15 - Divergência de alta entre os preços e o indicador OBV .....	43
Figura 16 - Região de sobrecompra mostrada pelo indicador IFR.....	44
Figura 17 - Sistema de análise técnica no site Advfn .....	47
Figura 18 - Sistema Grapher OC .....	48
Figura 19 - Tela do sistema Apligraf .....	49
Figura 20 - Visão use case .....	54
Figura 21 - Diagrama de sequências para atualizar histórico de cotações .....	55
Figura 22 - Diagrama de sequências para disponibilizar cotações dos ativos.....	55
Figura 23 - Diagrama de sequências para registrar configurações.....	56
Figura 24 - Diagrama de sequências para disponibilizar configurações .....	56
Figura 25 - Diagrama de sequências para registrar compra ou venda de ativos .....	56
Figura 26 - Diagrama de classes.....	57
Figura 27 - Tela de simulação de configurações .....	58
Figura 28 - Tela de acompanhamento das ações .....	59
Figura 29 - Tela de simulação de ativos .....	62
Figura 30 - Tela de acompanhamento de ativos .....	63
Figura 31 - Diagrama de estados do agente Sistema.....	64
Figura 32 - Diagrama de estados do Agente Banco de dados .....	65
Figura 33 - Diagrama de estados do agente Bovespa.....	66
Figura 34 - Diagrama de Estados do agente Analista.....	67
Figura 35 - Diagrama de Estados do Agente Investidor.....	67
Figura 36 - Diagrama de estados do agente corretora .....	68
Figura 37 - Tela de configuração do indicador média móvel .....	68
Figura 38 - Tela de configuração do indicador MACD.....	69
Figura 39 - Tela de configuração do indicador IFR.....	69
Figura 40 - Tela de configuração do indicador Estocástico.....	70
Figura 41 - Gráfico de comparação do total de <i>trades</i> realizados por configuração.....	72
Figura 42 - Gráfico apresentando o percentual de <i>trades</i> de cada configuração.....	73
Figura 43 - Gráfico apresentando a soma dos lucros de cada configuração.....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>Sigla</b>	<b>Significado em Inglês</b>	<b>Significado em Português</b>
ACC	<i>Agent Communication Channel</i>	Canal de comunicação entre agentes
ACL	<i>Agent Communication Language</i>	Linguagem de comunicação entre agentes
AID	<i>Agent Identifier</i>	Identificador do agente
AMS	<i>Agent Management System</i>	Sistema de gestão de agentes
BDI		Boletim diário de Informações
BM&FBOVESPA		Bolsa de mercadorias e futuros e bolsa de valores de São Paulo
CT	<i>Container table</i>	Tabela do <i>container</i>
CVM		Comissão de valores mobiliários
DARPA	<i>Defense advanced research projects agency</i>	Agência de pesquisa avançada para projetos de defesa
DF	<i>Directory facilitator</i>	Diretório facilitador
FIPA	<i>Foundation of Intelligent Physical Agents</i>	
GADT	<i>Global agent descriptor table</i>	Tabela de descritores de agentes globais
IAD		Inteligência artificial distribuída
IFR		Índice de força relativa
JADE	<i>Java agent development framework</i>	Ambiente de desenvolvimento de agentes em Java
JDK	<i>Java development kit</i>	Kit de desenvolvimento Java
KIF	<i>Knowledge interchange format</i>	Formato de intercâmbio de conhecimento
KQML	<i>Knowledge query and manipulation language</i>	Linguagem de consulta e manipulação de conhecimento
KSE	<i>Knowledge sharing effort</i>	
LGPL	<i>Lesser general public license</i>	
MACD	<i>moving average convergence-divergence</i>	Convergência-Divergência da média móvel
MM		Médias móveis
MMA		Média móvel aritmética
MME		Média móvel exponencial
OBV	<i>On Balance Volume</i>	Saldo de volume
RDP		Resolução distribuída de problemas
RMI	<i>Remote method invocation</i>	Invocação remota de métodos
SMA		Sistema multiagentes
SVN	<i>Subversion</i>	Sistema de controle de versão
UML	<i>Unified Modeling Language</i>	Linguagem de modelagem unificada



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros da linguagem KQML.....	21
Tabela 2 - Parâmetros da linguagem ACL.....	22
Tabela 3 - Performativas da linguagem ACL .....	23
Tabela 4 - Descrição do objetivo 1 .....	51
Tabela 5 - Descrição do objetivo 2 .....	52
Tabela 6 - Descrição do requisito 1.1 .....	52
Tabela 7- Descrição do requisito 1.2 .....	52
Tabela 8 - Descrição do requisito 1.3 .....	52
Tabela 9 - Descrição do requisito 1.4 .....	53
Tabela 10 - Descrição do requisito 1.5 .....	53
Tabela 11 - Descrição do requisito 1.6 .....	53
Tabela 12 - Descrição do requisito 2.1 .....	54
Tabela 13 - Campos da tabela BDI.....	59
Tabela 14 - Campos da tabela ativo.....	59
Tabela 15 - Campos da tabela configuração.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 16 - Campos da tabela de histórico de negociações.....	60
Tabela 17 - Campos da tabela de simulação de trades .....	61
Tabela 18 - Campos a tabela de trades executados.....	61
Tabela 19 - Testes realizados com o sistema multiagentes.....	71

## SUMÁRIO

1	Introdução .....	12
2	Sistemas Multiagentes .....	15
2.1	Conceito de Agentes .....	15
2.2	Propriedades dos Agentes .....	16
2.3	Classificações do Ambiente .....	17
2.4	Inteligência Artificial Distribuída .....	18
2.4.1	Resolução Distribuída de Problemas (RDP) .....	19
2.4.2	Sistemas Multiagentes (SMA) .....	19
2.5	Comunicação entre Agentes.....	20
2.5.1	<i>Knowledge Interchange Format (KIF)</i> .....	21
2.5.2	<i>Knowledge Query and Manipulation Language (KQML)</i> .....	21
2.5.3	<i>Agent Communication Language (ACL)</i> .....	22
2.6	<i>Java Agent Development Framework (JADE)</i> .....	24
2.6.1	Características do <i>Framework</i> JADE.....	25
2.6.2	Arquitetura JADE.....	27
3	Análise Técnica de Ações.....	29
3.1	Definições Básicas .....	29
3.2	Fundamentos da Análise Técnica.....	30
3.2.1	Tipos de Gráficos.....	31
3.2.1.1	Gráficos de Linha .....	31
3.2.1.2	Gráfico de Barras.....	31
3.2.1.3	Gráfico de <i>Candlestick</i> .....	32
3.2.2	Período do Gráfico .....	33
3.3	Teoria de Dow .....	34
3.3.1	Princípio I: Os preços descontam tudo.....	34
3.3.2	Princípio II: O mercado tem três tendências .....	34
3.3.3	Princípio III: A tendência primária tem três fases .....	35
3.3.4	Princípio IV: O volume deve confirmar a tendência.....	36
3.3.5	Princípio V: A tendência precisa ser confirmada por dois índices .....	36
3.3.6	Princípio VI: Uma tendência é válida até que o mercado indique um sinal definitivo de reversão .....	36
3.4	Principais Indicadores.....	37

3.4.1	Médias Móveis (MM) .....	38
3.4.2	Convergência-Divergência da Média Móvel (MACD).....	40
3.4.3	<i>On Balance Volume</i> (OBV) .....	42
3.4.4	Índice de Força Relativa (IFR).....	43
3.4.5	Estocástico.....	44
4	Modelagem do Sistema .....	50
4.1	Documento Contextual do Sistema.....	50
4.1.1	Descrição Inicial .....	50
4.1.2	Problema Original .....	50
4.1.3	Origem do Sistema .....	51
4.1.4	Contexto de Utilização .....	51
4.1.5	Limites do Sistema .....	51
4.2	Modelos de Objetivos .....	51
4.3	Descrição de Requisitos .....	52
4.4	Visão de Use Case.....	54
4.5	Diagramas de Sequências .....	54
4.6	Diagrama de Classes .....	57
4.7	Protótipo de Telas.....	57
4.8	Modelo Entidade-Relacionamento.....	59
4.9	Arquitetura do Sistema .....	61
5	Implementação e Testes do Sistema Multiagentes .....	62
5.1	Apresentação do Sistema Multiagentes de Análise Técnica.....	62
5.2	Os agentes e suas Responsabilidades.....	63
5.2.1	Agente Sistema.....	63
5.2.2	Agente Banco de dados .....	64
5.2.3	Agente Bovespa.....	65
5.2.4	Agente Analista .....	66
5.2.5	Agente Investidor .....	67
5.2.6	Agente Corretora .....	67
5.3	Configuração dos Indicadores .....	68
5.4	Apresentação dos Testes .....	70
6	Conclusão .....	75
7	Referências .....	77

# 1 INTRODUÇÃO

A quantidade de pessoas físicas que passaram a aplicar seu dinheiro na bolsa de valores tem aumentado bastante nos últimos anos, no mês de junho de 2010 esse número chegou a ser 23% do volume total das negociações segundo informações da própria Bovespa com aproximadamente meio milhão de brasileiros negociando no mercado de valores. Isso se deve ao fato de ferramentas como o *home broker* terem se tornado acessível às pessoas, que permitem de qualquer computador com acesso a internet poderem comprar ou vender ações e o custo de cada transação ser bastante acessível.

Com essa entrada de pessoas que não estão habituadas com o mercado de valores surge uma deficiência de conhecimento para investir e obter lucros nesse mercado. Analisar o mercado e chegar a uma conclusão de comprar ou vender não é uma atividade trivial. Basicamente existem dois tipos de análises de mercado que são mais conhecidas. A primeira é a análise fundamentalista que estuda o mercado, a situação financeira e econômica das empresas e suas expectativas e projeções para o futuro através de seus balanços contábeis e de uma perspectiva macroeconômica do mercado.

A segunda forma de análise é a análise técnica também conhecida como análise gráfica. Essa se baseia nas cotações passadas para prever uma perspectiva futura de uma determinada ação. Dentro dessa área estão os estudos dos suportes e resistências dos preços, gráficos de *candlesticks*, e diversos indicadores “frutos de manipulações matemáticas de preços e volume, que nos ajudam a avaliar os vários aspectos envolvidos nos movimentos dos ativos negociados em bolsas” (ADVFN, 2010).

Perante esses fatores, pretende-se realizar um trabalho de pesquisa utilizando sistemas multiagentes que estudem e monitorem ações negociadas na Bovespa sob uma perspectiva da análise gráfica. Este sistema possuirá diversos agentes, cada qual independente e autônomo com o objetivo de testar a eficiência de diferentes táticas.

Sistemas Multiagentes (SMA) podem ser compreendidos como uma abstração da Inteligência Artificial Distribuída em que entidades computacionais são capazes de interagir de forma autônoma e inteligente em ambientes compartilhados. Segundo Wooldridge (2002), agentes são entidades reais ou artificiais capazes de interagir em um ambiente de forma organizada para resolverem problemas em comum ou individuais.

Uma tipologia de agentes proposta por Nwana (1996) apresenta agentes do tipo colaborativos, competitivos, de informação, de interface, móveis, estacionários, híbridos, reativos, autônomos e inteligentes. Devido ao conhecimento do ambiente e dos agentes

envolvidos em determinado contexto ou tarefa de resolução de problemas, os agentes possuem capacidades de comunicação que habilitam a interação multiagentes. Os tipos de comunicação envolvidos podem ocorrer através de estruturas centralizadas, troca direta de mensagens ou percepção do ambiente. No caso de agentes cognitivos, inteligentes e de informação, ocorrem trocas de mensagens explícitas que habilitam o comportamento social entre os agentes. Segundo a FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*), uma plataforma de agentes deve fornecer suporte para comunicação entre agentes através de uma linguagem de comunicação, especificação de protocolos e serviços de transporte e gestão de conteúdo. A FIPA é uma organização de normas da *IEEE Computer Society* que promove a tecnologia baseada em agentes e a interoperabilidade de seus padrões com outras tecnologias.

Uma sociedade de agentes, constitui-se portanto em um grupo formado estática ou dinamicamente para resolver um problema comum, onde um único agente não é capaz de solucionar. Existem várias definições e modelos de organização de agentes em sistemas multiagentes que definem metodologias específicas de resolução de problemas. Grande parte dos modelos organizacionais de agentes derivam de metáforas sociais do comportamento humano. Modelos de organização de agentes reativos denotam interações simples, através de chamadas remotas ou mesmo trocas de mensagens (síncronas ou assíncronas) entre *threads*.

Existirão diferentes tipos de agentes, o agente Bovespa será o responsável pelo download do boletim diário Bovespa (BDI), arquivo disponibilizado pela Bovespa com o resumo das negociações diárias, e extrairá os dados das ações em estudo. Ele também disponibilizará a cotação atual das ações solicitadas.

Haverá diversos agentes analistas que processam os dados fornecidos pelo agente Bovespa. Cada analista utilizará táticas diferentes para indicar a compra ou a venda de um determinado ativo.

O agente investidor será o responsável por receber as sugestões de compra ou venda das ações dos agentes analistas. Será de sua responsabilidade administrar a conta de investimento e definir a quantidade de cada ação que será comprada ou vendida.

O agente corretora receberá dos agentes investidores as ordens de compra ou venda e executará a operação.

A “inteligência” dos agentes analistas reside no monitoramento de indicadores individuais e na interação entre os resultados de cada agente. A decisão de compra ou venda seria assumida do conjunto de agentes que aponte para uma mesma direção. Os

indicadores analisam aspectos diferentes do mercado e, neste trabalho, nos limitaremos a dois tipos de indicadores: rastreadores e osciladores. Os osciladores avaliam se os valores estão muito altos ou muito baixos. E, os rastreadores mostram a tendência dos preços num determinado período através de uma métrica específica, como por exemplo, médias móveis.

O objetivo deste trabalho portanto consiste em desenvolver um sistema multiagentes para analisar ações da Bovespa e indicar pontos de compra e venda de ações baseado nos indicadores da análise técnica. Este sistema será desenvolvido utilizando o *framework* JADE (*Java agent development framework*) e a linguagem de programação Java. Para alcançar essa meta será pesquisado sobre o conceito de utilização de sistemas multiagentes, a utilização dos principais indicadores utilizados na análise técnica de ações e será desenvolvida uma aplicação multiagente que utiliza os indicadores estudados como parâmetro para indicar a compra ou venda de ações.

O capítulo dois estuda a conceituação de sistemas multiagentes, nele é abordado o conceito de agentes e suas propriedades e também o conceito de inteligência artificial distribuída através da resolução distribuída de problemas e sistemas multiagentes. Após, é explicada a comunicação entre os agentes e ao final é apresentado o framework JADE.

No terceiro capítulo é abordada a análise técnica de ações. No início são apresentados os tipos de gráfico utilizados por essa abordagem, a seguir os fundamentos com a teoria de Charles Dow, depois são apresentados os indicadores que serão utilizados na implementação e ao final alguns sistemas de análise gráfica que existem no mercado.

O quarto capítulo tem como assunto a modelagem do sistema multiagentes. Nele é contextualizado o sistema através do documento contextual do sistema, os objetivos e requisitos da implementação e também os diagramas de sequências e de classes do projeto. No fim dessa seção é descrito o modelo entidade-relacionamento do projeto e apresentadas telas do protótipo a ser desenvolvido.

No capítulo cinco é apresentada a implementação do sistema multiagentes e as responsabilidades de cada agente implementado. Faz parte do objetivo desse capítulo mostrar os testes feitos para validar o sistema e seus resultados obtidos.

Na conclusão do trabalho, descrita no sexto capítulo é analisado o conhecimento obtido na execução deste projeto e como seus objetivos foram alcançados. Além disso, são sugeridos possíveis trabalhos futuros a serem desenvolvidos utilizando sistemas multiagentes na análise de ações.

## 2 SISTEMAS MULTIAGENTES

Este capítulo define os principais conceitos dos sistemas multiagentes. Primeiramente será estudado o conceito de agentes conforme a visão de diversos autores, em seguida suas principais propriedades e o ambiente com o qual estão interagindo. Faz parte desse estudo também o processo de comunicação entre os agentes, sendo apresentadas as principais linguagens como a KIF (*knowledge interchange format*), KQML (*knowledge query and manipulation language*) e ACL (*agent communication language*). Ao final do capítulo é apresentado o ambiente de desenvolvimento JADE (*Java agent development framework*) utilizado para a implementação do sistema multiagentes.

### 2.1 Conceito de Agentes

Definir agentes não é uma tarefa fácil visto que há diversas abordagens e diferentes pontos de vista conforme os autores. Embora existam diversas definições diferentes, pode-se fazer uma analogia de agentes com o mundo real. Os agentes seriam pessoas com um conhecimento ou recurso mais especializado em determinada área, mediante o qual ajudariam outras pessoas em suas tarefas (BARONE, 2003).

Para Wooldridge (2002) sistemas multiagentes são sistemas compostos por múltiplos elementos computacionais interagindo, conhecidos como agentes. Agentes são sistemas computacionais com duas importantes capacidades. Primeiro, são pelo menos capazes de ação autônoma – de decidir por si próprios o que eles precisam fazer para satisfazer seus objetivos. Segundo, são capazes de interagir com outros agentes, não apenas para trocar dados, mas engajando-se em atividades sociais análogas.

Embora se esteja definindo agentes é necessário acrescentar outro elemento para melhorar a compreensão: o ambiente. Um agente é um sistema computacional que está inserido em um ambiente e tem a capacidade de agir autonomamente nesse ambiente no sentido de cumprir seus objetivos (WOOLDRIDGE, 2002).

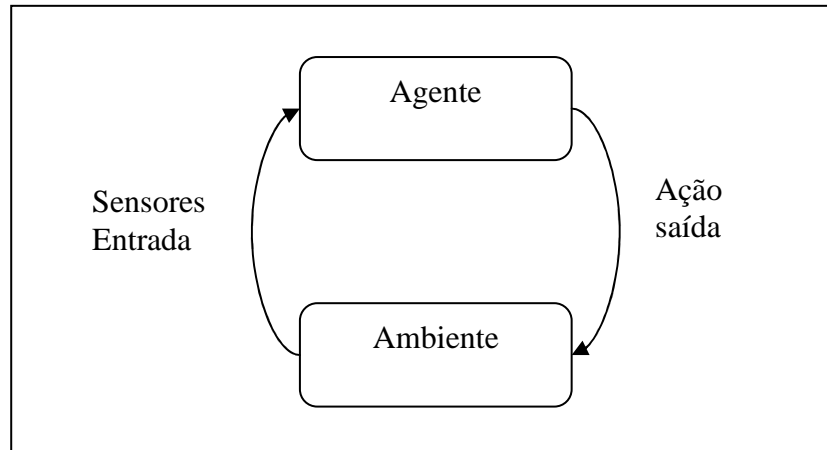


Figura 1 - Agente interagindo com o ambiente

Na figura 1 é apresentada a relação entre o agente e o ambiente. O agente percebe o ambiente, captando dados, seja por meio de sensores ou no caso de *softwares* por meio de conjunto de dados codificando a percepção do ambiente. Após essa coleta de dados há a ação do agente para modificar o ambiente. Pode-se usar como exemplo de um agente atuando no ambiente para modificá-lo, um termostato que lê a temperatura de uma sala. Se esta estiver muito baixa o termostato pode ligar um ar condicionado para aumentar sua temperatura até uma temperatura ideal. Assim, *softwares* que monitoram ambientes podem ser considerados agentes, pois primeiro eles observam o ambiente e depois tomam ações para modificar esse ambiente, buscando alcançar seus objetivos (WOOLDRIDGE, 2002).

Do ponto de vista de Pattie Maes (1994 apud BARONE, 2003) agentes são sistemas computacionais que habitam algum ambiente dinâmico e imprevisível, sensoriando seu estado e atuando autonomamente, executando uma série de objetivos ou tarefas para os quais foram implementados.

Já para Russell e Norvig (2004), agir racionalmente significa agir de forma a alcançar as metas definidas por alguém, dadas as crenças desse alguém. Neste sentido, definem genericamente um agente como algo que percebe seu ambiente por meio de sensores e atua contra esse ambiente por meio de atuadores.

## 2.2 Propriedades dos Agentes

Embora existam definições diferentes de agentes, é possível elencar algumas propriedades comuns desejáveis a eles, embora nem sempre os agentes possuam todas essas



características.

A primeira delas é a reatividade, que conforme Wooldridge, consiste na capacidade de perceber o ambiente em torno do agente e responder imediatamente quando algum evento ocorre para satisfazer seus objetivos de projeto.

Outra propriedade é a pró-atividade que se caracteriza pela capacidade do agente tomar iniciativas para satisfazer seus objetivos. Desse modo, o agente não é apenas reativo ao ambiente, mas tem caráter empreendedor para atingir suas metas.

A habilidade social é outra importante propriedade dos agentes, pois permite que os agentes interajam entre si trocando informações e por meio desta comunicação, os agentes podem ter uma visão menos local do problema e, dessa forma, adquirir o conhecimento e a sincronia (em relação aos demais agentes) necessários à resolução do problema (BARONE, 2003). Mas habilidade social não quer dizer apenas troca de informações, refere-se a capacidade de cooperação entre os agentes, visto que eles são autônomos e podem ter objetivos diferentes, então é preciso convencer os outros agentes a compartilharem informações para alcançar os objetivos.

A autonomia também faz parte das características dos agentes, pois assume-se que eles podem operar sem a intervenção humana. Em geral, para um agente ser autônomo o mesmo incorpora sua própria *thread* de controle. Assim, possuem forte noção de autonomia pois são capazes de decidir por si próprios se realizam uma ação ou não quando solicitada por outro agente. Após executar alguma função o agente continua ativo, ao contrário dos programas convencionais que são executados e ao alcançarem seus objetivos são terminados. Quando o agente não está atuando, ele permanece observando o ambiente e quando algum evento relacionado aos seus objetivos ocorre então ele volta a agir.

Por fim, pode-se elencar como característica a benevolência dos agentes, conforme Barone (2003), assume-se que um agente está disposto a ajudar outros agentes, se isso não conflitar com seus próprios objetivos. Essa propriedade permite que os agentes, embora possam ter objetivos distintos, troquem informações ou percepções sobre o ambiente e com isso conseguir um resultado melhor do que se estivessem atuando sozinhos.

### **2.3 Classificações do Ambiente**

Nesta seção são apresentadas características para classificar o ambiente em que os agentes estão sendo executados. A classificação a seguir foi proposta por Russell e Norvig

(2004).

- **Acessível x inacessível:** O ambiente é acessível se é possível obter informações completas, acuradas e atualizadas sobre seu estado. Assim, segundo Wooldridge (2002), a qualidade de decisão que um agente pode tomar é claramente dependente da qualidade de informação que está disponível. Quanto mais informações e mais corretas forem, maiores são as chances do agente tomar a decisão certa, ao passo que a inacessibilidade de informações torna os resultados dos agentes mais pobres.
- **Determinístico x não determinístico:** Pode-se considerar que um ambiente é determinístico quando uma ação sempre gera um mesmo efeito, ao passo que o não determinismo se caracteriza pelo contrário. Assim, num ambiente determinístico, os resultados da ação do agente serão sempre bem sucedidos no sentido de garantir os efeitos desejados e no ambiente não determinístico, o agente tem que avaliar se uma determinada ação gerou o resultado esperado.
- **Estático x dinâmico:** O ambiente é estático se permanece inalterado exceto pela ação do agente. Já o ambiente dinâmico está em constantes mudanças mesmo sem a influência do agente. Um software onde há muitos processos sendo executados concorrentemente pode ser considerado um ambiente dinâmico, pois os agentes não tem controle sobre ele.
- **Discreto x contínuo:** O ambiente é considerado discreto se existe um conjunto fixo e finito de ações e percepções dele enquanto que é considerado contínuo se essa quantidade de estados for considerada incontável. Por exemplo, para Wooldridge (2002), um jogo de xadrez é um ambiente discreto, pois possui um conjunto finito de estados no jogo de xadrez, enquanto que dirigir um táxi pode ser considerado um ambiente contínuo.

Partindo dessas características do ambiente é possível determinar a complexidade do processo de concepção do agente. Quando o ambiente é inacessível, não determinístico, dinâmico e contínuo pode ser considerado o cenário mais complexo.

## 2.4 Inteligência Artificial Distribuída

Segundo Barone (2003), na década de 1980 evoluía a pesquisa na área da inteligência artificial, que tomando inspiração em metáforas sociais e investindo no campo da computação distribuída inicia um processo de renovação de conceitos na construção de sistemas

inteligentes, dando origem à Inteligência Artificial Distribuída (IAD). Essa nova área é constituída por vários processos autônomos, também chamados de agentes que visam obter uma inteligência global a qual não pode ser obtida por um único agente.

A IAD passa a agregar diversos benefícios como a possibilidade de decompor grandes problemas em subproblemas e poder resolvê-los separadamente. Com isso, há a diminuição de custos, pois um sistema distribuído pode envolver um maior número de computadores, em geral mais simples e baratos (BARONE, 2003) e estes se realizados em paralelo, tornam mais rápida a solução dos problemas.

Basicamente a IAD é dividida em duas áreas: Resolução Distribuída de Problemas (RDP) e Sistemas Multiagentes (SMA).

#### **2.4.1 Resolução Distribuída de Problemas (RDP)**

Na Resolução Distribuída de problemas, os agentes (também denominados nodos ou módulos) cooperam uns com os outros, dividindo e compartilhando conhecimento sobre o problema (preciso e inicialmente conhecido) e sobre o processo de obter uma solução. Nessa abordagem, os agentes são projetados especificamente para resolver aquele problema ou classe de problemas e costuma existir um planejamento centralizado da resolução do mesmo (um membro exerce um controle global e centraliza os resultados parciais e dados obtidos pelos demais componentes do sistema) (BARONE, 2003).

Os agentes envolvidos interagem entre si através da troca de informações por meio de mensagens e do compartilhamento de dados entre si. Sua comunicação é definida durante a fase de concepção do sistema.

Faz parte da estratégia da RDP também a cooperação em nível de subproblemas onde os agentes podem dividir o problema original em partes, conforme a especialidade de cada agente. Para coordenar essa resolução distribuída é utilizado um controle global, que fica a cargo de um agente, para garantir a coerência do sistema.

#### **2.4.2 Sistemas Multiagentes (SMA)**

Os sistemas multiagentes fazem uso do conceito de “comunidade de agentes inteligentes”, cujo foco se baseia na existência de uma sociedade composta por vários agentes que atuam no sistema por meio da cooperação e concorrência, sendo que é devido a esse

“comportamento social” que emerge a inteligência do sistema (BARONE, 2003). Desse modo o foco do SMA vai além da busca de solução de um problema proposto pela RDP, pois envolve coordenação desse comportamento social inteligente preocupando-se com objetivos e também sobre o planejamento dos agentes.

Os agentes devem raciocinar a respeito das ações e sobre o processo de coordenação em si. As suas arquiteturas são mais flexíveis e a organização do sistema está sujeita a mudanças, visando a adaptar-se às variações no ambiente e/ou no problema a ser resolvido (OLIVEIRA apud BARONE, 2003).

É característica do SMA que seus agentes sejam projetados antes mesmo da existência de um problema, de forma que o agente resulta numa entidade capaz de realizar um determinado tipo de processamento, mas que não está concebida para ser executada apenas num contexto de uma aplicação particular.

As interações também são concebidas independentes de uma aplicação particular, pois o agente tem implementado um protocolo genérico de interações o qual pode ser utilizado em diversos tipos de aplicações.

Por fim, é característica dos SMA não possuir um controle global do sistema, mas este estar distribuído nos agentes de forma descentralizada. Na RDP há um elemento controlando os resultados parciais e os dados entre os componentes ao passo que nos SMA sua autonomia permite decidir quais interações são mais adequadas ou quais tarefas executar.

## **2.5 Comunicação entre Agentes**

A comunicação entre os agentes é uma característica fundamental na inteligência artificial distribuída, pois esse processo é utilizado para coordenação e troca de informações. Por meio da comunicação, os agentes podem ter uma visão menos local do problema e, dessa forma, adquirir o conhecimento e a sincronia (em relação aos demais agentes) necessários à resolução do problema (BARONE, 2003).

A inteligência artificial se utilizou da teoria dos atos da linguagem (*speech acts*) iniciada pelo filósofo britânico John Austin ao perceber que a linguagem natural possui características de ações, no sentido de alterar o estado do mundo de forma análoga às ações no mundo real. Nesse sentido ele identificou verbos performativos como, por exemplo, requisitar (*request*), informar (*inform*) e prometer (*promise*). Mais tarde, na década de 1970, Cohen e Perrault utilizam essa teoria na pesquisa e planejamento da IA.

Atualmente existem diversas linguagens desenvolvidas para a comunicação entre

agentes. Nos anos de 1990 o DARPA financiou o *Knowledge Sharing Effort* (KSE) para desenvolver protocolos de troca de conhecimento entre sistemas multiagentes. Dentre os protocolos desenvolvidos destacam-se a linguagem KIF (*knowledge Interchange Format*) e a linguagem KQML (*Knowledge query and Manipulation Language*). Em 1996 foi fundada a FIPA (*Foundation of Intelligent Physical Agents*) para padronizar a interação entre agentes a qual criou a linguagem ACL (*Agent Communication Language*).

### 2.5.1 *Knowledge Interchange Format (KIF)*

A linguagem KIF tem a capacidade de expressar as propriedades de certo domínio, ela não tem capacidade de comunicar a intenção das mensagens, mas apenas o conteúdo de suas mensagens. Ela se utiliza de símbolos utilizados pela lógica computacional como operadores booleanos e conectivos *and*, *or* e *not*, relacionamento entre objetos como  $>$  (maior) e  $<$  (menor) além dos quantificadores universal ( $\forall$ ) e existencial ( $\exists$ ).

Exemplo de expressão utilizando linguagem KIF: (= (temperatura m1) (escalar 83 Celsius))

### 2.5.2 *Knowledge Query and Manipulation Language (KQML)*

A KQML também é uma linguagem de comunicação entre agentes baseada em mensagens. Assim KQML define um formato comum para as mensagens. Uma mensagem KQML pode rudemente ser pensada como um objeto (no sentido de programação orientada a objetos): cada mensagem tem uma performativa (que pode ser pensada como uma classe de mensagem), e um número de parâmetros (atributos/pares de valores, que podem ser pensados como uma variável de instância) (WOOLDRIDGE, 2002).

Na tabela 1 são apresentados os principais parâmetros utilizados pela linguagem:

Tabela 1 - Parâmetros da linguagem KQML

Parâmetro	Significado
:content	Conteúdo da mensagem
:force	Se o remetente da mensagem sempre negar o conteúdo da mensagem
:reply-with	Se o remetente espera um retorno, e um identificador na resposta
:in-reply-to	Em resposta ao parâmetro :reply-with
:sender	Remetente
:receiver	Receptor da mensagem

Abaixo um exemplo de utilização da linguagem:

```
(ask-one
:content (PRECO PETR4 ?preco)
:receiver servidor
:language PROLOG
:ontology BOVESPA
)
```

Interpretando esta mensagem o remetente está pedindo ao servidor sobre o preço das ações da Petrobras (PETR4). A performativa “ask-one” é utilizada para pedir a outro agente uma das possíveis respostas que ele possui. A linguagem utilizada entre os agentes é o Prolog e a ontologia identifica a terminologia utilizada pelos agentes.

Embora essa linguagem seja mais completa que a KIF para transmitir mensagens entre os agentes foi bastante criticada por permitir que o conjunto de performativas não fossem restringidas e isso permitiu diferentes implementações da linguagem que não podiam comunicar-se entre si. Além disso foi criticada também pela semântica da linguagem nunca ter sido rigorosamente definida.

### 2.5.3 *Agent Communication Language (ACL)*

A *Foundation of Intelligent Physical Agents (FIPA)* é uma organização com sede na Suíça fundada em 1996 para produzir especificações padrão para as interações entre agentes. Desde sua fundação, a FIPA tem desempenhado um papel crucial no desenvolvimento de normas de agentes e tem desenvolvido uma série de iniciativas e eventos que contribuíram para o desenvolvimento e a utilização da tecnologia de agentes. Além disso, muitas das ideias originadas e desenvolvidas na FIPA agora estão focando em novas gerações de tecnologia web/internet e especificações relacionadas (FIPA,2010).

Tabela 2 - Parâmetros da linguagem ACL

Parâmetro	Descrição
performative	Tipo de ato comunicativo da mensagem
sender	Remetente da mensagem
receiver	Destinatário da mensagem
reply-to	Indica que a mensagem é uma resposta ao remetente da mensagem recebida
content	Conteúdo da mensagem

language	Indica a linguagem que o conteúdo da mensagem está escrito
encoding	Indica a codificação utilizada pela linguagem
ontology	Indica a ontologia para dar significado aos símbolos do conteúdo da mensagem
protocol	Indica o protocolo que o agente está utilizando
conversation-id	Indica uma expressão a ser utilizada para continuar a conversa
reply-with	Indica a expressão utilizada para identificar a mensagem
in-reply-to	Indica uma expressão que faz referencia a uma ação anterior em que a mensagem é uma resposta
reply-by	Indica o tempo ou data que o agente de envio gostaria de receber uma resposta

As mensagens no padrão FIPA ACL contêm um conjunto de parâmetros bastante semelhantes à linguagem KQML. Na tabela 2 é apresentado o conjunto de parâmetros utilizados na elaboração de mensagens no padrão ACL. Dentre estes parâmetros, o único obrigatório é o parâmetro *performative* embora seja desejável que as mensagens tenham também *sender*, *receiver* e *content*. O receptor da mensagem (receiver) pode ser um único agente ou um conjunto deles enquanto que ele pode ser omitido se puder ser inferido a partir do contexto do sistema.

Tabela 3 - Performativas da linguagem ACL

<b>Performativa</b>	<b>Descrição</b>
<i>accept-proposal</i>	Indica a aceitação de uma proposta apresentada anteriormente para executar uma ação
<i>agree</i>	Aceitação de executar uma ação
<i>cancel</i>	Cancelamento da execução de uma ação
<i>cfp</i>	“ <i>Call for proposals</i> ” utilizada para iniciar um processo de negociação
<i>confirm</i>	O remetente informa ao receptor que uma informação é verdadeira
<i>disconfirm</i>	O remetente informa ao receptor que a informação é falsa
<i>failure</i>	Informa que foi tentado executar uma ação mas esta falhou
<i>inform</i>	Comunica uma informação para outros agentes
<i>inform-if</i>	Comunica uma informação esperando saber se é verdadeira ou falsa
<i>inform-ref</i>	Comunica uma ação buscando o valor de uma expressão
<i>not-understood</i>	Utilizada quando o agente não entende a ação executada
<i>propagate</i>	Solicitação para o agente propagar uma mensagem

<i>propose</i>	Ação de apresentar uma proposta, como resposta a uma cfp
<i>proxy</i>	Permite enviar uma mensagem que vai ser enviada a um conjunto de agentes
<i>query-if</i>	Pedido de informação sobre a veracidade de uma informação
<i>query-ref</i>	Pedido de informação sobre um valor
<i>refuse</i>	Ação de recusar executar uma determinada ação
<i>reject-proposal</i>	Rejeitar uma proposta durante uma negociação
<i>request</i>	Pedido para executar uma determinada ação
<i>request-when</i>	Pedido para executar uma ação quando uma condição for verdadeira
<i>request-whenever</i>	Pedido para executar uma ação sempre que uma ação for verdadeira
<i>subscribe</i>	Pedido para ser notificado sempre que o valor de uma referência for modificado

Na tabela 3 são especificadas as 20 performativas utilizadas para definir as intenções na interpretação das mensagens. Com o uso dessas performativas a linguagem FIPA ACL se torna mais compreensível que a linguagem KQML. A linguagem possui uma semântica formal abrangente, algo que faltava na KQML, permitindo representar crenças, desejos e crenças incertas de agentes, como as ações que os agentes realizam. A semântica da FIPA ACL permite definir restrições que o emissor da mensagem deve satisfazer para que ele esteja em conformidade com o padrão FIPA ACL, que é definido como condição de possibilidade, além de definir o efeito racional da ação – o “propósito” da mensagem: o que o agente deseja com o envio da mensagem (WOOLDRIDGE, 2002).

## **2.6 Java Agent Development Framework (JADE)**

JADE (*Java Agent Development Framework*) é um *framework* totalmente desenvolvido em Java que visa o desenvolvimento de sistemas multiagentes e aplicações de acordo com as normas FIPA para agentes inteligentes. Tem como o objetivo simplificar e facilitar o desenvolvimento de sistemas multiagentes garantindo um padrão de interoperabilidade entre eles através de um abrangente conjunto de agentes de serviços de sistema, os quais tanto facilitam como possibilitam a comunicação entre agentes, de acordo com as especificações da FIPA: serviço de nomes, páginas amarelas, transporte de mensagens, serviços de codificação e decodificação de mensagens e uma biblioteca de protocolos de interação no padrão FIPA pronta para ser usada (JADE, 2010).

Foi desenvolvido pela universidade de Parma na Itália como *software* livre sob a



licença LGPL. Desde 2003 foi criado um conselho para supervisionar e administrar seu desenvolvimento.

### 2.6.1 Características do *Framework* JADE

Abaixo segue uma lista das principais características oferecidas pelo *framework* JADE conforme descritas por Silva (2003).

- **Plataforma distribuída de agentes:** o ambiente JADE pode ser executado de forma distribuída, já que ele é construído em Java não há a necessidade nem de um sistema operacional em comum. A única exigência é existir uma conexão RMI entre as máquinas que estão executando os agentes. Os agentes são implementados como *threads* e trocam informações através de mensagens ACL.
- **Graphical User Interface:** O *framework* já possui implementada uma interface visual para o gerenciamento remoto, monitoramento e controle do estado dos agentes, sendo possível parar a execução ou reiniciar um agente. Essa interface, apresentada na figura 2, consegue também iniciar a execução de um agente em um ambiente remoto.

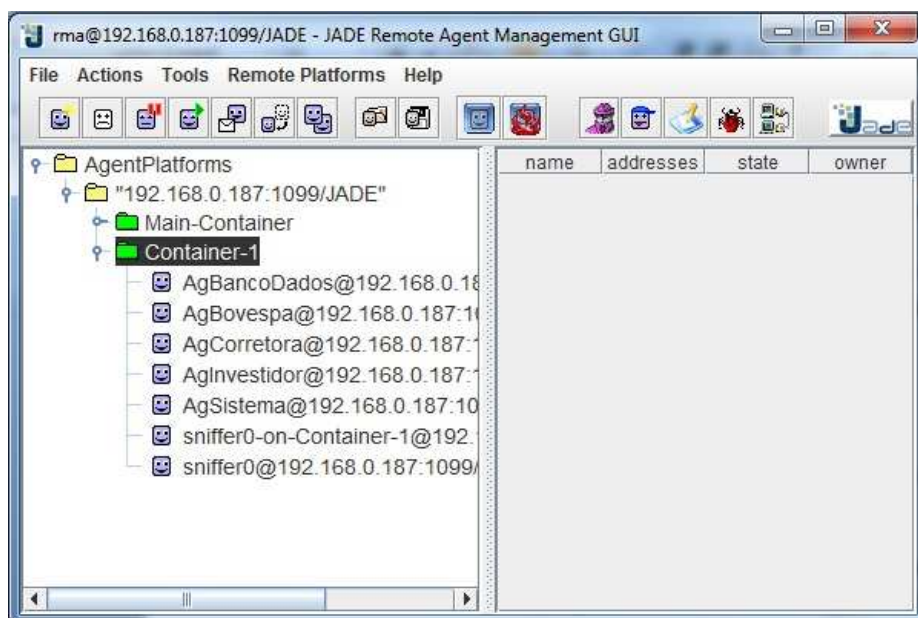


Figura 2 - Interface de gerenciamento do JADE

- **Ferramentas de suporte:** Possui 3 agentes que são utilizados como ferramentas para auxiliar no desenvolvimento dos sistemas. O agente *sniffer*, visto na figura 3, permite

interceptar as mensagens comunicadas entre os agentes, que são representadas através de uma notação similar a um diagrama de sequências. É útil para depurar a comunicação entre os agentes.

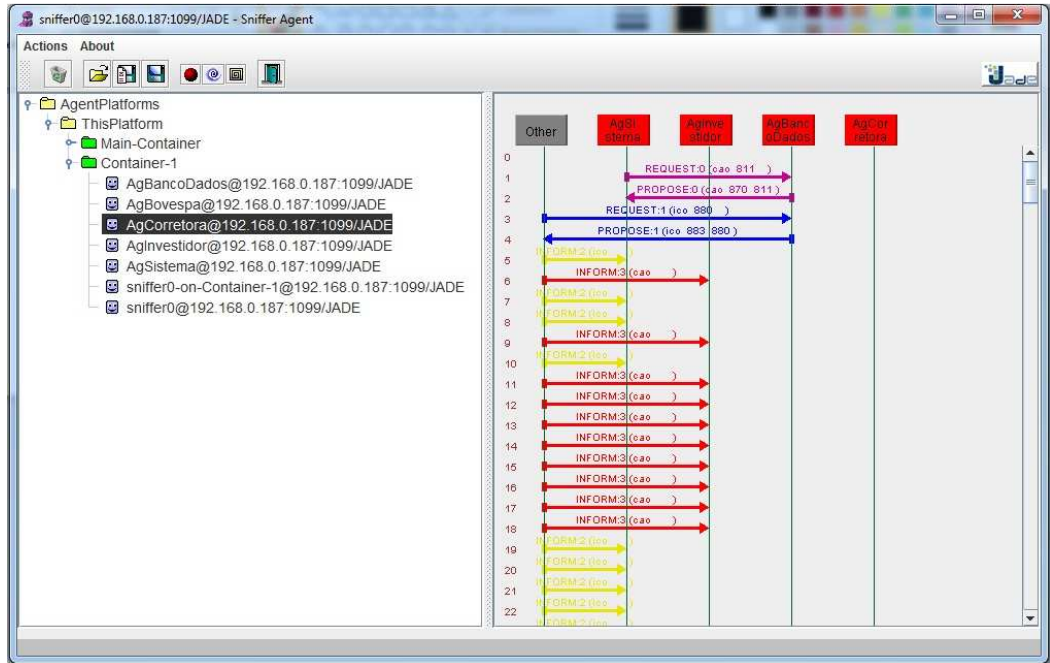


Figura 3 - Agente *Sniffer*

O agente *introspector* é utilizado para controlar o ciclo de vida do agente, nele é possível ver o status dos agentes, consultar as mensagens recebidas e enviadas e os comportamentos utilizados, conforme visualizado na tela da figura 4.

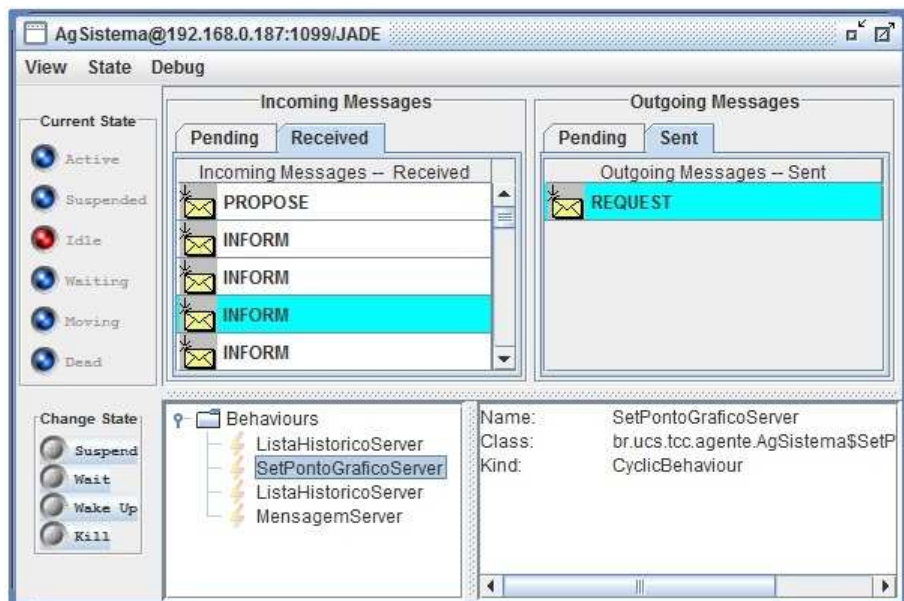


Figura 4 - Tela do agente *Introspector*

A terceira ferramenta é o agente *Dummy*, apresentado na figura 5, que é útil para criar mensagens ACL e recebê-las. Também tem a capacidade de salvá-las em arquivo e é utilizado principalmente para depuração de mensagens.

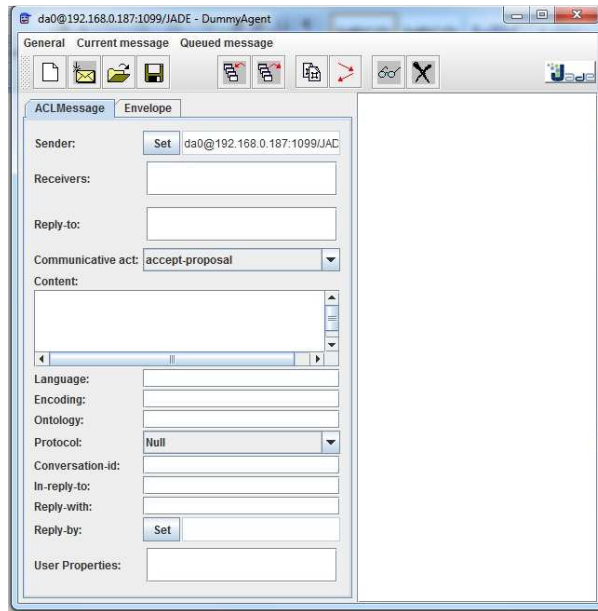


Figura 5 - Tela do agente *Dummy*

- **Execução paralela de agentes:** Cada agente é implementado como uma *thread* e portanto pode ser executado em paralelo com outros agentes.
- **Sistema de transporte de mensagens:** O *framework* possui um sistema de transporte de mensagens responsável por todas as comunicações realizadas entre os agentes, também conhecido como canal de comunicação dos agentes (*Agent Communication Channel – ACC*).
- **Diretório Facilitador (DF):** É um agente que implementa o serviço de páginas amarelas para a plataforma. Nele os agentes podem registrar seus serviços, e também buscar por serviços disponíveis.
- **Sistema Gerenciador de Agentes (AMS):** É responsável por controlar e manter atualizado um diretório de registro de agentes e seus estados, conhecido como páginas brancas. Todos os agentes da plataforma devem se registrar junto ao AMS a fim de obter um AID válido. Quando um agente precisa interagir com outro, é a este serviço que ele recorre.

## 2.6.2 Arquitetura JADE

O fato da plataforma JADE ter sido desenvolvida utilizando a linguagem de

programação Java, permite que esta seja dividida em diversas máquinas, inclusive com sistemas operacionais diferentes. Para isso basta que cada uma delas tenha instalada uma máquina virtual Java (JVM) para poder executar o JADE.

A organização do *framework* se dá por meio de *containers* de agentes que podem estar na mesma máquina ou distribuídos pela rede. Os agentes sempre são executados dentro de um *container*. Em toda a plataforma haverá apenas um container principal que tem como responsabilidades registrar todos os containers que fazem parte da plataforma (*container table* - CT), gerenciar e registrar todos os agentes presentes na plataforma (*global agent descriptor table* - GADT) e hospedar os agentes AMS, DF e ACC pois estes devem ser únicos em todo o ambiente.

A troca de informações entre as JVMs, caso o ambiente esteja executando em diversas máquinas, é feita através da invocação remota de métodos (RMI).

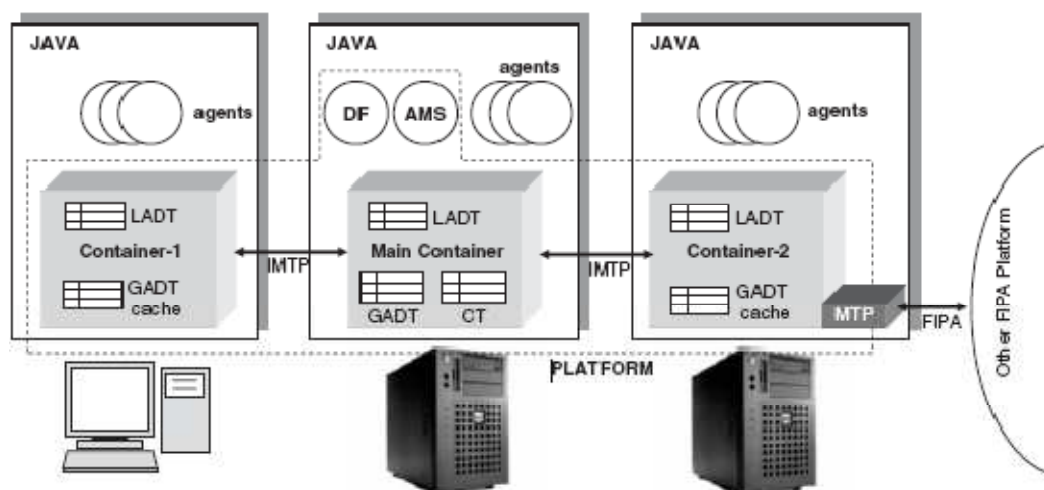


Figura 6 - Representação da arquitetura do JADE

Na figura 6 há uma representação do JADE dividido em diversos servidores, com isso o container principal centraliza os serviços e essa separação física entre os *hosts* fica abstraída ao desenvolvedor.

No desenvolvimento do projeto para analisar ações da bolsa de valores os agentes estarão sendo executados todos num mesmo servidor, contudo a arquitetura do *framework* permite facilmente que o processamento seja dividido em diversos servidores. Os agentes analistas, que serão descritos no próximo capítulo, são os que demandam uma maior capacidade de processamento e para tanto poderiam ser executados em máquinas separadas com maior capacidade de processamento.

### **3 ANÁLISE TÉCNICA DE AÇÕES**

Neste capítulo é apresentada a análise técnica de ativos, partindo de seus conceitos e teorias que a fundamentam, após serão estudados diversos indicadores utilizados por esta prática de análise do mercado. Ao final dessa seção serão apresentadas ferramentas existentes que utilizam os indicadores para analisar as ações.

#### **3.1 Definições Básicas**

Segundo Marcos Abe (2009) uma ação é um título que representa a menor parte do capital social de uma empresa de capital aberto, as famosas sociedades anônimas. Portanto quando um investidor compra uma ação ele está se tornando sócio da empresa da qual adquiriu o papel, podendo receber dividendos caso ela venha a apresentar lucros.

Segundo Piazza (2008) quando uma empresa está interessada em captar novos recursos para investir em crescimento e modernização a médio e longo prazos, recorrer a um empréstimo pode ser uma das formas de conseguir esse objetivo. Porém, esta é uma opção de custo elevado em virtude dos altos juros cobrados. Por isso, a empresa pode recorrer ao mercado financeiro para captar esses recursos e se livrar dos juros bancários. Mas para isso precisa abrir seu capital e isto consiste em “fazer uma oferta pública inicial vendendo suas ações pela primeira vez aos investidores: é o chamado mercado primário” (ABE, 2009). O valor captado com esta venda inicial será utilizado pela empresa como financiamento para seus projetos. Depois que os acionistas compram os papéis emitidos pela empresa, eles podem continuar negociando-os na bolsa de valores, sendo este chamado de mercado secundário que “garante a liquidez dos ativos possibilitando que as ações troquem de mãos” (ABE, 2009).

Neste contexto surgem as bolsas de valores que são instituições administradoras do mercado onde é permitida a compra e venda de valores mobiliários utilizando sistemas eletrônicos de negociação (PORTALDOINVESTIDOR, 2010). Estas instituições que tem como objetivo proporcionar um ambiente transparente e liquido, adequado à realização das negociações podem ser tanto associações civis sem fins lucrativos quanto empresas sociedades anônimas visando lucro através da prestação de seus serviços. No caso brasileiro, a BM&FBOVESPA é uma empresa de capital aberto listada na própria bolsa de valores através do código BVMF3 que vende seus serviços para as corretoras.

Todas as instituições e companhias que compõem o mercado de valores mobiliários são fiscalizadas pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM). A CVM é uma autarquia vinculada ao ministério da Fazenda que tem como finalidade assegurar e fiscalizar o funcionamento eficiente das bolsas de valores além de evitar e coibir fraudes no setor financeiro (PORTALDOINVESTIDOR, 2010).

### **3.2 Fundamentos da Análise Técnica**

A análise técnica deu seus primeiros passos ainda no século XVII no Japão após sua unificação. Com o crescimento da economia agrária do país houve o surgimento da primeira bolsa de arroz e com ela iniciou-se a fazer anotações e registros gráficos diários dos preços do arroz. Nestas condições é que foram dados os primeiros passos da análise gráfica. Contudo, somente veio a tomar forma como é conhecida hoje quando Charles Dow, no início do século XX, criou o índice Dow-Jones para servir como um barômetro da tendência geral dos negócios (NORONHA, 1995).

Segundo Noronha (1995) a análise técnica é a ciência que busca proporcionar, através da análise de padrões que se repetem, condições para que possamos projetar o futuro caminho dos preços, dentro de uma lógica de maiores probabilidades. A análise de padrões é realizada através do estudo de registros gráficos multiformes, associados a formulações matemático-estatísticas, incidentes sobre preços, volumes e contratos em aberto do passado e do corrente de diversos ativos financeiros.

É importante levar em consideração que para a análise todos os fatores externos desde as projeções sobre as empresas, notícias que tenham impacto no setor, e até mesmo a situação econômica e política do país refletem nos preços das ações, portanto todos esses e outros fatores acabam influenciando nos preços das ações. Assim, quando se observa o gráfico dos preços de alguma ação, todos os fatores externos estão embutidos neles. Dessa forma, são necessários apenas os dados dos preços e seu volume de negociação quando se analisa uma ação.

De certa forma, o objetivo da análise técnica é tornar o mercado previsível, levando em conta que os padrões comportamentais também influenciam na tomada de decisão dos investidores. Conforme Matura (2006), o mercado é movido por uma massa de investidores cujas decisões individuais são somadas. O resultado pode ser um consenso ou um desequilíbrio de expectativas, que vão favorecer a alta ou a baixa de ações. Esses padrões

podem ser detectados e sugerir as situações mais previsíveis do mercado.

Sendo assim, o comportamento das ações está influenciado tanto por fatores econômicos como pelo fator psicológico de quem está atuando no mercado. Com isso, esses padrões observados no passado voltam a se repetir positiva ou negativamente nas cotações quando se repetem.

### 3.2.1 Tipos de Gráficos

A forma mais fácil de entender a evolução dos preços de uma ação em relação ao tempo é através da visualização gráfica. Os gráficos são a principal ferramenta utilizada pela análise técnica. Nesta parte, serão abordados três tipos de gráficos: linha, barras e *candlestick*.

#### 3.2.1.1 Gráficos de Linha

Este tipo de gráfico é o que tem sua representação mais simples e de fácil visualização. Ele é composto apenas pelos preços de fechamento ligados por uma linha. Abaixo, na figura 7, um exemplo de gráfico de linha.

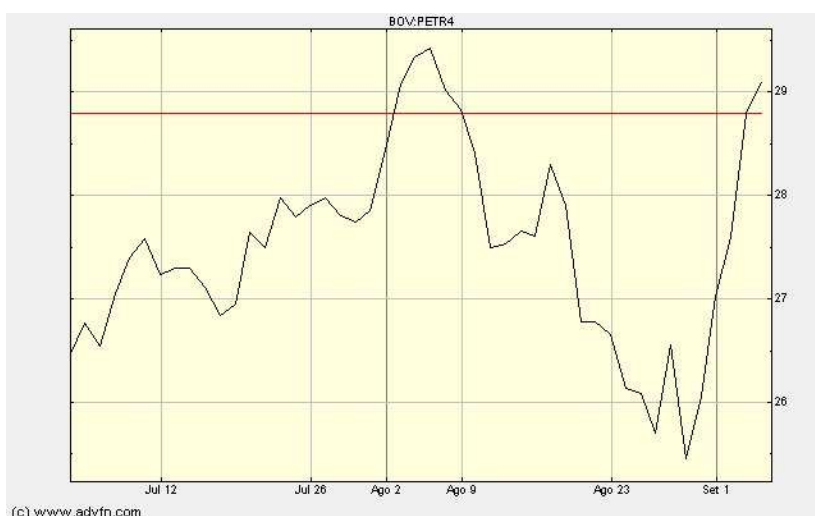


Figura 7 - Gráfico de linha onde o eixo horizontal representa as datas de negociação e o eixo vertical o preço do ativo.

#### 3.2.1.2 Gráfico de Barras

O gráfico de barras é um tipo de gráfico que traz mais informações do que o gráfico de linha. É denominado assim pois cada período de atividade é representado por uma barra, conforme apresentado na figura 8. Os extremos dessa barra são representados pela máxima e pela mínima do preço nesse dia; a abertura (primeiro negócio do dia) será representada por

um tique horizontal do lado esquerdo da barra vertical e, o fechamento, (último negócio do dia) será representado por um tique horizontal a direita dessa barra (NORONHA, 1995).

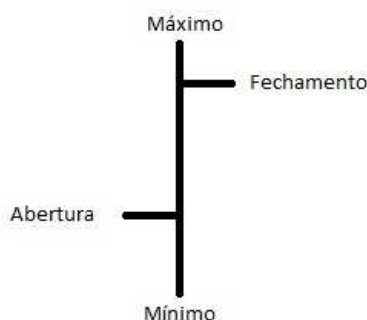


Figura 8 – Barra utilizada no gráfico de barras

Com esse tipo de representação os gráficos tornam-se mais completos pois possuem os preços mais significativos representados juntos no mesmo gráfico.

### 3.2.1.3 Gráfico de *Candlestick*

O termo *candlestick*, em inglês, significa “candelabro”, e seu nome se deve ao formato como são dispostos os preços dos ativos no gráfico, dando a cada dia (ou outro período de tempo definido) um formato semelhante a uma vela, que pode possuir um “pavio” na parte superior ou inferior (DEBASTIANI, 2007).

Cada barra pode ser chamada de ‘*candle*’ e sua construção é semelhante ao gráfico de barras tendo os quatro principais preços representados. Os preços de abertura e fechamento representam o corpo de cada *candle*, enquanto que os preços máximos e mínimos são representados por prolongações acima e abaixo do *candle* respectivamente. Se no período representado o preço de fechamento for maior do que o preço de abertura então o corpo do *candle* em geral é vazado. Quando o preço de fechamento for menor do que o preço de abertura, representando um período de baixa dos preços, então o corpo do *candle* será preenchido, como se observa na figura 9.

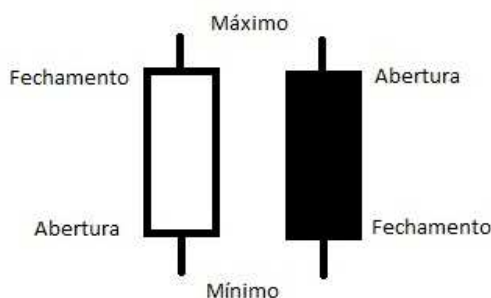


Figura 9 - Barra de *candlestick*



Em geral os gráficos de *candles* são representados pelas cores branca e preta para representar as altas e baixas, contudo podem ser representados também por outras cores como por exemplo verde e vermelho.

A representação dos gráficos no padrão de *candlesticks* tem se tornado mais popular e facilita a visualização das tendências, pois o corpo vazado ou cheio identifica rapidamente qual é a tendência, se de alta ou de baixa (MATSURA, 2006).

Abaixo, na figura 10, está um gráfico representado por barras e por *candlesticks*, nele percebe-se com maior facilidade quando houve uma alta ou uma baixa no segundo gráfico e por esse motivo se usará muito mais esta segunda representação no decorrer deste trabalho.



Figura 10 - Comparação entre gráfico de barras e gráfico de *candlestick*

### 3.2.2 Período do Gráfico

Uma barra ou *candle* pode representar preços em qualquer intervalo de tempo: um dia, uma semana, um mês ou um período intradiário, por exemplo de 15 minutos (MATSURA, 2006). A forma como os dados são representados, independente de qual o período assumido, não se altera. Sempre teremos o valor de abertura representado pelo primeiro preço negociado e o valor de fechamento pelo último valor negociado, assim como os valores da mínima e da máxima serão apresentados com o maior e o menor valor negociados nesse intervalo.

Por exemplo, se quisermos representar um gráfico utilizando o período semanal, o preço de abertura será dado pelo valor do primeiro negócio feito na semana, assim como o preço de fechamento será o último valor negociado nessa semana. Os valores máximo e mínimo serão o maior e o menor preço praticados durante a semana.

### **3.3 Teoria de Dow**

As bases para análise técnica atual foram criadas por Charles Henry Dow a partir de artigos que o mesmo publicou no jornal *The Wall Street Journal*. A partir desses artigos surgiram os princípios de sua teoria. Charles Dow nunca chegou a publicar um livro, mas após sua morte em 1902 suas teorias foram organizadas e formuladas e surge assim a Teoria de Dow como é conhecida hoje e se tornou o fundamento de toda a análise técnica.

Esta teoria está resumida em seis princípios que serão descritos a seguir.

#### **3.3.1 Princípio I: Os preços descontam tudo**

Segundo este primeiro princípio da teoria de Dow os preços absorvem todas as informações importantes a um ativo e se incorporam ao valor das ações conforme sua importância. Assim, se há uma perspectiva boa, quer seja de lucros da empresa ou perspectiva de crescimento do setor então os preços sobem. Do mesmo modo, se há uma expectativa negativa para o futuro da empresa então seus preços tendem a cair. Logo, todas as informações são precificadas pelo mercado e o valor dos ativos sempre acompanham as notícias de mercado e as expectativas da empresa. Até mesmo fatos relativos a catástrofes, como furacões ou terremotos, por exemplo, influenciam nas cotações dos papéis, embora sejam difíceis de serem previstos, mas logo que acontecem já se refletem nos preços.

Este princípio é muito significativo porque os preços refletem a atividade combinada de milhares de investidores, incluindo aqueles possuidores de melhores previsões e melhores informações sobre tendências e eventos. Os índices, nas flutuações do dia-a-dia, descontam tudo que é conhecido, tudo que é previsível e tudo que de alguma forma possa afetar a oferta e a procura dos ativos negociados. Mesmo calamidades naturais imprevisíveis, quando ocorrem, são rapidamente avaliadas, e seus possíveis efeitos, descontados (NORONHA, 1995).

#### **3.3.2 Princípio II: O mercado tem três tendências**

O mercado sempre está se movendo em tendências e a mais importante é a tendência primária que se caracteriza por um movimento de longo prazo. Ela pode se caracterizar por movimentos para cima e para baixo que normalmente (mas não invariavelmente) duram mais que um ano, podendo permanecer muito mais (NORONHA, 1995).

O segundo movimento é chamado de tendência secundária e são importantes reações

que interrompem o progresso dos preços na direção primária. Normalmente duram de três semanas a alguns meses, raramente mais. Costumam retroceder de um terço a dois terços da oscilação primária precedente (NORONHA, 1995).

O último movimento do mercado é caracterizado pelas tendências terciárias que são breves flutuações, raramente duram mais do que três semanas e normalmente duram menos do que seis dias (NORONHA, 1995).

### **3.3.3 Princípio III: A tendência primária tem três fases**

Quando a tendência primária é de alta então esta pode ser dividida nas três fases: acumulação, alta sensível e euforia. Nesta primeira fase da tendência primária de alta temos o período de acumulação que ocorre quando não há muita variação nos preços e os compradores vão se posicionando no ativo. Na fase seguinte, a de alta sensível, os investidores mais atentos que conseguiram identificar o movimento dos *insiders*<sup>1</sup> e ainda não compraram, entre eles os investidores técnicos, começam a abrir posições compradas (ABE,2009). Nessa fase, os preços sobem consideravelmente. Por fim, chega a fase de euforia em que o mercado é tomado por um alto otimismo e os preços sobem rapidamente. O otimismo é tão grande que poucos conseguem ver que o mercado está inflacionado demais. É o momento em que os leigos começam a entrar no mercado e os profissionais começam a se desfazer de suas posições pouco a pouco (ABE, 2009).

Da mesma forma a tendência de baixa também é dividida em três fases: distribuição, baixa sensível e pânico. A fase de distribuição pode ser considerada como uma continuação da fase de euforia da tendência de alta. Nessa fase ainda há otimismo no mercado, é executada por poucos investidores, eles vão se desfazendo de suas ações e os preços param de subir. Na fase de baixa sensível, é quando os preços começam a cair e os investidores, em especial os analistas técnicos percebem que os preços estão perdendo seus suportes. Por fim, chega o momento do pânico do mercado. Os amadores que ficaram paralisados durante toda a tendência de baixa já estão totalmente desesperados, emocionalmente esgotados. A mídia só piora seu estado de nervos. Resolvem assumir o prejuízo e vender suas ações a qualquer preço antes de perderem mais. Assim o mercado continua despencando até que os profissionais comecem a comprar novamente e iniciem a fase de acumulação outra vez (ABE, 2009).

---

<sup>1</sup> *Insiders* são todas as pessoas que tem acesso a informações privilegiadas nas empresas. São os indivíduos que participam diretamente de operações corporativas importantes. Podem ser funcionários de alto escalão, executivos de bancos de investimentos, advogados ou consultores que detêm informações “privilegiadas” que só chegam a domínio público muito depois que eles já se posicionaram no mercado. (Abe, 2009)

### **3.3.4 Princípio IV: O volume deve confirmar a tendência**

Segundo Marcos Abe (2009) o princípio afirma que em uma tendência de alta sadia, a alta dos preços deve ser acompanhada de acréscimo de volume e a queda de preços deve ocorrer com diminuição do mesmo. Pelo lado inverso, em uma tendência de baixa sadia, a queda dos preços deve ser acompanhada de acréscimo de volume, e a alta de preços deve ocorrer com diminuição do mesmo.

Este princípio é importante porque, por exemplo numa tendência de alta, para esta se manter é necessário um número cada vez maior de investidores para sua continuidade. Em geral quando há um movimento de alta e o volume de negociação não acompanhou esse aumento então pode estar acontecendo uma alta artificial e os preços tenderão a serem corrigidos. Assim também, num mercado em baixa, se houver uma baixa em que o volume não cresceu, isto poderá indicar uma reversão dessa tendência de baixa.

### **3.3.5 Princípio V: A tendência precisa ser confirmada por dois índices**

Esse princípio visa fornecer ao investidor uma confirmação do movimento que um ativo está fazendo. Segundo Dow, a confirmação do movimento deve ser feita pela comparação entre dois índices (neste caso, vamos entender índice por ações ou índice de ações). Ao operar um ativo devemos compará-lo com outro ativo da mesma empresa (comparação entre ações de classes diferentes da mesma empresa), do mesmo setor ou com um índice de mercado – nessa ordem em grau de importância necessariamente (ABE, 2009).

### **3.3.6 Princípio VI: Uma tendência é válida até que o mercado indique um sinal definitivo de reversão**

A reversão de uma tendência é um aspecto importante na teoria de Dow porque os preços sempre estão inseridos em uma tendência. Desse modo, é importante encontrar os pontos onde ela acaba e uma nova se inicia. Quanto antes se identificar seu início, antes será iniciada uma posição de compra para uma tendência de alta, ou uma posição de venda se está iniciando uma tendência de baixa. Para identificar uma mudança de tendência é preciso observar a formação dos pivôs. Há dois tipos de pivôs: o pivô de alta e o pivô de baixa.

O pivô de alta ocorre quando os preços estão seguindo uma tendência de baixa, conforme se observa na figura 11, e os preços do papel formam um fundo que não consegue

ultrapassar o fundo anterior, caracterizando uma falha na tentativa de ultrapassar esse fundo anterior e ao voltarem a subir os preços estes ultrapassam o topo anterior. Dessa forma, está se passando de uma tendência de baixa para uma tendência de alta. Este tipo de pivô pode ocorrer tanto nas tendências primárias quanto nas secundárias.

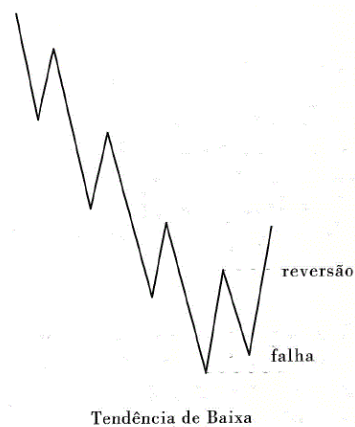


Figura 11 - Pivô de alta

No pivô de baixa os preços estão seguindo uma tendência de alta, conforme ilustrado na figura 12, e o papel forma um topo que não consegue ultrapassar o topo anterior e em seguida acontece o rompimento do último fundo.

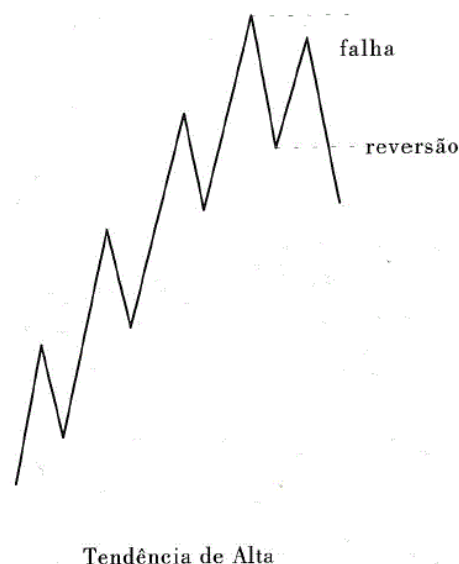


Figura 12 - Pivô de baixa

### 3.4 Principais Indicadores

O uso de indicadores na análise técnica se tornou popular na década de 1980 com a

popularização dos computadores *desktop*, pois permitiu que se calculasse com mais agilidade esses indicadores.

É importante a utilização dos indicadores porque podem ajudar na identificação da tendência e dos seus pontos de reversão. Podem fornecer uma visão mais profunda dentro do equilíbrio de forças entre os comprados e os vendidos (NORONHA, 1995).

Dentre os tipos de indicadores podemos classificá-los em dois tipos: rastreadores<sup>2</sup> e osciladores<sup>3</sup>. Os indicadores do tipo rastreadores funcionam melhor quando o mercado está numa tendência definida de alta ou baixa, porém não fornecem bons sinais quando o mercado está numa tendência lateral. Dentre os indicadores que serão apresentados nesse capítulo estão as médias móveis, convergência-divergência da média móvel (MACD) e o saldo de volume (OBV). Já os osciladores são melhores quando o mercado está sem tendência e os indicadores que serão estudados são o índice de força relativa (IFR) e o estocástico.

### 3.4.1 Médias Móveis (MM)

A média móvel representa um preço médio de um determinado período definido que vai se deslocando pelo tempo do gráfico de preços das ações. Assim, supondo que se esteja calculando uma média de 9 períodos, no nono dia temos a média de preços desse período. No dia seguinte exclui-se o valor mais antigo e se acrescenta o novo preço para calcular novamente o preço médio. Ao ligar os pontos que equivalem aos preços médios de cada dia obtém-se a linha da média móvel.

O principal objetivo de uma média móvel é o de informar se começou ou terminou uma tendência. Por ser uma média calculada em cima de dados corridos, ela não prediz, apenas reage com uma pequena defasagem de tempo em relação ao movimento de preços. Portanto, ela segue, mas não lidera ou antecipa. Sua característica principal, é fazer com que o movimento do gráfico de preço fique mais suave, tornando mais fácil a visualização da tendência básica (NORONHA, 1995).

Dentre as médias móveis, dois tipos são os mais usados: a média móvel simples ou aritmética (MMA) e a média móvel exponencial (MME).

A MMA é calculada pela fórmula:

---

<sup>2</sup> Os rastreadores são estudos que indicam e monitoram o desenvolvimento de uma tendência e são usados para ajudar o investidor a se manter posicionado enquanto o mercado não mostrar fraqueza ou mudança de tendência.

<sup>3</sup> Padrões estatísticos que trazem informações sobre possíveis exaustões e/ou reversões do mercado. É um indicador de *timing* de entrada no mercado que, como o nome indica, oscila entre dois valores.

$$MMA = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{N} \quad (1)$$

Onde,  $p$  representa o preço de fechamento do período de 1 a  $n$  e  $N$  representa o número de dias da média móvel.

Este tipo de média atribui o mesmo peso para todos os preços, desde o mais antigo ao mais recente. Contudo, segundo Noronha (1995), possui a desvantagem de mudar duas vezes em resposta a cada preço. A primeira mudança é quando um novo valor é adicionado e a segunda mudança é quando se extrai um valor antigo o qual também reflete na mudança da média. Quando se extrai um valor alto, a média cai, a não ser que o novo valor seja igual ou maior. Quando se extrai um preço baixo, ela sobe a não ser que o novo valor seja igual ou maior.

Para evitar esse problema dos valores mais antigos, surgiu a média móvel exponencial (MME). A MME é calculada segundo a seguinte fórmula:

$$MME = P_{hoje} * K + MME_{ontem} * (1 - K) \quad (2)$$

$$\text{Onde: } K = \frac{2}{N - 1}$$

$N$  = número de dias da MME

$P_{hoje}$  = preço atual

$MME_{ontem}$  = MME anterior

A média móvel exponencial (MME), em seu cálculo, dá maior peso aos preços mais recentes. Seu traçado é mais sinuoso, refletindo com mais intensidade a volatilidade de um ativo (ABE, 2009).

É importante observar também o tamanho das médias, isto é, a quantidade de dias utilizados para calcular a média móvel. Se utilizado um período curto, a média fica bastante sensível à oscilação de preços, mudando rapidamente de direção. Por outro lado, quanto maior o período utilizado mais a média demorará a mudar de direção, retardando os pontos de entrada e saída do ativo.

Por meio das MMs pode-se visualizar as tendências descritas na Teoria de Dow com mais facilidade. A tendência primária pode ser visualizada a partir de uma média móvel de 200 dias; a secundária por uma de 50 dias e a terciária por uma de 21 dias (ABE, 2009).

Para determinar a tendência em que os preços se encontram é necessário observar a

inclinação da linha da média móvel. Se a inclinação for ascendente então pode-se concluir que os preços estão em tendência de alta, se a inclinação for descendente então indicará uma tendência de baixa.

Geralmente, o cruzamento de médias móveis de diferentes períodos pode ser utilizado como estratégia para a compra e venda de ações como mostrado na figura 13. Usa-se uma média mais longa para definir a tendência do gráfico e uma média mais curta que ao cruzar com a mais longa gera os sinais de compra e venda.



Figura 13 – Pontos de compra e venda indicados pelas médias móveis na ação da Embraer

No gráfico representado na Figura 13 da empresa Embraer (EMBR3), por exemplo, está desenhada a MME de 21 períodos (MME21) e a MME de 9 períodos (MME9). No momento que a MME9 cruza de baixo para cima a MME21 é gerada a compra (C), quando a MME9 cruzar a MME21 para baixo é gerado um sinal de venda (V).

### 3.4.2 Convergência-Divergência da Média Móvel (MACD)

A sigla MACD provem de seu nome original *moving average convergence-divergence* e este indicador é utilizado para calcular tendências. Sua representação é feita através de duas linhas. A primeira é chamada de linha do MACD e a segunda é chamada de linha do sinal.

A linha do MACD é calculada utilizando-se duas médias móveis exponenciais, uma de um período mais longo e outra de um período mais curto. Supondo que se utilize como período mais longo uma MME de 26 períodos e no período mais curto uma MME de 12 períodos então a linha do MACD será calculada pela seguinte fórmula:

$$MACD = MME(\text{periodo}_{curto}) - MME(\text{periodo}_{longo}) \quad (3)$$



Onde:  $periodo_{curto}$  = quantidade de períodos utilizados para representar curto prazo,  
 $periodo_{longo}$  = quantidade de períodos utilizados para representar longo prazo.

O período de curto prazo deve ser menor que o período de longo prazo.

Como linha de sinal utiliza-se uma MME em geral de 9 períodos que mostrará uma mudança mais lenta dos preços. Os valores utilizados pelas médias poderão ser mudados a critério do analista técnico para utilizar períodos maiores ou menores.

Quando a linha do MACD cruza acima da linha de sinal, mostra que os compradores dominam o mercado e é melhor operar no lado de compra. Quando a linha mais rápida cai abaixo da mais lenta mostra que os vendedores dominam o mercado e vale a pena operar na venda (NORONHA, 1995).

Embora na sua forma original este indicador seja representado por linhas, ele pode ser representado também por um histograma proporcionando uma visão mais penetrante dentro do equilíbrio de forças entre os compradores e os vendedores do que na versão original. Mostra não apenas onde os compradores e os vendedores estão controlando, mas também quando começam a ganhar ou perder esse domínio (NORONHA, 1995).

Para calcular o histograma é necessário subtrair a linha do MACD pela linha do sinal. Os sinais de compra do histograma são gerados quando as barras param de cair e começam a virar para cima. O inverso pode ser utilizado para gerar pontos de venda, ou seja, vender quando as barras do histograma param de subir e começam a cair.

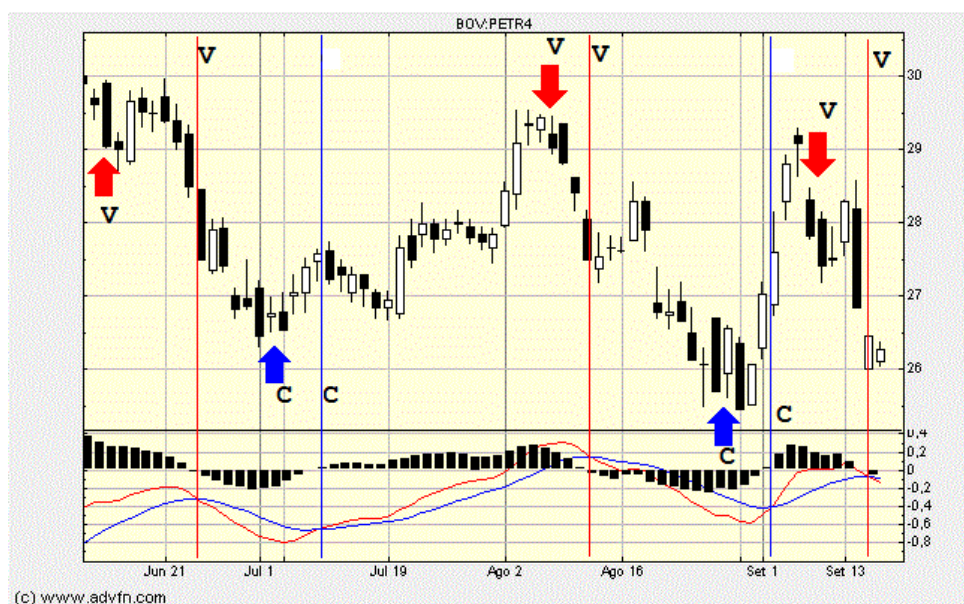


Figura 14 - Pontos de compra e venda indicados pelo histograma MACD

No gráfico 14, temos a representação da linha do MACD e também do histograma.

Pode-se observar como as linhas e o histograma produzem pontos de entrada e saída em momentos diferentes. As linhas em geral demoram em gerar os pontos, representados pelas barras verticais C para compra e V para vendas, enquanto que o histograma gera os pontos bastante próximo dos topos e fundos do gráfico, representados pelas setas C para compra e setas V para venda.

### **3.4.3 *On Balance Volume (OBV)***

Este indicador, também conhecido como saldo de volume, analisa o comportamento do volume de ações negociadas em relação aos preços do ativo. O objetivo deste é detectar, através da ação combinada da evolução do preço e do volume, se um ativo está sendo acumulado ou distribuído, partindo da premissa que o movimento do volume precede o do preço (NORONHA,1995).

Sua construção segue um algoritmo bastante simples:

1. Se o preço de fechamento do período é maior que o preço do período anterior, então soma-se a quantidade de volume negociado ao OBV;
2. Se o preço de fechamento do período é menor que o preço do período anterior, então se subtrai a quantidade de volume negociado ao OBV;
3. Se o preço de fechamento do período é igual ao do período anterior a quantidade de volume é descartada ;

Mais importante do que o valor do OBV são os topos e fundos formados pelos seus pontos. Enquanto os preços estão numa tendência de alta e o OBV é ascendente há o indicativo que a tendência vai continuar. Porém, quando os preços atingem uma nova alta e o OBV não supera o topo da alta anterior, provavelmente está próxima uma mudança de tendência. O raciocínio inverso pode ser utilizado para uma tendência de baixa. O OBV é sobretudo útil para ajudar a determinar se uma consolidação tem maior chance de ser uma acumulação ou distribuição (ABE, 2009).



Figura 15 - Divergência de alta entre os preços e o indicador OBV

No gráfico da figura 15, vê-se que embora os preços não superem o topo anterior dos preços, houve um acúmulo de volume que superou o topo anterior, provocando uma divergência entre os preços e o volume, isto é, enquanto o topo dos preços não foi superado, o topo do OBV tornou-se maior, indicando uma possível alta nos preços, que se confirma dias depois.

### 3.4.4 Índice de Força Relativa (IFR)

O índice de força relativa (IFR) é um dos indicadores mais utilizados pela análise gráfica e sua principal utilidade é para identificar quando uma ação está sobrecomprada<sup>4</sup> ou sobrevendida<sup>5</sup> monitorando a variação dos preços de fechamento.

O cálculo deste indicador se dá pela seguinte fórmula:

$$IFR = 100 - \frac{100}{1 + FR} \quad (4)$$

Onde:  $FR = \frac{\text{média dos incrementos dos dias de alta de n dias}}{\text{média dos incrementos dos dias de baixa de n dias}}$

Conforme a fórmula, o IFR calculado será sempre um valor entre 0 e 100.

<sup>4</sup> Um ativo está sobrecomprado (em inglês, *overbought*) quando sofre uma subida tão forte e frequente, que eventualmente faça a sua cotação ultrapassar em alta o real valor do ativo.

<sup>5</sup> Um ativo está sobrevendido (em inglês, *oversold*) quando sofre uma queda tão forte e frequente, que eventualmente faça a sua cotação ultrapassar em baixa o real valor do ativo.

Inicialmente, foi considerado que se o IFR atingir o nível de 70, os preços estariam sobrecomprados, e se o IFR atingir o nível de 30, os preços estariam sobrevendidos (ABE, 2009).



Figura 16 - Região de sobrecompra mostrada pelo indicador IFR

No gráfico da figura 16, está circulado e indicada com a letra V a região em que o IFR mostra que os preços estão tendo dificuldades para continuarem subindo, neste momento o analista deve ficar preparado para uma possível reversão de tendência de alta para baixa. O mesmo ocorre na região de sobrevenda circulado e indicado com a letra C, onde o IFR mostra que os preços estão chegando a um nível que é muito difícil de continuarem mantendo sua tendência e que uma inversão está próxima.

É importante considerar que quando o IFR atinge o nível de sobrecompra ou sobrevenda, ele pode permanecer por muito tempo nessa região antes que a tendência atual se inverta.

### 3.4.5 Estocástico

O estocástico é um oscilador oriundo da relação do preço de fechamento com os máximos e mínimos mais recentes. Seu princípio é o conceito de que, em movimentos de alta, o preço de fechamento se aproxima mais da máxima do dia e, nos dias de baixa, o preço de fechamento se aproxima mais da mínima. É um bom indicador de sobrecompra e sobrevenda de curto prazo, em mercados de baixa volatilidade (ABE, 2009).

Desse modo, o estocástico compara o preço de fechamento do ativo com as máximas e

mínimas de um período definido pelo usuário. No seu cálculo são utilizadas duas linhas:

A primeira linha é chamada de estocástico bruto ou %K e para calculá-la usa-se a seguinte fórmula:

$$\%K = \frac{F_h - \text{Min}}{MA_n - \text{Min}} * 100 \quad (5)$$

Onde,  $F_h$  é o preço de fechamento atual

$n$  é o número de dias

$MA_n$  é o preço máximo atingido em  $n$  dias

$MI_n$  é o preço mínimo atingido em  $n$  dias

A segunda linha é chamada de %D e consiste de uma média móvel simples de 3 dias dos valores calculados de %K.

A fórmula 5 também é conhecida como estocástico rápido pois é muito sensível às variações de preços e devido a isso pode gerar vários sinais falsos. Por isso, existe também o estocástico lento que filtra melhor os movimentos do mercado. No estocástico lento o %K assume o valor do %D do estocástico rápido e o %D é calculado de uma média móvel simples de 3 %K do estocástico rápido.

Os valores do estocástico sempre oscilarão entre 0 e 100 e assim assume-se que quando o indicador ultrapassar o valor 80 o mercado está sobrecomprado, do mesmo modo quando passar abaixo de 20 estará sobrevendido. Estes valores de referência funcionam muito bem quando o mercado está seguindo numa tendência lateral, pois quando estiver numa tendência de alta o estocástico indicará sobrecompra indicando venda enquanto o mercado ainda está subindo. Da mesma forma, numa tendência de baixa o estocástico torna-se rapidamente sobrevendido, gerando sinal de compra, enquanto o mercado tem espaço para ainda continuar caindo.

Além dos níveis de sobrecompra e sobrevenda, o estocástico também é útil para observar divergências entre o indicador e os preços das ações. A divergência de alta acontece quando os preços fazem uma nova mínima, mas o estocástico não ultrapassou o fundo anterior, gerando um sinal de compra. A divergência de baixa ocorre quando os preços realizam uma nova máxima, mas o indicador não foi maior que o topo anterior, sugerindo um sinal de venda.

### 3.5 Sistemas de Análise Gráfica de Ações

Buscando por sistemas de análise técnica de ações é possível encontrar diversos deles

disponíveis na internet. Sistemas mais simples podem ser encontrados em versões *freeware* e *shareware*, porém sistemas mais elaborados em geral são pagos. A seguir são listados alguns dos sistemas encontrados.

O primeiro sistema, apresentado na figura 17, está disponível no site ADVFN<sup>6</sup>, para acessar os gráficos é necessário estar cadastrado no site. O sistema de análise consiste de um *applet* que desenha o gráfico das ações, para isso o usuário seleciona o código da ação que deseja analisar e tem como opção também selecionar a quantidade de tempo a ser mostrada no gráfico que pode ser de um dia até 5 anos. A periodicidade do gráfico também pode ser configurada, onde cada barra pode representar de um minuto a um ano. Os gráficos podem ser apresentados em forma de linha, barras, *candlestick* ou outras opções. No gráfico podem ser desenhados até cinco indicadores dos 85 disponíveis, sendo que cada um é configurado conforme parâmetros indicados pelo usuário. Também é possível traçar no gráfico, linhas, setas e retrações de Fibonacci<sup>7</sup>. A vantagem desse sistema é que pode-se acompanhar as cotações em tempo real e é possível utilizar configurações intradiárias durante o andamento do pregão. É um sistema gratuito e seu código fonte é proprietário. Embora seja possível utilizar a ferramenta com um cadastro gratuito, há algumas limitações como o tempo de uso limitado o qual não existe caso o usuário possua uma conta Premium.

---

<sup>6</sup> Disponível em <http://br.advfn.com/p.php?pid=multicharts>.

<sup>7</sup> Conforme Abe (2009), foram introduzidas no mercado de ações por Elliot na década de 30. Usa-se retrações de Fibonacci como um medidor da intensidade das correções dos preços. As razões consideradas para avaliar a intensidade das correções são: 0,382 (38,2 %); 0,5 (50%); 0,618 (61,8%) e 1 (100%). Para encontrar os pontos de retração devemos, inicialmente, calcular a amplitude do movimento que deu origem à correção e multiplicá-la pelas razões de Fibonacci. Em seguida, se for uma correção de movimento de alta, subtrair os produtos encontrados do valor do topo do movimento. A maioria dos programas calcula automaticamente as retrações de Fibonacci.



Figura 17 - Sistema de análise técnica no site Advfn

Outro sistema de análise gráfica disponível é o Grapher OC<sup>8</sup>, visto na figura 18, este é gratuito apenas para uso pessoal e não comercial, desenvolvido em Java, mas seu código fonte é proprietário. Os tipos de gráficos podem ser apresentados em forma de barras, linhas ou *candlesticks* e a periodicidade pode ser diário, semanal ou mensal. Não possui atualização em tempo real, sendo que as cotações somente estão disponíveis após o fim do dia quando divulgado o boletim diário de informações pela Bovespa. Nesta ferramenta é possível configurar até três eixos com indicadores, sendo que há doze tipos de indicadores disponíveis.

<sup>8</sup> Disponível em <http://www.operacaoconsultoria.com.br/grapherOC.asp>.



Figura 18 - Sistema Grapher OC

Embora gratuito, é bastante limitado pelos indicadores implementados no sistema, e não tem atualização das informações em tempo real. Além dos indicadores, não possui muitas outras ferramentas para desenhar no gráfico, limitando-se apenas a linhas horizontais e linhas de Fibonacci.

Outro sistema disponível no mercado é o Apligraf<sup>9</sup>, mostrado na figura 19, sendo este um *software* comercial pago, disponibilizado através de um *applet*. Este mantém as cotações atualizadas em tempo real. Sua periodicidade pode ser configurada a partir de um minuto até trimestral. Possui mais de 40 indicadores, sendo que a disponibilidade destes depende do plano contratado. Este sistema pode ser contratado diretamente com a empresa desenvolvedora ou disponibilizado pelas corretoras. Além dos indicadores possui diversas ferramentas como diversos tipos de retas, expansões e retrações de Fibonacci e funções de texto que podem ser acrescentadas aos gráficos para complementar a análise gráfica das ações.

<sup>9</sup> Disponível em <http://apligraf.com.br>.





Figura 19 - Tela do sistema Apligraf

Os sistemas expostos até aqui não realizam nenhuma análise gráfica das ações sozinhos, servem apenas como ferramentas para que o usuário calcule os indicadores e manualmente encontre os melhores momentos de comprar ou vender os ativos. É de competência do usuário deste tipo de sistemas que ele possua conhecimentos para interpretar o que os gráficos estão mostrando.

Outra categoria de sistemas de análise que estão surgindo no mercado são os robôs, que automatizam a análise dos ativos e as ordens de compra e venda. O *CMA Robotrader*<sup>10</sup> é uma ferramenta que permite o desenvolvimento, simulação e o gerenciamento de algoritmos de negociação. Acompanha o mercado em tempo real e executa estratégias criadas em Excel, *visual basic*, *visual c++* e *asp*. Tem como vantagem identificar automaticamente os pontos de compra e venda dos ativos e executar as operações com a rapidez de milissegundos.

É um software comercial pago que pode ser contratado junto ao desenvolvedor ou disponibilizado como ferramenta pelas corretoras, porém tem um custo mais elevado do que os sistemas comuns de análise.

<sup>10</sup> Disponível em <http://www.cma.com.br/tradesolution/Produtos/Algotrader/CMARoboTrader/tabid/159/Default.aspx>

## **4 MODELAGEM DO SISTEMA**

Este capítulo apresenta o processo de análise realizado para desenvolver o sistema multiagentes de análise técnica. A análise do sistema a ser desenvolvido utilizou o processo de engenharia chamado FILM (2010) (método *Fusion* expandido e adaptado a UML). As informações são organizadas no documento contextual do sistema, modelo de objetivos, descrição dos requisitos, visão de use cases, diagramas de sequências e diagramas de classes. Ao fim desse capítulo também são apresentados protótipos de telas do sistema e as tabelas do banco de dados através do modelo entidade-relacionamento.

### **4.1 Documento Contextual do Sistema**

Este primeiro documento mostra numa visão ampla o problema que será resolvido, contextualizando a necessidade a ser resolvida e também os limites do sistema.

#### **4.1.1 Descrição Inicial**

O sistema a ser desenvolvido pretende utilizar da análise técnica para indicar a compra ou venda das ações. Ele pode ser utilizado pelos investidores para simular as estratégias de investimento utilizando os indicadores que estão disponíveis. Portanto esse sistema tem duas funcionalidades básicas que são a de simulador para prever a rentabilidade conforme a configuração dos indicadores e de acompanhar uma lista definida de ações para encontrar pontos de entradas e saídas destes papéis.

Este sistema será desenvolvido utilizando sistemas multiagentes, onde cada agente terá uma função específica e o acompanhamento de diversos papéis poderá ser dividido entre os agentes.

#### **4.1.2 Problema Original**

Muitas vezes o investidor não tem conhecimentos sobre análise técnica e isso dificulta auferir lucros na bolsa de valores, ou mesmo tendo bons conhecimentos possui dificuldades para configurar seus indicadores não permitindo otimizar seu trabalho. O problema a ser solucionado se caracteriza em disponibilizar uma ferramenta para poder simular a configuração dos indicadores utilizados para conseguir configurações que otimizem o trabalho do analista gráfico. Além disso, após encontrar uma boa configuração a ferramenta

deve permitir uma rápida análise dos ativos a fim de indicar bons pontos de compra e venda.

#### 4.1.3 Origem do Sistema

Existem bons materiais disponíveis na internet para o aprendizado em análise técnica, contudo as ferramentas gratuitas são bastante limitadas. As ferramentas que existem apenas montam os gráficos e traçam os indicadores, deixando a quem está estudando tirar suas próprias conclusões. Quanto a ferramentas que realizam a análise de forma automatizada, estas são restritas às corretoras e são pagas.

#### 4.1.4 Contexto de Utilização

Inicialmente o sistema estará restrito apenas para fins acadêmicos. Sua utilização deverá ser apenas para aprender a utilizar os indicadores da análise técnica e simular seu uso em operações reais.

#### 4.1.5 Limites do Sistema

Os dados dos papéis estarão disponíveis apenas para o período diário, sendo que os dados do dia somente estarão disponíveis após a divulgação do boletim diário de informações (BDI) da Bovespa, limitando o uso do sistema em tempo real.

### 4.2 Modelos de Objetivos

Nesta seção o problema exposto no documento contextual do sistema será organizado em objetivos. Conforme o documento descrito acima, podemos identificar dois objetivos:

- Simular diferentes configurações de acompanhamento de ações;
- Acompanhar em tempo real uma lista de ações apontando pontos de compra e venda;

Tabela 4 - Descrição do objetivo 1

<b>“Esquema” de descrição do Objetivo 1</b>	
<b>Objetivo</b>	Simular diferentes configurações de acompanhamento de ações
<b>Resultado</b>	Simulação de <i>trades</i> <sup>11</sup> com diferentes configurações
<b>Objeto</b>	Lista de <i>trades</i> simulados; Relatório do percentual de lucros por <i>trade</i> e total por configuração; Relatório de percentual de <i>trades</i> realizados com sucesso por configuração;
<b>Sujeito</b>	Usuário
<b>Ferramenta</b>	Histórico de cotações de ações;

<sup>11</sup> *Trade* é uma compra ou venda de ações.

Tabela 5 - Descrição do objetivo 2

<b>“Esquema” de descrição do Objetivo 2</b>	
<b>Objetivo</b>	Acompanhar em tempo real uma lista de ações apontando pontos de compra e venda
<b>Resultado</b>	Indicação de compra ou venda de ativos
<b>Objeto</b>	Lista de indicação de compra e venda de ações;
<b>Sujeito</b>	Usuário
<b>Ferramenta</b>	Histórico de cotações de ações; Registro de configurações das ações; Cotação atual das ações;

### 4.3 Descrição de Requisitos

Os objetivos acima expostos podem ser desmembrados em sete requisitos que são apresentados a seguir.

Tabela 6 - Descrição do requisito 1.1

<b>“Esquema” de descrição do requisito 1.1</b>		
<b>Ação</b>	<b>Nome</b>	Atualizar histórico de cotações dos ativos
	<b>Descrição</b>	Baixar dados do site da Bovespa e atualizar banco de dados com os dados sobre as negociações das ações;
<b>Agente</b>	Usuário, agente Bovespa e agente banco de dados	
<b>Produto</b>	Base de dados atualizada;	
<b>Recurso</b>	Boletim diário de informações (BDI) disponível no site da Bovespa;	
<b>Anotação</b>	Analista técnico é o usuário do sistema; A atualização dos dados é feita automaticamente pelo agente Bovespa;	

Tabela 7- Descrição do requisito 1.2

<b>“Esquema” de descrição do requisito 1.2</b>		
<b>Ação</b>	<b>Nome</b>	Disponibilizar cotação das ações
	<b>Descrição</b>	Buscar o histórico de cotações no banco de dados e disponibilizar essas informações para outros agentes
<b>Agente</b>	Usuário, agente Bovespa e agente banco de dados	
<b>Produto</b>	Lista de cotações dos ativos	
<b>Recurso</b>	Banco de dados	
<b>Anotação</b>	Analista técnico é o usuário do sistema; A disponibilização das informações é feita automaticamente pelo agente Bovespa; Este requisito é utilizado pelos objetivos 1 e 2;	

Tabela 8 - Descrição do requisito 1.3

<b>“Esquema” de descrição do requisito 1.3</b>		
<b>Ação</b>	<b>Nome</b>	Registrar configurações para cada ação
	<b>Descrição</b>	Registra as configurações utilizadas nas simulações de cada

	ativo
<b>Agente</b>	Usuário e agente banco de dados
<b>Produto</b>	Estrutura de dados das configurações utilizadas em cada simulação dos ativos
<b>Recurso</b>	Banco de dados
<b>Anotação</b>	Neste requisito são gravadas as configurações utilizadas em cada simulação para serem utilizadas pelo objetivo 2; Os dados são gravados pelo agente banco de dados;

Tabela 9 - Descrição do requisito 1.4

<b>“Esquema” de descrição do requisito 1.4</b>		
<b>Ação</b>	<b>Nome</b>	Analisar ações utilizando indicadores
	<b>Descrição</b>	Analisar as ações conforme as configurações indicadas, utilizando os indicadores da análise técnica;
<b>Agente</b>	Usuário e agentes analistas	
<b>Produto</b>	Análise de ações	
<b>Recurso</b>	Lista de cotações dos ativos; Estrutura de dados das configurações;	
<b>Anotação</b>	A análise das ações será realizada pelo agente analista; Este requisito é utilizado pelos objetivos 1 e 2;	

Tabela 10 - Descrição do requisito 1.5

<b>“Esquema” de descrição do requisito 1.5</b>		
<b>Ação</b>	<b>Nome</b>	Tomar decisões de compra e venda de ações
	<b>Descrição</b>	Toma uma decisão de compra ou venda conforme os resultados obtidos pelos indicadores;
<b>Agente</b>	Usuário e agente investidor	
<b>Produto</b>	Decisão de compra ou venda de ações	
<b>Recurso</b>	Análise de Ações;	
<b>Anotação</b>	Este requisito é utilizado pelos objetivos 1 e 2; A tomada de decisão é realizada automaticamente pelo agente investidor;	

Tabela 11 - Descrição do requisito 1.6

<b>“Esquema” de descrição do requisito 1.6</b>		
<b>Ação</b>	<b>Nome</b>	Registrar compras e vendas de ações
	<b>Descrição</b>	Registra as indicações de compra e venda das ações
<b>Agente</b>	Usuário e agente corretor	
<b>Produto</b>	Registro de compra ou venda de ações	
<b>Recurso</b>	Decisão de compra ou venda de ações	
<b>Anotação</b>	Este requisito é utilizado pelo objetivo 1 e 2; Na simulação o registro é automático; No objetivo 2 de acompanhamento é solicitada uma confirmação ao usuário;	

Tabela 12 - Descrição do requisito 2.1

“Esquema” de descrição do requisito 2.1		
<b>Ação</b>	<b>Nome</b>	Disponibilizar configurações das ações
	<b>Descrição</b>	Buscar no banco de dados as configurações gravadas para determinado ativo;
<b>Agente</b>	Usuário e agente banco de dados	
<b>Produto</b>	Lista de dados das configurações;	
<b>Recurso</b>	Banco de dados	
<b>Anotação</b>	Estas informações são trazidas pelo agente banco de dados;	

#### 4.4 Visão de Use Case

Nestes diagramas de use case são representadas as funcionalidades executadas pelo sistema. Os agentes a serem desenvolvidos no sistema são representados na forma de atores na figura 20. O agente Bovespa é responsável por atualizar o histórico e disponibilizar as cotações. O Analista tem a tarefa de analisar as ações. O agente corretora tem a funcionalidade de registrar a compra e venda de ações, já o agente investidor toma as decisões de compra e venda. E, o agente banco de dados tem a responsabilidade de registrar e disponibilizar as configurações.

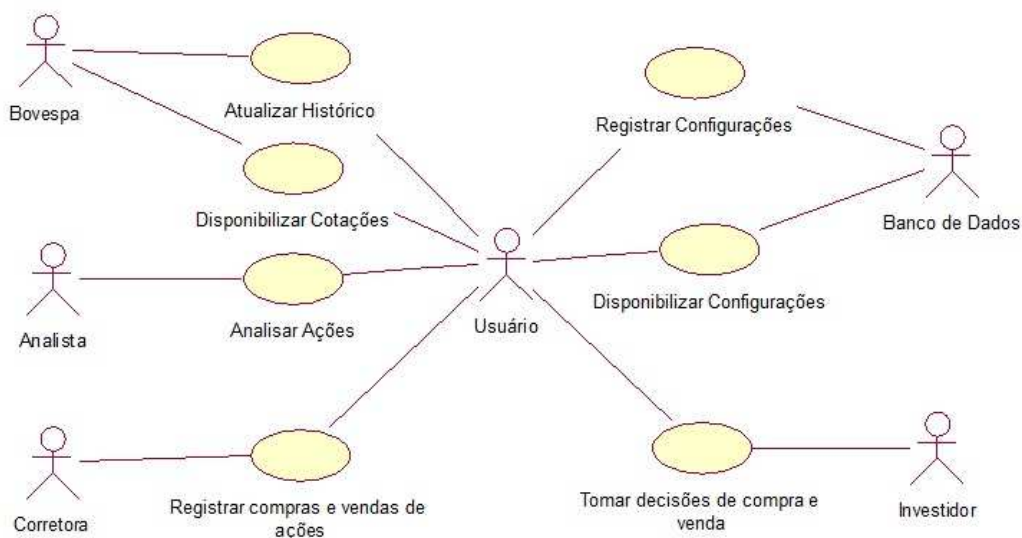


Figura 20 - Visão use case

#### 4.5 Diagramas de Sequências

Abaixo são apresentadas as principais atividades realizadas pelo sistema, através de

diagramas de seqüências.

A figura 21 apresenta os passos necessários para atualizar o histórico de cotações. Ao acessar o sistema, o agente sistema solicita ao agente Bovespa que atualize as cotações, este realiza o *download* dos boletins diários de informações do site da Bovespa e encaminha ao agente banco de dados pra que ele processe o arquivo e atualize as informações.

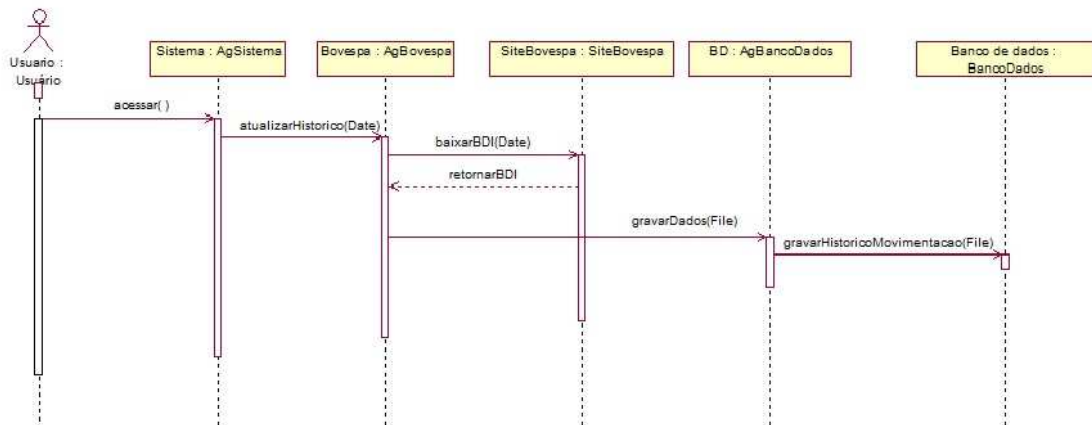


Figura 21 - Diagrama de seqüências para atualizar histórico de cotações

No diagrama apresentado na figura 22, é descrito o processo para disponibilizar as cotações das ações para o agente analista. Este solicita ao agente Bovespa pelas informações, que são buscadas no banco de dados o qual retorna os dados.

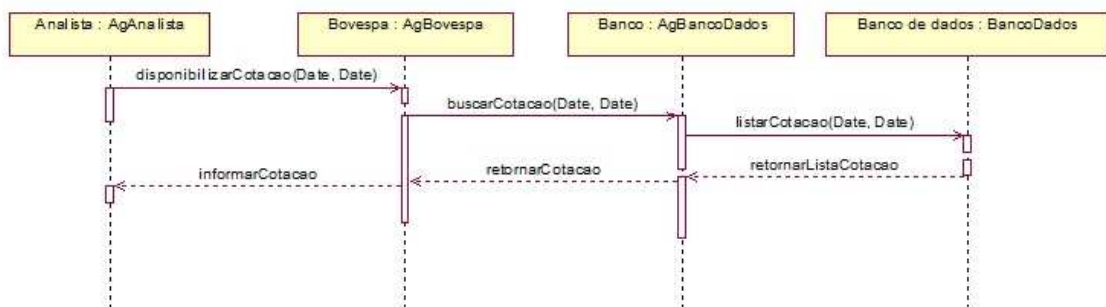


Figura 22 - Diagrama de seqüências para disponibilizar cotações dos ativos

O caminho para guardar as configurações é descrito no diagrama da figura 23, onde o usuário solicita para gravar as configurações, então estas são encaminhadas pelo agente sistema até o agente banco de dados. Já a seqüência para recuperar essas configurações é apresentada pela figura 24.

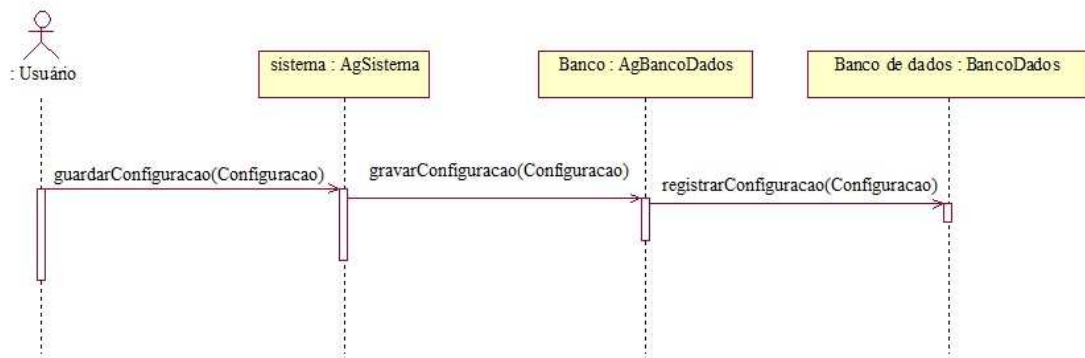


Figura 23 - Diagrama de seqüências para registrar configurações

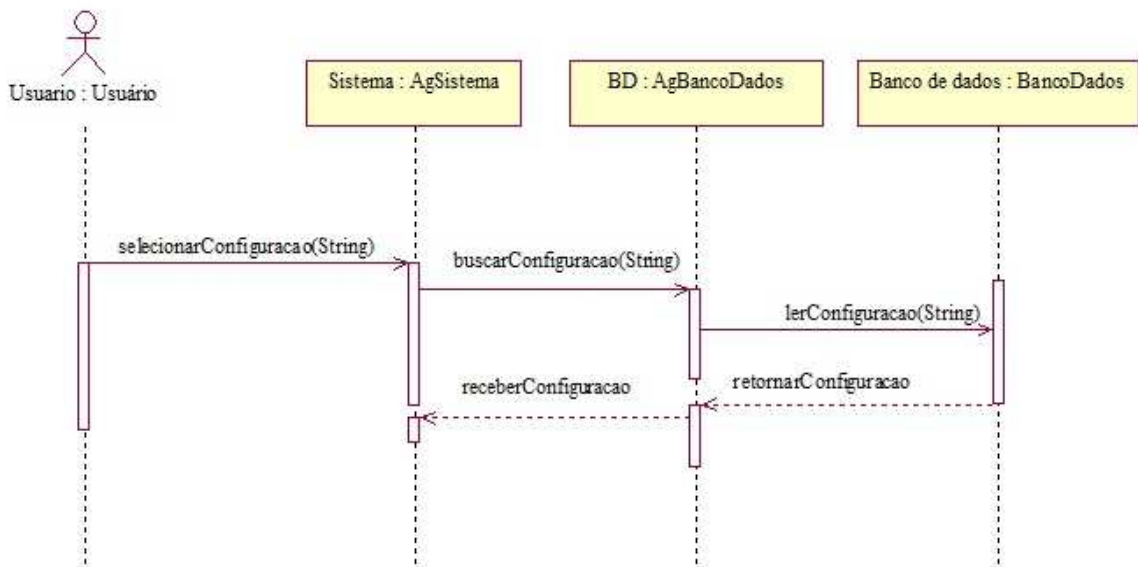


Figura 24 - Diagrama de seqüências para disponibilizar configurações

Na figura 25 é apresentado o diagrama de seqüências para comprar ou vender uma ação. O agente investidor comunica ao agente corretora sobre o ponto de compra ou venda que o repassa ao banco de dados para ser registrado. Após isso, o investidor comunica ao agente sistema do ponto encontrado, para que este mostre em tela.

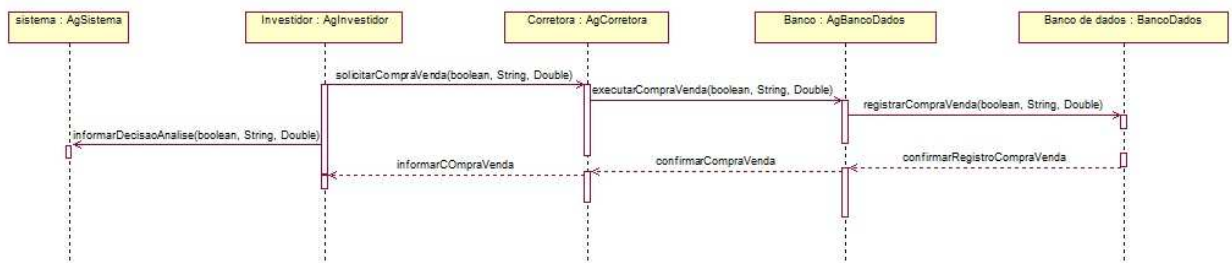


Figura 25 - Diagrama de seqüências para registrar compra ou venda de ativos



## 4.6 Diagrama de Classes

Na figura 26 é apresentado o diagrama de classes com as principais classes utilizadas pelo sistema multiagentes de análise técnica. Todas as classes de agentes estendem a classe *Agent* do *framework* JADE. O agente Bovespa representado pela classe *AgBovespa* possui associação com a classe *SiteBovespa*, e o agente banco de dados, representado pela classe *AgBancoDados* possui associação com a classe *BancoDados*. A associação entre todos os agentes é realizada por troca de mensagens entre eles.

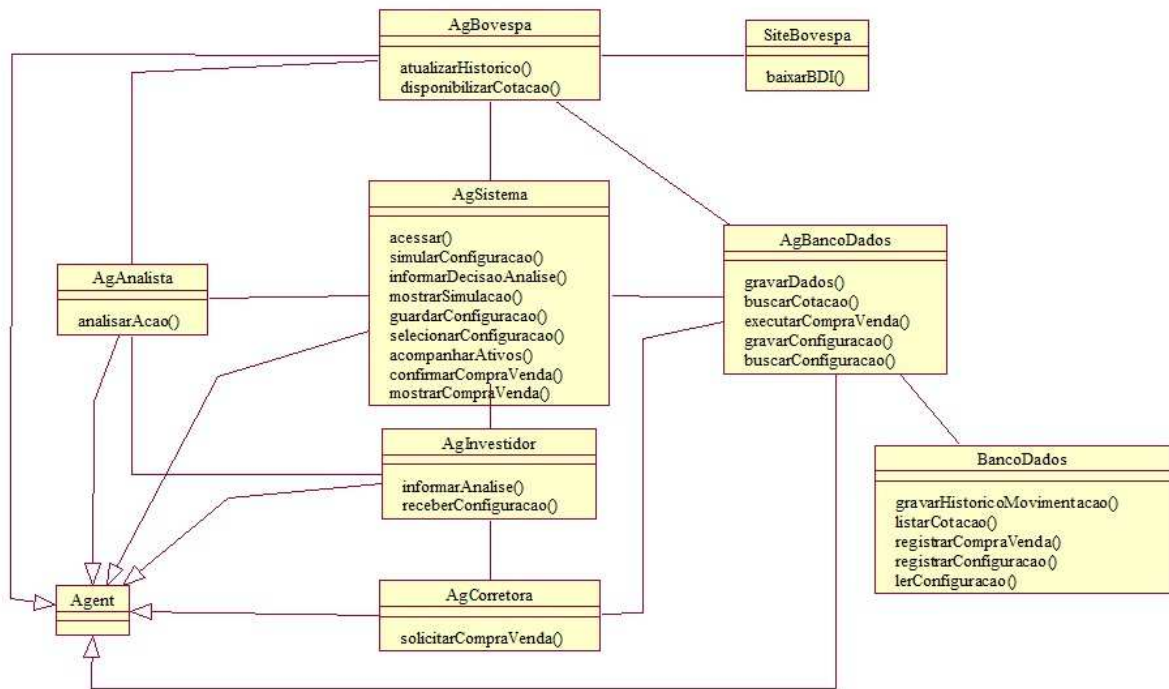


Figura 26 - Diagrama de classes

## 4.7 Protótipo de Telas

O sistema foi projetado para ter suas funcionalidades divididas em duas abas. Na primeira aba o usuário irá realizar a simulação das configurações com o histórico do ativo. A simulação somente poderá ser realizada para um ativo por vez. Primeiro será selecionado o ativo para ser simulado num *combobox* que possui a lista de todos os ativos com dados disponíveis. Ao selecionar a ação, o gráfico de *candlestick* do histórico será desenhado. O usuário deverá selecionar os indicadores que deseja utilizar na simulação e também a configuração de cada um. Ao clicar no botão ‘Simular configuração’ será criado o agente analista que simula a configuração selecionada pelo usuário com o histórico do ativo para encontrar pontos de compra e pontos de venda. A tela de simulação é mostrada na figura 27.

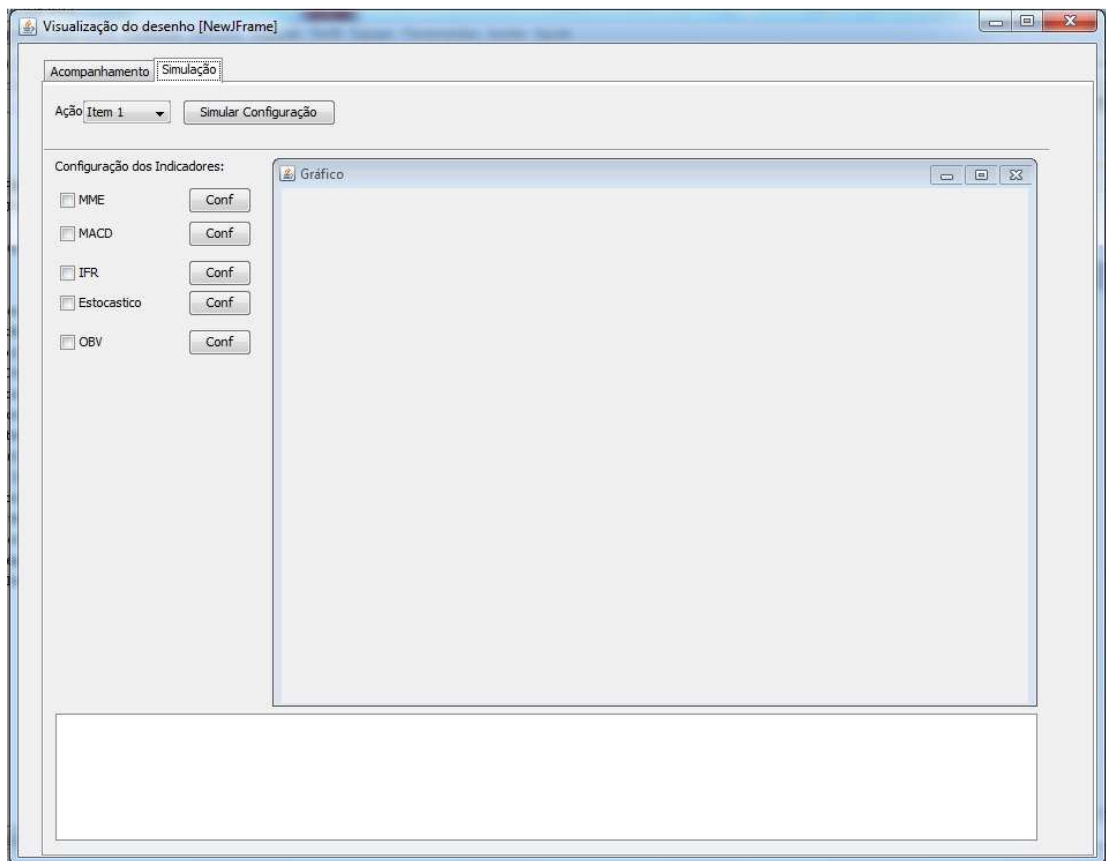


Figura 27 - Tela de simulação de configurações

A segunda tela, ilustrada na figura 28, é utilizada para acompanhar uma lista de ativos. Primeiramente o usuário selecionará cada ativo a ser acompanhado em um *combobox* então antes de adicioná-lo à lista será solicitado ao usuário selecionar a configuração utilizada para identificar os pontos de compra e venda. Quando a lista estiver completa com os ativos a serem observados pelo sistema, o usuário clicará no botão 'Acompanhar ativos' e se algum ativo estiver em condições de compra ou venda conforme a configuração selecionada então será alertado o usuário.

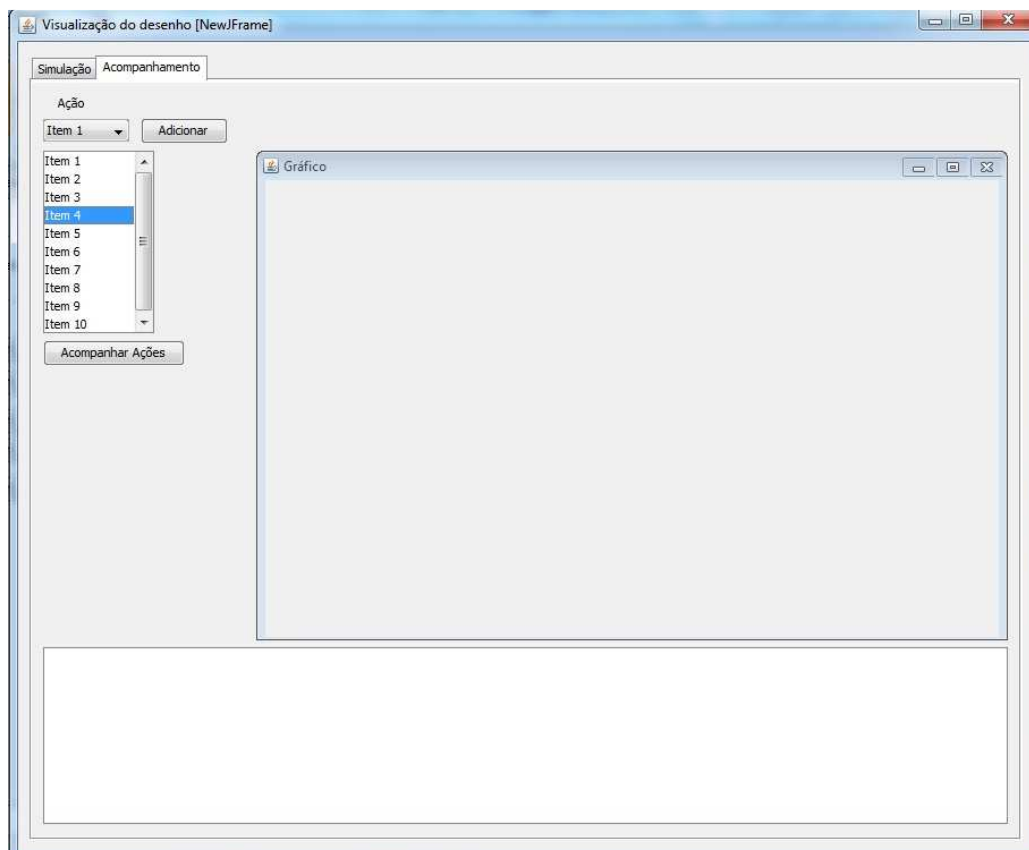


Figura 28 - Tela de acompanhamento das ações

#### 4.8 Modelo Entidade-Relacionamento

Neste trabalho será utilizado o banco de dados postgresQL e conforme a análise do sistema é necessário a criação de seis tabelas: ativo, BDI, configuração, historiconegociacao, simulatrade, tradecompravenda.

A tabela BDI, apresentada na tabela 13, é responsável por armazenar a data de negociação do boletim diário de informações divulgado pela BOVESPA. O campo data constitui a chave primária da tabela.

Tabela 13 - Campos da tabela BDI

Campo	Descrição	Tipo
Data	Data do boletim diário de informações	date

A tabela ativo, apresentada na tabela 14, contém os dados necessários de cada ativo negociado no mercado. A chave primária é formada pelo campo codnegociacao.

Tabela 14 - Campos da tabela ativo

Campo	Descrição	Tipo
-------	-----------	------

codnegociacao	Código de negociação do papel utilizado pelo mercado	Varchar (12)
nomeempresa	Nome resumido da empresa emissora do papel	Varchar (12)

A tabela configuração, apresentada pela tabela 15, guarda os indicadores e suas parametrizações utilizadas em cada simulação realizada. Sua chave primária é composta pelos campos codnegociacao e idconfiguracao, sendo que o campo codnegociacao também é chave estrangeira.

Tabela 15 - Campos da tabela configuração

Campo	Descrição	Tipo
idconfiguracao	Identificador da Configuração	integer
qtmme simples	Quantidade de períodos utilizados pela MME simples	integer
qtmme cruz1	Quantidade de períodos utilizados pela MME curta	integer
qtmme cruz2	Quantidade de períodos utilizada pela MME longa	integer
qtmacd longo	Quantidade de períodos da MME longa do MACD	integer
qtmacd curto	Quantidade de períodos da MME curta do MACD	integer
qtmacdsinal	Quantidade de períodos do sinal MACD	integer
qtifr	Quantidade de períodos utilizados para calcular o IFR	integer
isobv	Utiliza o indicador OBV	boolean
qtestocasticok	Quantidade de períodos para calcular o estocástico %K	integer
qtestocasticod	Quantidade de períodos para calcular o estocástico %D	integer
percacerto	Percentual de <i>trades</i> com lucro da configuração	real
qttradesucesso	Quantidade de <i>trades</i> realizados que geraram lucro	integer
codnegociacao	Código de negociação do papel utilizado pelo mercado	Varchar (12)

A tabela historiconegociacao, apresentada pela tabela 16, é responsável por armazenar os dados de cada negociação diária realizada. A chave primária é composta pelos campos codnegociacao e bdidata, sendo que estes também são chaves estrangeiras.

Tabela 16 - Campos da tabela de histórico de negociações

Campo	Descrição	Tipo
codnegociacao	Código de negociação do papel utilizado pelo mercado	Varchar (12)
bdidata	Data do boletim diário de informações	date
vlabertura	Preço de abertura (primeiro negócio efetuado)	double
vlmaximo	Preço máximo de negociação (maior valor negociado)	double
vlminimo	Preço mínimo de negociação (menor valor negociado)	double
vlfechamento	Preço de fechamento (último negócio efetuado)	double

volume	Volume de títulos negociados	double
--------	------------------------------	--------

A tabela simulatrade, apresentada na tabela 17, será utilizada para gravar os *trades* das simulações. A chave primária é formada pelo campo idsimulatrade. Os campos idconfiguracao e codnegociacao formarão uma chave estrangeira.

Tabela 17 - Campos da tabela de simulação de trades

Campo	Descrição	Tipo
idconfiguracao	Identificador da Configuração	integer
idsimulatrade	Identificador da simulação	Integer
vlcompra	Valor de compra	Real
vlvenda	Valor de venda	Real
pplucro	Percentual de lucro do <i>trade</i>	Real
dtcompra	Data de Compra	Date
dtvenda	Data de Venda	date
codnegociacao	Código de negociação do papel utilizado pelo mercado	Varchar (12)

A tabela tradecompravenda, apresentada na tabela 18, é utilizada para registrar os *trades* realizados durante o acompanhamento dos ativos. A chave primária é formada pelo campo idtradecompravenda. O campo codnegociacao é utilizado como chave estrangeira.

Tabela 18 - Campos a tabela de trades executados

Campo	Descrição	Tipo
idtradecompravenda	Identificador do <i>trade</i>	Integer
dtcompra	Data de compra	Date
vlcompra	Valor de compra	Real
dtvenda	Data de venda	Date
vlvenda	Valor de venda	Real
pplucro	Percentual de lucro <i>trade</i>	Real
codnegociacao	Código de negociação do papel	Varchar (12)

## 4.9 Arquitetura do Sistema

O sistema será construído na linguagem de programação Java, por isso o ambiente de desenvolvimento e execução do sistema multiagentes requer a instalação do *Java development kit* (JDK) na última versão disponível, isto é, na versão 6. O desenvolvimento será feito utilizando a ferramenta Eclipse e os códigos fontes estarão armazenados no Google no endereço <http://smaat.googlecode.com/svn/trunk/>, sendo que a sincronização dos dados com o site será feita através de SVN. Além disso, o sistema utiliza o banco de dados PostgreSQL 8.

## 5 IMPLEMENTAÇÃO E TESTES DO SISTEMA MULTIAGENTES

Este capítulo apresenta primeiro o sistema multiagentes implementado, depois as configurações utilizadas para validá-lo e por fim descreve os testes realizados com a ferramenta.

### 5.1 Apresentação do Sistema Multiagentes de Análise Técnica

O sistema desenvolvido possui duas abas, uma de simulação e outra de acompanhamento dos ativos. Na aba de simulação, ilustrada na figura 29, o usuário seleciona o ativo e os indicadores e ao clicar no botão ‘Simular Configuração’ é realizado um *back test* com o ativo aplicando os indicadores selecionados. A configuração dos indicadores é explicada no tópico 5.3 configuração dos indicadores.

Quando é identificado um ponto de compra ou venda este é desenhado no gráfico do ativo com uma seta azul indicando compra ou uma seta vermelha indicando venda. Ao fim da simulação é apresentado um relatório no *dialog-box* que mostra todos os *trades* simulados detalhando data de compra, preço de compra, data de venda e preço de venda. No fim desse relatório é analisada a quantidade de *trades* que geraram lucro e a soma dos lucros dos *trades*.



Figura 29 - Tela de simulação de ativos

Na aba de acompanhamento de ações apresentada na figura 30, o usuário seleciona os ativos que deseja acompanhar, para cada um seleciona as configurações que deseja utilizar. Ao clicar no botão ‘Acompanhar Ações’ é criado um agente para cada ativo que verifica se este está indicando a compra ou venda conforme as configurações utilizadas. Quando há indicação, uma solicitação de confirmação é mostrada ao usuário.



Figura 30 - Tela de acompanhamento de ativos

## 5.2 Os agentes e suas Responsabilidades

O sistema desenvolvido faz uso de seis tipos de agentes, sendo que cada um tem um conjunto de funcionalidades determinadas explicadas a seguir.

### 5.2.1 Agente Sistema

O agente sistema é o responsável por realizar a comunicação do usuário com os outros agentes. Parte dele a solicitação dos dados para serem mostrados na forma de gráfico em tela, bem como a organização dos gráficos e também mostrar os resultados das simulações e do acompanhamento dos papéis. Quando uma simulação ou o acompanhamento de um grupo de papéis é iniciado, este agente cria os agentes analistas e fica aguardando seus resultados para informar ao usuário do sistema.

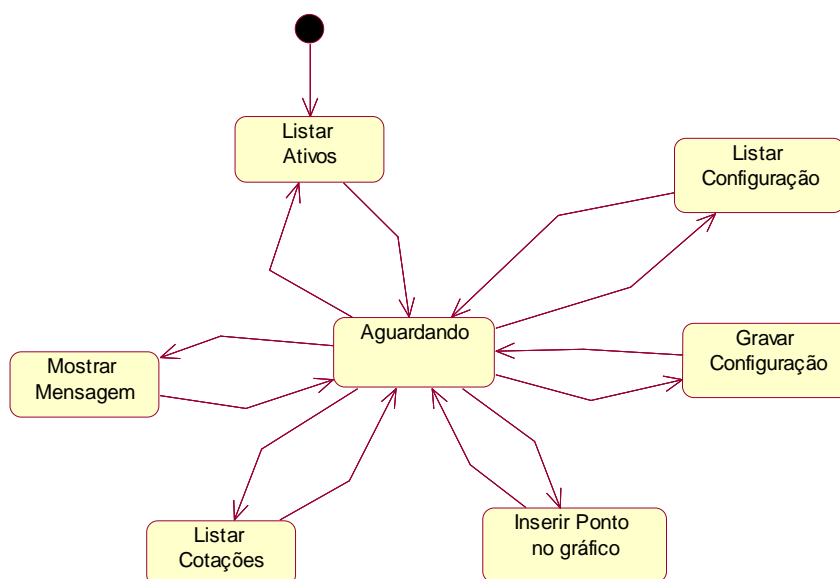


Figura 31 - Diagrama de estados do agente Sistema

A figura 31 mostra o diagrama de estados implementados do agente. Quando o agente é inicializado, ele solicita ao banco de dados a lista dos ativos disponíveis para mostrar em tela e serem selecionados pelo usuário. Após, permanece em estado de espera até receber alguma solicitação do usuário ou de outros agentes. O estado 'listar cotações' solicita ao agente banco de dados as cotações do ativo selecionado em tela e mostra em forma de gráfico na tela também. Os estados 'mostrar mensagem' e 'inserir pontos no gráfico' são recebidos do agente analista enquanto que os estados 'listar configurações' e 'gravar configurações' são solicitados pela tela do sistema.

### 5.2.2 Agente Banco de dados

O agente banco de dados é responsável por receber as informações que devem ser gravadas no banco de dados PostgreSQL como configurações, *trades* e arquivos com as cotações dos papéis. Além disso, esse agente também disponibiliza o histórico das cotações das ações.



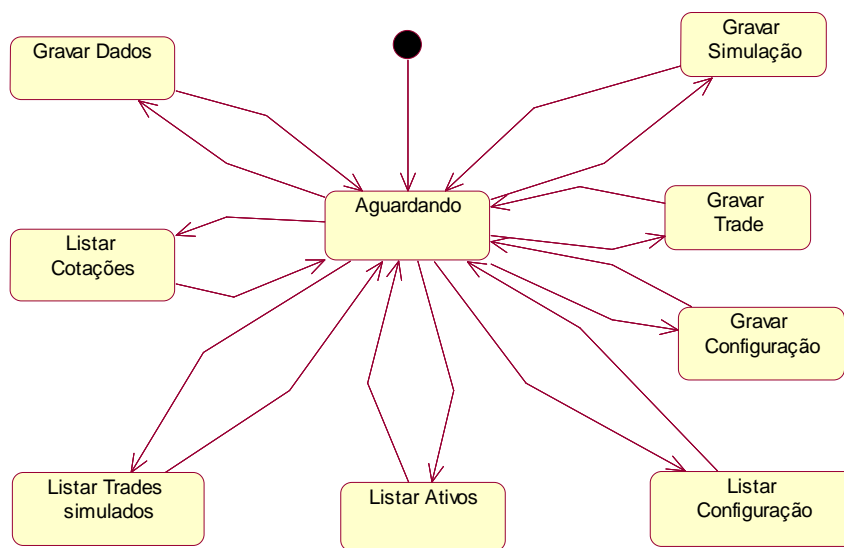


Figura 32 - Diagrama de estados do Agente Banco de dados

O diagrama de estados apresentado na figura 32 mostra as atividades que são executadas por este agente. Quando o agente é criado, fica aguardando que os outros agentes se comuniquem com ele. A atividade de gravar dados recebe o arquivo BDI do agente Bovespa e utiliza as informações nele para atualizar o histórico de cotações. Além disso, recebe também o pedido de listar as cotações do agente Bovespa. Do agente analista recebe o pedido para fornecer a lista dos *trades* simulados. Do agente corretora recebe os pedidos para gravar simulações e gravar *trades* executados. Por fim, do agente sistema recebe os pedidos de listar os ativos, buscar e gravar configurações.

### 5.2.3 Agente Bovespa

O agente Bovespa mantém o histórico das cotações atualizado coordenando o *download* do boletim diário de Informações diretamente do site da Bovespa. Este arquivo, que contém o resumo das negociações diárias ocorridas na bolsa de valores, é enviado para o agente banco de dados processá-lo. Está também sob a responsabilidade do agente Bovespa disponibilizar aos agentes analistas o histórico de cotações, como apresentado no diagrama de estados da figura 33.

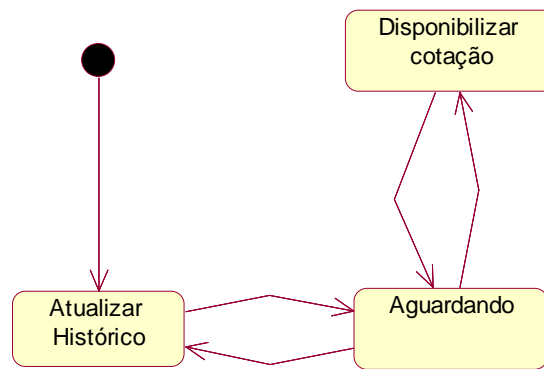


Figura 33 - Diagrama de estados do agente Bovespa

#### 5.2.4 Agente Analista

O agente analista é criado pelo agente sistema e tem a função de calcular os indicadores configurados para o papel selecionado conforme as configurações que este recebeu. Observando a figura 34, quando está sendo realizada uma simulação, o analista primeiro busca listar os dados do histórico de cotações comunicando-se com o agente Bovespa, depois faz a análise da ação utilizando os indicadores calculados com o histórico de cotações da ação e por fim encontra as datas em que, conforme os indicadores, serão considerados os pontos de compra e venda. Então, manda mensagens ao agente sistema dos pontos de compra e venda para desenhar no gráfico e também um resumo dos *trades* simulados. Quando está sendo executado o acompanhamento dos ativos é criado um agente analista para cada ação. É monitorado o *candlestick* mais atual do histórico e quando, conforme os indicadores, este indica ponto de compra ou venda é informado ao agente investidor.

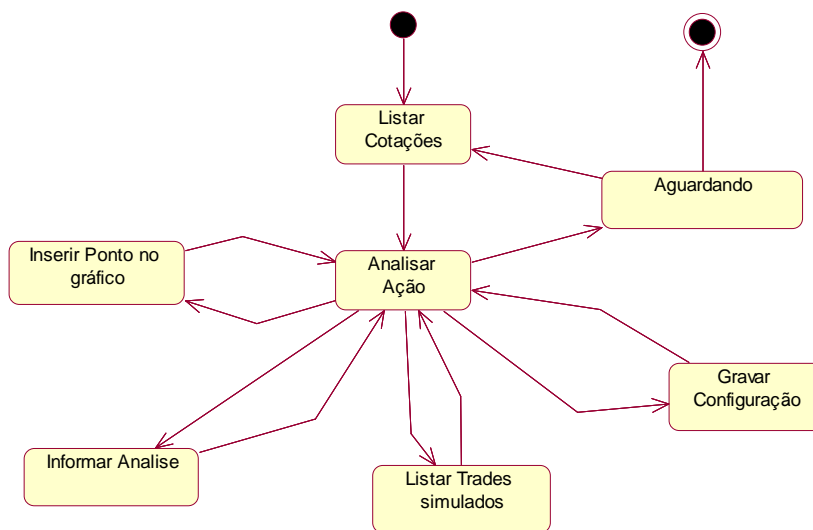


Figura 34 - Diagrama de Estados do agente Analista

### 5.2.5 Agente Investidor

O agente investidor recebe as análises realizadas pelo analista, conforme mostrado na figura 35, quando está sendo acompanhada uma lista de ativos, e pede ao usuário do sistema para confirmar se deseja realizar a compra ou venda sugerida. Se for aceita a sugestão, envia ao agente corretora o pedido. Quando está sendo executada uma simulação, todas as análises recebidas são repassadas à corretora sem interação do usuário.

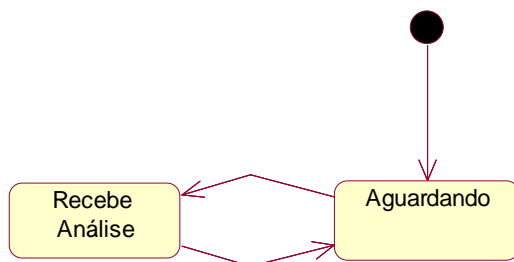


Figura 35 - Diagrama de Estados do Agente Investidor

### 5.2.6 Agente Corretora

O agente corretora recebe do agente investidor os pedidos de compra e venda de ações e encaminha estes pedidos para serem registrados pelo banco de dados. Na figura 36 é apresentado o diagrama de estados desse agente, e vê-se que o agente pode receber tanto simulações de *trades* como execução de *trades*.

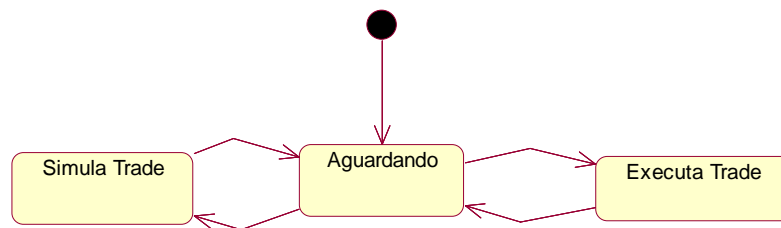


Figura 36 - Diagrama de estados do agente corretora

### 5.3 Configuração dos Indicadores

No sistema desenvolvido foram utilizados cinco tipos de indicadores já apresentados no capítulo sobre análise técnica de ações. Nesta seção serão descritas as configurações utilizadas.

O primeiro indicador são as médias móveis exponenciais que podem ser utilizadas de duas maneiras diferentes. A primeira considera a inclinação da média móvel e consiste de uma única média móvel, quando está decrescente e passa a ser crescente então é apontada uma compra no ativo. O inverso é utilizado como indicador de venda, isto é, a média está crescente e passa a ser decrescente. No sistema desenvolvido essa média móvel exponencial foi configurada para utilizar 9 períodos. A segunda forma considera o cruzamento das médias móveis exponenciais, conforme configuração mostrada na figura 37, uma mais curta de 5 períodos e outra mais longa de 21 períodos. Quando a média móvel curta cruzar de baixo para cima a média longa é indicado o ponto de compra, e para venda quando a média curta cruzar de cima para baixo a média longa.



Figura 37 - Tela de configuração do indicador média móvel

O segundo indicador utilizado é o MACD, cuja tela de configuração é apresentada na figura 38, que utiliza como configuração três médias móveis exponenciais, o período longo de 26 períodos, o período curto de 12 períodos e a linha de sinal constituída por uma média de 9 períodos do MACD.



Figura 38 - Tela de configuração do indicador MACD

No gráfico do sistema o ponto de compra ocorre quando o histograma do MACD é negativo e para de cair começando a virar para cima. O contrário ocorre para o ponto de venda, o MACD é positivo e para de subir começando a cair.

Outro indicador utilizado é o IFR que será utilizado com uma configuração de 14 períodos como apresentado na figura 39. Assim, quando o indicador estiver sobreendido, isto é, abaixo de 30 e passar de decrescente para crescente será gerado o ponto de compra, da mesma forma, quando o indicador está acima de 70 e muda de crescente para decrescente será gerado o ponto de venda.

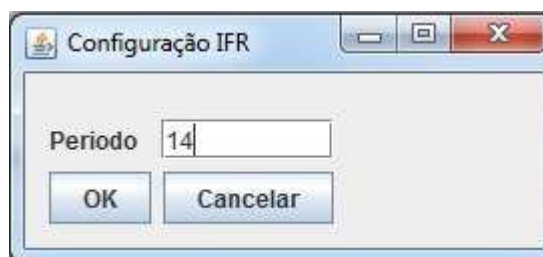


Figura 39 - Tela de configuração do indicador IFR

O quarto indicador que pode ser utilizado é o estocástico, cuja tela de configuração é apresentada na figura 40, que nos testes está configurado para utilizar 14 períodos e uma média móvel simples de 3 períodos do estocástico. O ponto de compra é gerado quando o indicador está sobreendido, isto é, abaixo de 30 e o estocástico que está decrescente passa a

ser crescente. Da mesma forma, o ponto de venda é gerado quando o indicador se torna sobrecomprado, isto é, o estocástico está acima de 70 e este passa de crescente para decrescente.

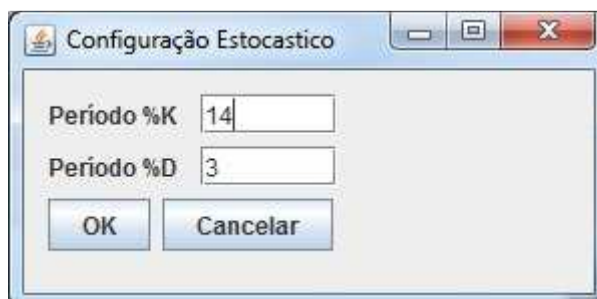


Figura 40 - Tela de configuração do indicador Estocástico

O quinto indicador utilizado é o OBV que indicará compra se seu gráfico estiver fazendo topos e fundos ascendentes e indicará venda se estiver fazendo topos e fundos decrescentes.

Quando o sistema estiver utilizando dois ou mais indicadores para analisar um ativo, somente serão considerados os pontos em que todos os indicadores utilizados convergem para uma mesma indicação de compra ou venda. Por exemplo, se estiver usando os indicadores IFR e OBV, e o primeiro indica compra e o segundo também então será considerada a compra, mas se o primeiro indica compra e o segundo não então esse ponto será desconsiderado.

#### 5.4 Apresentação dos Testes

Para testar o uso dos indicadores foram realizados testes com as ações da Petrobras (PETR4) no período de 2 de janeiro de 2006 a 30 de dezembro de 2009. Os dados das cotações foram fornecidos pela Operação Consultoria. Se compradas as ações no primeiro dia do período de testes no valor de R\$ 15,99 e vendidas no último dia do período de testes a R\$ 35,73 teriam gerado um lucro de 123,32%, sendo que nesse tempo oscilaram entre um preço de fechamento diário máximo de R\$ 47,80 em 21 de maio de 2008 e R\$ 15,37 no fechamento do dia 21 de novembro de 2008.

Foram realizados testes com todas as combinações dos indicadores, na tabela 19 serão apresentados os resultados que geraram algum *trade*. As combinações que não geraram pontos de compra e venda foram descartadas.

Tabela 19 - Testes realizados com o sistema multiagentes

<b>Configuração</b>	<b>Total de Trades</b>	<b>Trades c/ lucro</b>	<b>Soma dos Lucros</b>
Incl. MME	87	40 (45,98%)	78,05%
Cruz. MME	23	13 (56,52%)	111,65%
MACD	68	44 (64,71%)	70,73%
IFR	10	5 (50%)	58,9%
Estocástico	42	26 (61,9%)	26,6%
OBV	361	206 (57,06%)	950,44%
Incl. MME + MACD	12	6 (50%)	7,71%
Incl. MME + IFR	1	1 (100%)	7,48%
Incl. MME + Estocástico	11	9 (81,82%)	57,22%
Incl. MME + OBV	20	17 (85%)	434,53%
Cruz. MME + MACD	2	2 (100%)	16,55%
Cruz. MME + Estocástico	2	2 (100%)	18,24%
Cruz. MME + OBV	7	6 (85,71%)	141,9%
MACD + IFR	6	5 (83,33%)	122,25%
MACD + Estocástico	20	11 (55%)	- 34,12%
MACD + OBV	5	5 (100%)	185,64%
IFR + Estocástico	2	2(100%)	26,75%
Incl. MME + MACD + Estocástico	3	2 (66,67%)	22,52%
Incl. MME + MACD + OBV	2	2 (100%)	63,38%
Cruz. MME + MACD + OBV	1	1 (100%)	7,35%
MACD + IFR + OBV	2	2 (100%)	26,75%

Com base nos testes realizados, na figura 41 pode-se ver que as configurações com apenas um indicador permitem realizar mais *trades*. O indicador que permitiu o maior número de operações foi o OBV, com 361 *trades* realizados no período dos 4 anos de testes. Em seguida a inclinação das médias móveis, MACD, estocástico e cruzamento das médias móveis foram os indicadores a movimentar maior quantidade de *trades*. Somente então é que surgem configurações com mais de um indicador nesta classificação por quantidade de *trades*. À medida que se utiliza uma configuração com uma maior quantidade de indicadores a quantidade de *trades* foi diminuindo.

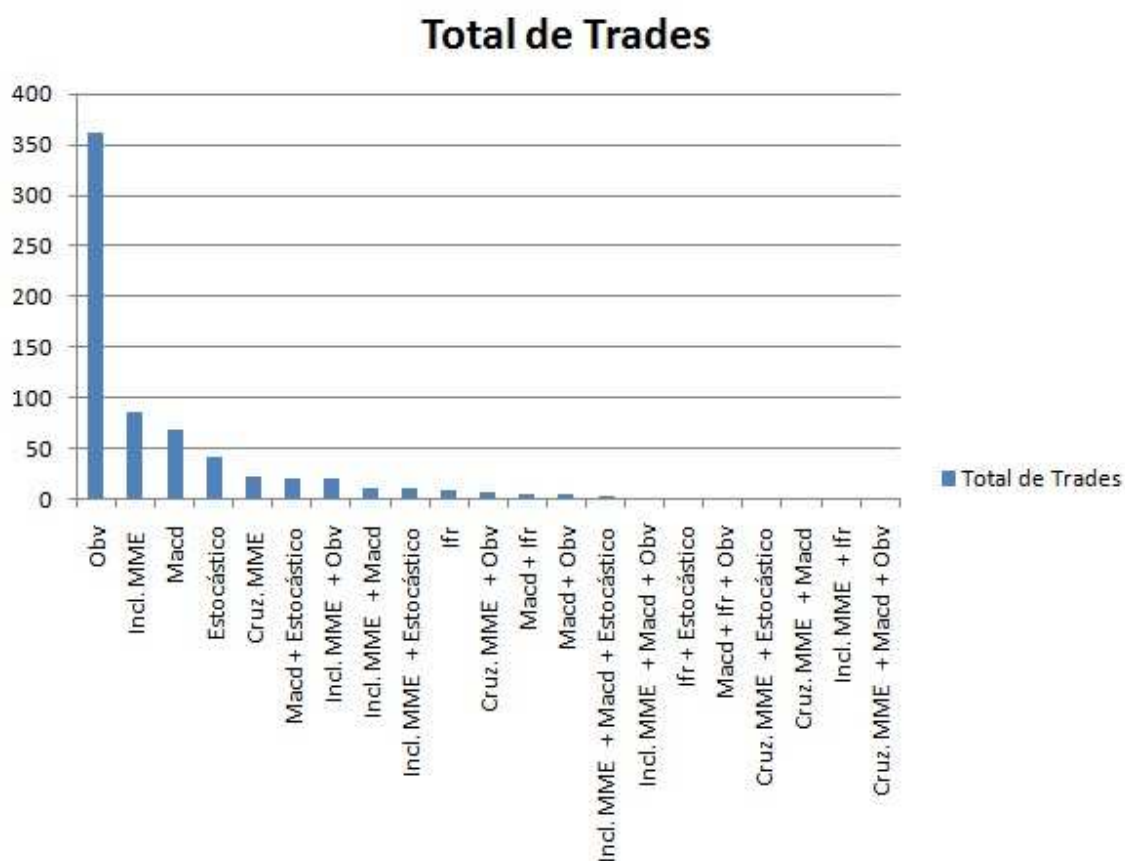


Figura 41 - Gráfico de comparação do total de *trades* realizados por configuração

Quanto à taxa de acerto dos *trades*, observa-se na figura 42 que combinações com dois ou mais indicadores levaram a taxas de acerto maiores. Dos testes realizados, oito deles obtiveram 100% dos *trades* com lucro, porém essas configurações não realizaram uma quantidade muito grande de negociações. Ainda, é possível destacar diversas configurações que tiveram percentual alto de *trades* com lucro, outros quatro testes obtiveram acima de 80% das transações com lucros.





Figura 42 - Gráfico apresentando o percentual de *trades* de cada configuração

Por fim, ao analisar a lucratividade apresentada na figura 43, destaca-se a configuração com o indicador OBV que gerou um lucro de 950,44%. Em seguida a configuração com os indicadores OBV e inclinação das médias móveis com um lucro acumulado de 434,53% no período de quatro anos do teste. Se for levado em conta que o rendimento da poupança nesse período acumulou 31,12% , então pode-se afirmar que onze das vinte e uma configurações teriam sido mais rentáveis que a caderneta de poupança. Porém, se as ações fossem compradas no primeiro dia do teste e vendidas apenas no último dia do período dos testes então somente quatro configurações teriam gerado mais lucro do que não ter realizado negociações nesse período. É interessante observar também que essas quatro configurações com maior rentabilidade utilizaram o indicador OBV, o que leva a confirmar o princípio IV da teoria de Dow que o volume confirma a tendência dos preços.

## Soma dos Lucros

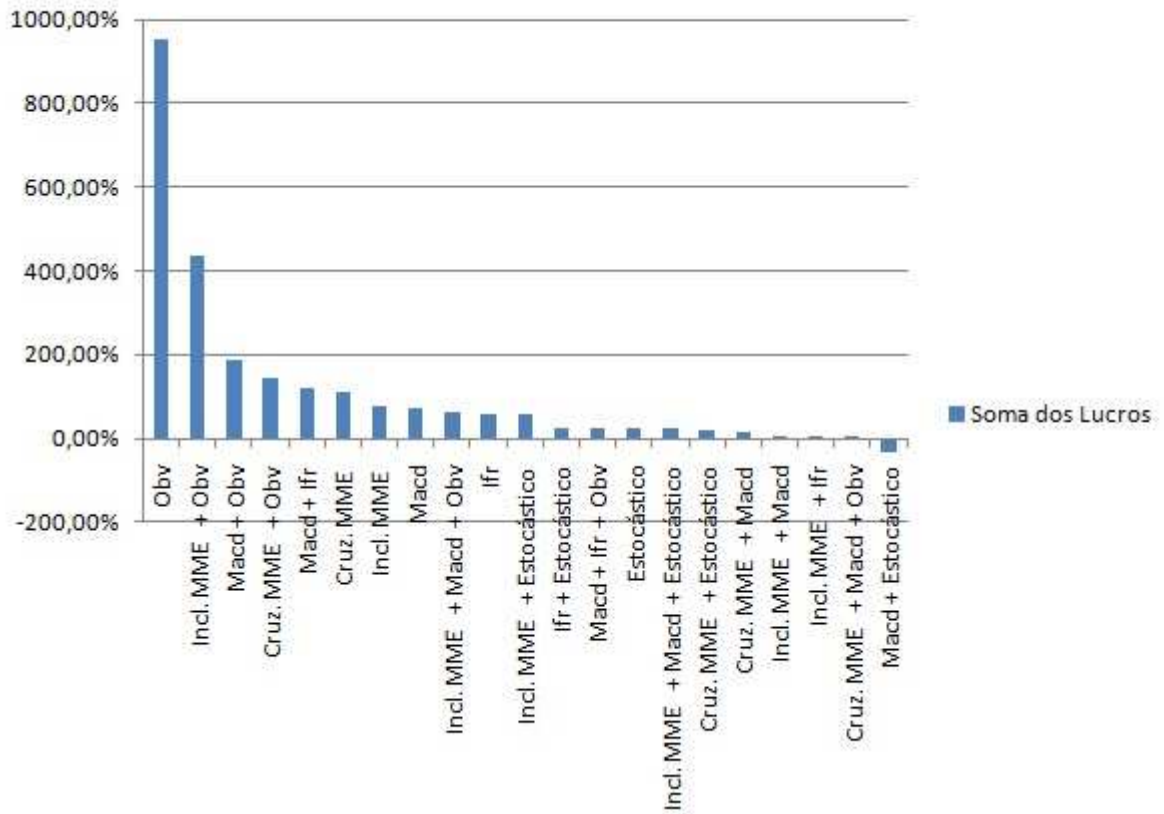


Figura 43 - Gráfico apresentando a soma dos lucros de cada configuração

## 6 CONCLUSÃO

Com este trabalho foi realizado um projeto de pesquisa e desenvolvimento utilizando sistemas multiagentes para estudar e monitorar ações negociadas na bolsa de valores sob a influência da análise técnica de ações. O sistema obtido permitiu utilizar regras definidas e objetivas para encontrar pontos de compra e venda das ações utilizando os indicadores estudados. Trouxe a possibilidade de automatizar testes retroativos no histórico de cotações dos ativos para validar as estratégias. Isso torna a ferramenta desenvolvida uma ferramenta que pode ser utilizada para a aprendizagem dos investidores e aperfeiçoamento de suas técnicas de operar no mercado de valores.

Junto com a funcionalidade de testar as configurações também foi desenvolvida a funcionalidade de acompanhar uma lista de ativos. Após conhecer as melhores combinações de indicadores o usuário do sistema pode acompanhar diversos ativos utilizando as combinações de indicadores que já testou para aplicar nas cotações atuais, sendo avisado quando encontrado algum ponto de entrada ou saída para executar um *trade*.

O uso de multiagentes permitiu modelar o sistema de forma análoga ao mercado de valores onde cada tipo de agentes tem objetivos diferentes. Assim, os agentes analistas tem a preocupação de utilizar os indicadores para encontrar os melhores momentos para executar os *trades*, enquanto que o agente Bovespa tem como finalidade fornecer o histórico de cotações dos ativos. Outro agente, como o investidor, recebe as indicações dos analistas e decide se vai executar o conselho recebido ou não. Essa estrutura multiagentes permite que sejam incluídas novas funcionalidades aos agentes ou aperfeiçoados os objetivos de cada um, sem precisar alterar a estrutura atual do sistema. Somente a programação das melhorias nos agentes já pode fazer com que o sistema se torne cada vez mais eficiente.

Além disso, os agentes desenvolvidos ficam inseridos num ambiente, o qual pode ser modificado durante a execução do sistema, caso sejam incluídas novas cotações ao histórico do programa. Assim, os agentes que possuem como uma de suas propriedades a reatividade, podem responder imediatamente às alterações do ambiente.

Como o objetivo proposto deste trabalho considerou a análise técnica de ações a ferramenta a ser utilizada pelos agentes analistas para calcular seus pontos de execução de *trades*, o uso dos indicadores foi importante pois permitiu aumentar as probabilidades de prever a direção futura dos preços, embora sejam apenas estatísticas para tentar determinar os eventos futuros.

Os cinco indicadores estudados possibilitaram ter uma noção maior do que poderá acontecer no futuro com base no histórico dos preços no passado. As médias móveis permitem ter uma noção de um preço médio de um determinado período e assim perceber se esse valor médio está aumentando ou diminuindo. O MACD também possui um objetivo semelhante, de indicar a tendência que os preços estão seguindo. O IFR possui a propriedade de detectar se as ações estão sobrecompradas ou sobrevendidas e com isso uma possível reversão de tendência estar próxima. O estocástico compara o preço atual com os valores máximos e mínimos alcançados num histórico recente para também indicar se os preços estão em uma região de sobrecomprados ou sobrevendidos. Por fim o indicador OBV que analisa o comportamento do volume de negociação e dá a possibilidade de ver se a força do mercado está mais para compradora ou vendedora.

Os resultados obtidos do uso dos indicadores com sistema multiagentes mostraram que o uso dos indicadores é válido e viável, pois o sistema conseguiu ter um comportamento gerando um alto percentual de *trades* com lucros. Das configurações que geraram resultados, todas tiveram um percentual de *trades* com lucro superior a 40%. Isso significa que as configurações cumpriram o objetivo de projetar os preços futuros, porém essas configurações podem ser aperfeiçoadas para ter uma taxa de acerto ainda maior. O acumulado dos lucros obtidos também mostrou que o uso dos indicadores, na maioria dos casos geraram mais lucros do que prejuízos, embora algumas configurações não tenham sido tão atrativas.

Como perspectiva para futuros trabalhos, o sistema multiagentes desenvolvido poderá ser utilizado para incluir novos indicadores os quais permitem chegar a novos resultados nos *trades* e aumentar a eficiência do sistema. Além disso, seria interessante se o sistema pudesse encontrar automaticamente as melhores configurações com os indicadores utilizados, não precisando selecionar os indicadores de cada configuração. Ainda, os agentes podem ser melhorados para executar outros objetivos como o gerenciamento de carteiras de ações e o gerenciamento de riscos dos *trades*.

## 7 REFERÊNCIAS

ABE, M. *Manual de análise técnica: essência e estratégias avançadas: Tudo o que um investidor precisa saber para prosperar na bolsa de valores até em tempos de crise*. São Paulo: Novatec Editora, 2009.

ADVFN.Gráficos. Disponível em: <br.advfn.com>. Acesso em: dezembro de 2010.

BARONE, D. *Sociedades artificiais: a nova fronteira da inteligência nas máquinas*. Porto Alegre: Bookman, 2003.

DEBASTIANI, C. A. *Candlestick: um método para ampliar lucros na Bolsa de Valores*. São Paulo: Novatec Editora, 2007.

FILM. *Análise e projeto orientados a objetos: Método Fusion expandido e adaptado a UML*. Disponível em: [Hermes.ucs.br/carvi/cent/dpei/rtessari/estagio/materiais/ApstMstr.pdf](http://Hermes.ucs.br/carvi/cent/dpei/rtessari/estagio/materiais/ApstMstr.pdf). Acesso em: Agosto de 2010.

FIPA Organization. FIPA - Foundation for Intelligent Physical Agents. Disponível em [www.fipa.org](http://www.fipa.org). Acesso: dezembro de 2010.

JADE. Disponível em: <jade.tilab.com> Acesso em: 10 de dezembro de 2010.

MATSURA, E. *Comprar ou vender?: como investir na Bolsa utilizando análise gráfica*. 3.ed. São Paulo, SP: Saraiva, 2006.

NORONHA, M. *Análise técnica: teorias, ferramentas, estratégias*. São Paulo: Editec, 1995.

NWANA, H. S. *Software Agents: An Overview*. Knowledge Engineering Review, Vol.11, n.3. Cambridge University Press, 1996.

PIAZZA, M. C. *Bem-vindo à bolsa de valores*. 7.ed. São Paulo: Novo Conceito, 2008.

PORTAL DO INVESTIDOR. Disponível em: <[www.portaldoinvestidor.gov.br](http://www.portaldoinvestidor.gov.br)>. Acesso em: 24 de setembro de 2010.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. *Inteligência artificial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

SILVA, Leonardo A. M. *Estudo e desenvolvimento de Sistemas Multiagentes usando JADE: Java Agent Development Framework* [monografia na internet]. Fortaleza; 2003 [acesso em 2010 dezembro 01]. Disponível em: [jade.tilab.com/papers/2003/monografia.pdf](http://jade.tilab.com/papers/2003/monografia.pdf).

WOOLDRIDGE, M. *An introduction to multiagent systems*. Chichester: J. Wiley, 2002.