

Relatório Final:

Agentes para um Bolsa de Valores Virtual

José Cândido Sousa Pacheco

Pedro Jorge Domingues Pacheco

Tiago Miguel Gonçalves da Silva



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Rua Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, Portugal

Dezembro de 2005

Relatório Final:

Agentes para uma Bolsa de Valores Virtual

José Cândido Sousa Pacheco

Pedro Jorge Domingues Pacheco

Tiago Miguel Gonçalves da Silva

Turma 1

Trabalho realizado no âmbito da disciplina de AIAD, do 1º semestre, do 4º ano, da Licenciatura em Eng. Informática e Computação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, leccionada por Eugénio Oliveira e Ana Paula Rocha.

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Rua Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, Portugal

Dezembro de 2005

Índice

1. Objectivo	5
2. Descrição	6
2.1 Funcionalidades	6
2.2 Estrutura do Programa.....	7
2.2.1 Bolsa de Valores.....	7
2.2.1.1 Agente Bolsa.....	8
2.2.2 Investimento Bolsista	8
2.2.2.1 Análise Fundamental.....	9
2.2.2.2 Análise Técnica.....	9
2.2.3 Interface Gráfica	10
2.3 Esquemas de Representação de Conhecimento e Metodologia	10
2.3.1 Representação de Conhecimento.....	10
2.3.2 Metodologias Utilizadas	11
2.3.2.1 Indicador Estocástico	11
2.3.2.2 Indicador MME.....	12
2.3.2.3 Indicador RSI.....	12
2.3.2.4 Indicador MACD	13
2.3.2.5 Combinação de Indicadores	13
2.3.2.6 Indicador por actividades económicas	13
2.3.3 Interação/Colaboração entre agentes	14
2.4 Detalhes de Implementação	14
2.4.1 Agente Bolsa	15
2.4.2 Descrição dos Agentes Investidores	17
2.4.2.1 Agente MME.....	18
2.4.2.2 Agente IE	18
2.4.2.3 Agente RSI.....	19
2.4.2.4 Agente MACD	19
2.4.2.5 Agente Combinado de Indicadores	19

2.4.2.6	Agente Naive.....	20
2.4.2.7	Agente Indústria	20
2.4.3	Funcionamento em modo simulado	21
2.4.3.1	A obtenção dos dados.....	21
2.4.3.2	Arranque em modo simulado	22
2.4.4	Interface Gráfica	23
2.5	Ambiente de desenvolvimento	27
3.	Conclusão	28
4.	Análise de resultados	29
5.	Melhoramentos	29
6.	Referências Bibliográficas	31
7.	Identificação dos Elementos do Grupo	31
8.	Anexos	32
8.1	Manual do Utilizador.....	32
8.1.1	Compilar o programa	32
8.1.2	Executar a aplicação	32
8.1.3	Interface gráfica	32
8.2	Exemplo de uma execução	38

1. Objectivo

Este trabalho insere-se no âmbito da cadeira de Agentes e Inteligência Artificial Distribuída, do 4º Ano da Licenciatura em Informática e Computação, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, leccionada pelos professores Eugénio Oliveira e Ana Paula Rocha.

A Bolsa de Valores é actualmente um centro de negociações privilegiado, onde se reúnem compradores e vendedores, no sentido de centralizar propostas e ofertas. Tratando-se de um centro onde se encontram todas as grandes companhias de capital elevado, são movimentadas largas quantias de dinheiro que passam rapidamente de “mão em mão”. Investir na bolsa é um risco, que pode ser minimizado sabendo usar a elevada informação. Saber investir no momento certo é então fundamental, podendo com isso alcançar-se elevados proveitos.

É este o objectivo deste trabalho. Criar investidores que sejam capazes de analisar a flutuação do mercado de valores, e de investir correctamente a fim de alcançar os melhores proveitos possíveis. Para isso, o trabalho será implementado através de um sistema Multi-Agente consistindo num agente Bolsa e vários agentes Investidor.

O agente Bolsa tem o objectivo de fornecer informação aos agentes Investidores relativa às cotações de diversos títulos. Cada agente Investidor irá usar uma diferente estratégia para investir e assim tentar obter os maiores proveitos possíveis. Cada agente possuirá também uma interface gráfica onde se poderá acompanhar o desempenho do agente.

O presente relatório tem como objectivo apresentar o resultado final do trabalho realizado, as metodologias e estruturas utilizadas, e as conclusões que dele se tiraram.

2. Descrição

2.1 Funcionalidades

Cada módulo do programa disponibiliza um conjunto de tarefas próprio e que assim permite uma experiência diferente ao programa:

- O módulo Bolsa consiste na recolha dos dados relativos a vários títulos da Bolsa de Valores Norte-Americana (NYSE e NASDAQ). Esta recolha pode ser feita de duas maneiras distintas: ou obtendo os valores reais no momento [FinanceYahoo, 2005], ou através do carregamento dessa informação directamente de ficheiros que previamente foram criados e onde se encontram armazenados as cotações dos títulos. Esta simulação com valores reais é útil para teste aos agentes: em primeiro lugar torna possível o funcionamento dos agentes offline e segundo porque permite efectuar testes fiáveis de forma mais rápida, podendo os agentes estar a pedir informação constantemente como se estivessem a funcionar num dia normal.

- O módulo de Investidores consiste na criação de vários agentes, utilizando cada um uma estratégia diferente para investir na bolsa. Os agentes apesar de utilizarem estratégias diferentes possuem parâmetros próprios para definições, como por exemplo, a quantia inicial de investimento, quanto investir de cada vez, etc.

As decisões que um agente toma a cada momento são apresentadas na respectiva interface gráfica, sendo desta forma possível perceber porque é que este comprou ou vendeu acções de um determinado título.

Estes agentes armazenam ainda num ficheiro .log todas as transacções efectuadas, para gestão e possível verificação de erros.

- O módulo de Interface Gráfica, permite analisar visualmente o comportamento de cada agente envolvido. Para o agente Bolsa, permite apresentar gráficos com a evolução de cada título da Bolsa. Para os agentes Investidor, permite ver gráficos com a evolução do seu valor em carteira, o seu estado actual, e as decisões e acções que tomou anteriormente.

As interfaces gráficas permitem também fechar os agentes, eliminando previamente o seu registo da plataforma JADE.

2.2 Estrutura do Programa

O trabalho encontra-se dividido em três módulos fundamentais:

- O módulo Bolsa de Valores, que consiste na recolha dos dados relativos aos vários títulos da Bolsa de Valores;
- O módulo Investidores, que consiste na criação de vários agentes, utilizando cada um uma estratégia diferente para investir na bolsa;
- O módulo de Interface Gráfica, que permitirá analisar visualmente o comportamento de cada agente envolvido.



Figura 1 – Relações entre os diferentes módulos do programa.

2.2.1 Bolsa de Valores

Para simular uma bolsa de valores obtemos todos os dados de uma fonte real, nomeadamente a bolsa de valores de Nova York. Para isso usamos o site <http://finance.yahoo.com/>, visto que permite um fácil acesso a toda a informação relativa aos títulos em bolsa. Esta informação é actualizada periodicamente, possibilitando-nos portanto um funcionamento mais fidedigno da bolsa.

Os pedidos a este site são substancialmente facilitados, visto que basta fazer um pedido num determinado endereço, que por sua vez retorna um ficheiro contendo a informação pretendida. Este ficheiro está dividido por linhas, contendo cada linha todos os campos pedidos separados por vírgulas. Assim, com um simples tratamento das linhas obtemos toda a informação relevante.

A bolsa de valores de Nova York abre às 14:30h em Portugal o que pode ser impeditivo de analisar os resultados. Assim, para efeitos de teste dos agentes investidores guardamos um dia inteiro de resultados da bolsa e podemos simular o funcionamento normal da bolsa com esse dia.

Para obter informação relativa a um dado título, o agente Investidor terá então de fazer o pedido a um agente Bolsa que retornará os dados pretendidos.

Foi posta a hipótese de existir um número limitado de acções por título, geridos pelo agente Bolsa, com os vários agentes a concorrer entre si para a compra destas mesmas acções. Mas o estudo que fizemos anteriormente mostrou-nos que são movimentadas milhões de acções todos os dias relativas a um título. Para que pudesse haver transacções entre agentes teriam de existir muitos agentes capazes de aplicar estratégias diferentes para que pudessem comprar e vender acções constantemente (o uso de agentes de compra/venda aleatória retiraria a veracidade da bolsa). Assim não existirá propriamente um limite de acções que podem ser compradas/vendidas pelos agentes, tendo estes como único limite a quantia inicial com que começam a investir. Só desta maneira se pode avaliar o comportamento dos agentes investidores sem que estes entrem em confronto directo pela compra de acções que na vida real poderiam perfeitamente estar disponíveis para ambos.

2.2.1.1 Agente Bolsa

O agente Bolsa servirá de intermediário entre o agente Investidor e as cotações reais. O agente terá assim a capacidade de responder a pedidos realizados pelo agente Investidor, nomeadamente o valor actual de um determinado título, o seu volume de transacções, o máximo e mínimo atingido num determinado período de tempo, entre outros pedidos que o agente Investidor ache necessários para estudar o seu investimento.

O agente Bolsa não servirá de comprador/vendedor de acções, tendo apenas a tarefa de fornecer informação aos agentes Investidores.

2.2.2 Investimento Bolsista

Numa primeira abordagem, procuramos saber um pouco acerca de investimentos em mercados bolsistas. Para tal, partimos dos exemplos que se encontravam disponíveis na página da disciplina.

Após algum estudo sobre o assunto verificamos que existem duas formas principais de analisar e investir na bolsa, sendo elas: a *Análise Fundamental* e a *Análise Técnica*. Apresenta-se de seguida, de forma mais detalhada, cada um dos tipos de análise.

2.2.2.1 Análise Fundamental

A análise fundamental tem como principal objectivo a análise do ambiente envolvente à empresa que está em estudo. Devem ser tidos em conta aspectos como o sector de actividade da empresa, as políticas que estão na sua base e todo o espaço macroeconómico, entre outros.

Com o mundo a ficar cada vez mais parecido com uma aldeia global, existem várias condicionantes que afectam a empresa, embora não estejam directamente relacionadas com a mesma. Por exemplo, o petróleo é um dos factores que tem marcado muito todas as praças bolsistas. Este factor tem influenciado praticamente todos os sectores de actividade empresarial, embora podendo não estar directamente relacionado com a actividade concreta das empresas.

As políticas pelas quais uma empresa se rege também têm algo a dizer na sua avaliação. Se o conjunto de linhas mestras que uma dada empresa adopta não forem as melhores dentro do mercado em que ela se insere, podem fazer com que os investidores se retraiam.

O sector de actividade de uma empresa também tem um peso grande na sua conjectura. Vejamos; uma empresa que tenha bom desempenho mas o sector de actividade não seja promissor, vê-se penalizada por esse facto.

Em suma, a análise fundamental permite uma avaliação um pouco subjectiva da empresa, mas que pode trazer grandes vantagens na altura de investir.

2.2.2.2 Análise Técnica

A análise técnica permite avaliar uma determinada empresa com base em indicadores.

Na análise técnica tudo se resume a valores numéricos que vão dando sinais acerca do que está em redor. Neste campo de análise existem vários indicadores que se baseiam em dados históricos (cotações) para obter informação acerca do comportamento de uma determinada empresa. Estes indicadores permitem obter informação acerca das tendências que um determinado título está a seguir, bem como obter sinais indicativos de compra ou venda de títulos.

Neste domínio, deve-se aceitar que o valor de uma acção de um determinado título reflecte toda a informação que se conhece sobre este. Não se deve interrogar acerca do porquê da subida ou descida da cotação, mas sim, tentar prever esse facto.

Na análise técnica não existem opiniões divergentes acerca de uma determinada matéria; existem antes um conjunto de gráficos e indicadores calculados matematicamente que permitem tirar ilações acerca de uma empresa.

2.2.3 Interface Gráfica

Para se poder visualizar o desempenho dos agentes, foram criadas interfaces gráficas descritivas das suas actividades.

Uma vez que a actividade dos dois tipos de agente existentes no sistema (Investidor e Bolsa) é bastante distinta, foram implementadas interfaces gráficas específicas para cada um desses agentes.

A interface gráfica de um agente Investidor apresenta gráficos e relatórios que permitem ver a sua actividade e o seu estado a cada momento.

Os gráficos têm como objectivo mostrar a evolução do capital do agente, o valor que possui em acções e o valor da sua carteira. Abaixo dos gráficos é apresentada uma tabela onde constam os valores actuais de cada um dos parâmetros apresentados no gráfico, para que haja uma melhor percepção destes.

Os relatórios mostram todas as compras e vendas de acções que o agente efectuou desde o início da sua execução, indicando a hora a que o fez, o título, a quantidade e o preço, mostram as decisões que tomou e o número de acções que possui de cada título em cada momento, bem como o seu valor actual.

A interface gráfica de um agente Bolsa contém um gráfico que apresenta a evolução do valor de um dado título (seleccionado pelo utilizador) e uma tabela que mostra alguns dados relevantes referentes a esse mesmo título, como o seu valor actual, valor de abertura, e valor máximo e mínimo do dia.

2.3 Esquemas de Representação de Conhecimento e Metodologia

2.3.1 Representação de Conhecimento

As estruturas de representação do conhecimento utilizadas são array's multidimensionais.

Foram escolhidas estas estruturas uma vez que as metodologias utilizadas assentam em conjuntos de valores históricos. Deste modo, seleccionamos array's por serem fáceis de utilizar e manipular.

Não se escolheram estruturas de dados mais complexas como por exemplo filas ou listas ligadas, porque não se conseguiria tirar proveito duma estrutura de dados dinâmica. Para além disto, são estruturas demasiado complexas para a análise dos indicadores e não trazem nenhuma vantagem à implementação dos algoritmos.

Sempre que necessário são utilizadas variáveis locais mediante a necessidade.

2.3.2 Metodologias Utilizadas

Na pesquisa efectuada encontramos muitos indicadores que poderiam ser utilizados para análise bolsista. Do conjunto vasto encontrado decidimos optar por alguns dos indicadores que nos pareceram plausíveis e implementáveis.

De seguida iremos fazer uma breve descrição acerca de cada um dos indicadores utilizados na implementação dos agentes.

2.3.2.1 Indicador Estocástico

Este indicador permite analisar as variações da cotação de um determinado título.

Para tal é utilizado um intervalo no qual é obtido o valor máximo e mínimo da cotação de fecho para um período de N dias.

De modo a se poderem efectuar análises com este indicador são necessárias duas linhas que descrevem o indicador. Um dessas linhas, designado de indicador estocástico (denominada de %k), representa o conceito em si. A outra linha é uma média móvel do indicador estocástico (denominada de %d).

As fórmulas para cálculo dos valores são as seguintes:

$$\%k=100\times\left(\frac{\text{Pr ecoCorrente} - \text{Minimo}}{\text{Maximo} - \text{Minimo}}\right)$$

$$\%d= \text{MediaMovelPeriodoN de \%k}$$

Em que *Minimo* é o valor mínimo da cotação de um determinado período X. *Maximo* é o valor de cotação máximo desse mesmo período.

O agente que segue este indicador decide vender quando a linha %k passa para baixo da linha %d. Quando a linha %k passa para cima da linha %d, o agente investidor decide comprar.

2.3.2.2 Indicador MME

A média móvel exponencial (MME) é um dos indicadores mais antigos na análise técnica. É um indicador fiável e muito utilizado para análise bolsista.

O seu cálculo assenta numa média pesada de valores históricos das cotações de um determinado título. Foi escolhida um MME uma vez que uma média móvel simples evidencia as tendências do mercado muito tarde.

Para calcular este indicador tem que se definir um intervalo sobre o qual nos queremos debruçar. Deste modo o valor mais recente da cotação do título vai ter um maior ou menor peso segundo o intervalo definido. A sua fórmula de cálculo é a seguinte:

$$MME(actual) = ((Preço(corrente) - MME(anterior)) \times \left(\frac{2}{Periodo + 1} \right)) + MME(anterior).$$

O agente decide então comprar acções de um determinado título em bolsa quando o valor da média móvel exponencial cruza a linha das cotações de um título para um valor superior. Quando o valor da média móvel exponencial cruza a linha das cotações para um valor inferior o agente decide vender as acções desse título, desde que tenha acções disponíveis.

2.3.2.3 Indicador RSI

O Relative Strength Index (RSI) é um indicador que permite saber qual a força do valor actual da acção de um título fase a valores passados.

Para calcular este indicador temos que saber quais os valores de fecho do título num determinado período N, sendo a fórmula de cálculo a seguinte:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 - \left(\frac{S}{D} \right)}$$

Em que S representa a média das cotações dos últimos N dias em que ela subiu, e o D representa a média das cotações dos últimos N dias em que ela desceu.

Fazendo este cálculo obtemos o valor inicial do indicador. À medida que o valor actual das acções vai mudando é necessário actualizar o valor do RSI. Para os cálculos seguintes o valor da média entre o número de dias em que as cotações subiram e o número de dias em que desceram calcula-se da seguinte forma:

$$\frac{((S \times 13) + Subida) / 14}{((D \times 13) + Descida) / 14}$$

A subida e descida representam a diferença que o novo valor da acção sofreu relativamente ao anterior. Após este cálculo aplica-se a fórmula inicial substituindo a divisão (S/D) pelo resultado obtido pelo cálculo anterior.

O valor do RSI pode variar entre 0 e 100 de modo que o agente que segue este indicador compra acções de um título quando o valor do indicador desce abaixo de 30. Quando o indicador passa acima de 70 o agente vende as acções que possui desse título.

2.3.2.4 Indicador MACD

Este indicador baseia-se em médias móveis exponenciais.

Para tal necessitamos de 3 MME's para o seu cálculo. Uma de 26 dias outra de 12 dias e finalmente uma de 9 dias. Depois de se terem as MME's calculadas subtrai-se a média móvel de 26 dias à de 12 dias obtendo o indicador MACD. Este resultado é comparado com a média móvel de 9 dias (indicador trigger), tirando-se as respectivas conclusões.

Ao comparar os valores o agente opta por vender acções quando o indicador MACD passa para baixo do indicador trigger. A compra de acções é decidida quando temos a situação inversa (quando o indicador MACD passa para cima do indicador trigger).

2.3.2.5 Combinação de Indicadores

Uma boa estratégia no mercado bolsista é não tomar unicamente um.

Por este motivo foi implementado um agente que toma em consideração todos os indicadores descritos anteriormente. Este agente analisa todos os indicadores e segue a tendência da maioria deles. Pretende-se com isto obter um melhor desempenho no mercado bolsista.

2.3.2.6 Indicador por actividades económicas

Existem outros factores que podem ser levados em consideração, sendo um deles o ramo de actividade de uma determinada empresa. Isto é, existem períodos em que por algum motivo as acções de um grupo de empresas relativas a uma actividade económica em particular seguem uma mesma tendência. Um desses exemplos foi o “E-crash” que ocorreu com as empresas na área da tecnologia e telecomunicações no ano 2000 [Crash, 2000]. Outro exemplo foi o aumento significativo das cotações das empresas da indústria do armamento, aquando da guerra no Iraque.

Investir no momento certo numa determinada área pode levar à obtenção de lucros consideráveis, daí a aposta na criação de um agente capaz de analisar os mercados relativos a cada actividade económica.

2.3.3 Interacção/Colaboração entre agentes

Os agentes investidores funcionam de forma autónoma.

Contudo, todos os agentes têm que interagir/colaborar com o agente bolsa para saberem como é que o ambiente bolsista evoluiu e assim poderem fazer os investimentos pretendidos.

2.4 Detalhes de Implementação

A plataforma utilizada para implementação do sistema multi-agente é a plataforma JADE. Esta permite que a comunicação entre agentes seja fiável e simples de implementar e, portanto, intuitiva, tornando transparente todo o protocolo de comunicação.

O sistema implementado possui dois tipos de agente (Investidor e Bolsa), que vão comunicar entre si. O agente Investidor vai apenas enviar pedidos ao agente Bolsa, para obter os valores necessários para o cálculo que vai determinar as suas decisões na bolsa. O agente Bolsa, por seu lado, recebe os pedidos dos diversos agentes Investidores, trata-os e responde a cada um, de acordo com os dados oficiais que obtém exteriormente.

Exemplo:

O agente Investidor começa inicialmente por pedir uma listagem dos títulos com que a bolsa está a trabalhar, enviando uma mensagem com o conteúdo “LISTAR_TITULOS” ao agente Bolsa. Este responderá então com uma mensagem com os títulos separados por espaços: “GOOG AMZN MSFT AAPL EBAY”. Depois de obter a lista, o agente investidor pode fazer pedidos relativos àquelas empresas, como por exemplo o valor actual do Google, “ACTUAL GOOGLE”. Depois de ir buscar a informação à Internet, o agente bolsa retornará com o valor actual do título: “340.21”.

Sendo uma comunicação simples, não foram encontradas dificuldades na sua realização. Foram realizados vários testes, incluindo:

- Utilização de diferentes computadores, estando cada agente num computador diferente. Os agentes comunicaram correctamente sem falhas registadas;
- Diferentes agentes a realizarem diversos pedidos ao mesmo tempo ao agente Bolsa. Todas as respostas foram enviadas correctamente sem falhas.
- Atrasos e erros foram forçados na rede, e apesar da demora no processamento, todos os pedidos foram correctamente respondidos.

Os agentes não se desligam do contentor onde estão inseridos, sendo essa funcionalidade implementada através da interface gráfica.

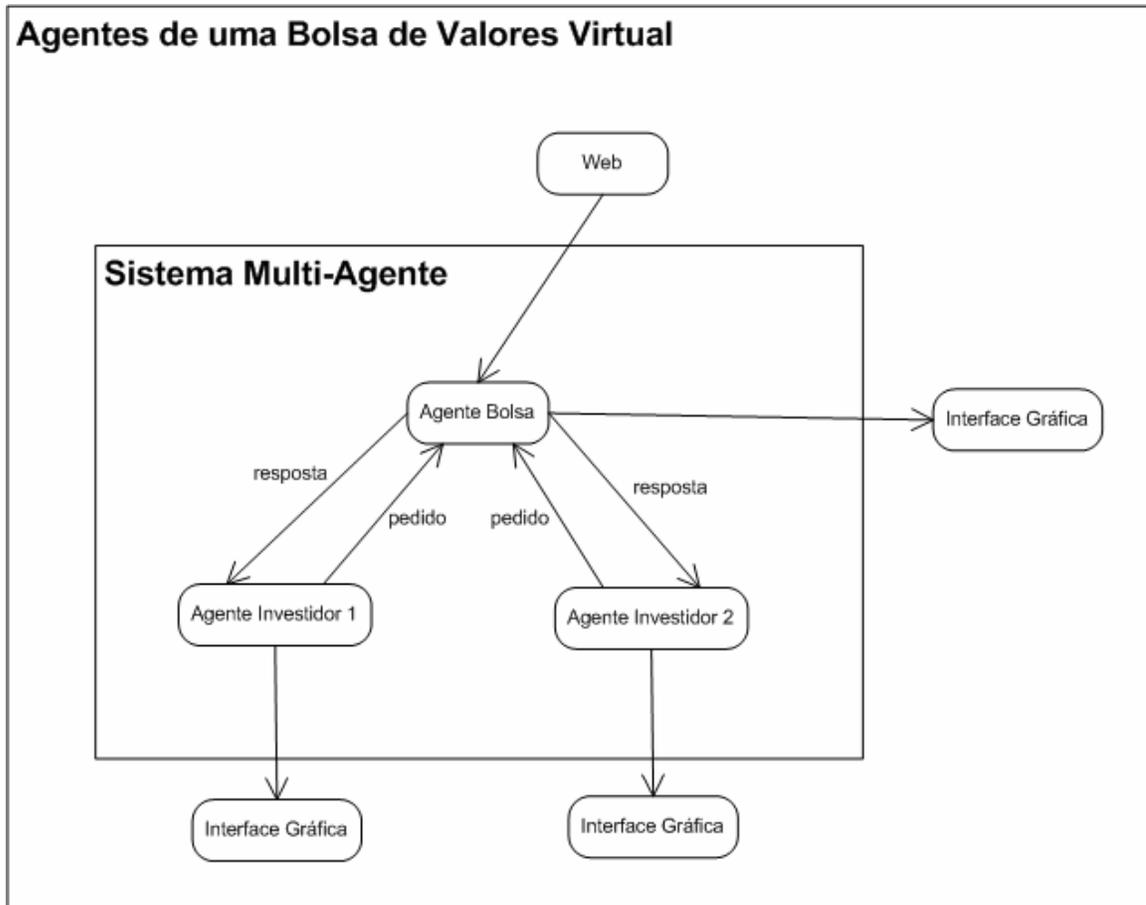


Figura 2 – Diagrama de fluxo de dados do sistema.

2.4.1 Agente Bolsa

O agente Bolsa é um agente que possui apenas um comportamento: esperar por pedidos enviados pelos agentes Investidores. Estes pedidos devem ser-lhe dirigidos seguindo um formato especificado para que este possa entender o pedido. Qualquer pedido não compreendido implicará uma resposta com a mensagem de: “Pedido não entendido!”.

O agente Bolsa está preparado para receber os seguintes pedidos:

- **LISTAR_TITULOS**: O agente Bolsa não irá tratar de todos os títulos existentes na bolsa de valores de Nova York, tratando assim apenas de alguns escolhidos previamente por nós. Para os investidores saberem que títulos estão disponíveis, poderão fazer um pedido dos mesmos antes de começarem a efectuar os seus investimentos.

`public String getEmpresas()` – O agente Bolsa invoca este método que retorna uma String com o nome de todos os títulos que estão a ser analisados pelos agente Bolsa, separados por um espaço;

- **LISTAR_INDUSTRIAS** : O agente Bolsa recebe um pedido para enviar as indústrias com que está a trabalhar.

`public String getIndustrias()` – O agente invoca este método que retorna uma String com o nome das indústrias com que se encontra a trabalhar no momento, separadas com um espaço entre elas.

- **LISTAR_TIT_INDUS <simb_industria>** : O agente Bolsa recebe um pedido para retornar os títulos pertencentes a uma indústria em específico.

`public String getTitIndustria(String industria)` – Este método recebe uma String indicativa da industria a que se pretende saber os títulos. O método faz uma pesquisa pelos títulos disponíveis e verifica quais estão associados à dita indústria. Estes títulos são depois todos retornados numa String separados por espaços.

- **ACTUAL <Titulo>**: O agente Bolsa retorna o valor actual do ‘titulo’ pedido.

`public String getActual(String titulo)` – Este método recebe uma String com o título que se pretende saber a cotação. O método envia então um pedido para o endereço:

```
"http://finance.yahoo.com/d/quotes.csv?s="+titulo+"&f=snl1d1t1c1ohgv&e=.c";
```

- **FECHO <Titulo> <N_Dias>**: O agente Bolsa recebe um pedido das cotações de fecho para um determinado ‘título’ nos últimos ‘n_dias’. O agente bolsa retornará então um vector de ‘n_dias’ elementos com os fechos.

`public String getFechos(String titulo, int n)` – Este método recebe uma String com o titulo pretendido e com o nº de dias que se pretende obter. Para obter estes valores e visto que o agente Bolsa provavelmente não terá todas as informações é possível também fazer o pedido ao site da seguinte forma:

```
"http://ichart.finance.yahoo.com/table.csv?s="+titulo+"&d="+String  
.valueOf(Mes)+"&e="+String.valueOf(Dia)+"&f="+String.valueOf(Ano)+"&g=d&a="
```

```
 "+String.valueOf(Mes_Novo)+"&b="+String.valueOf(Dia_Novo)+"&c="+String.valu  
 eOf(Ano_Novo) +"&ignore=.csv";
```

O ficheiro obtido segue o seguinte formato, interessando apenas o campo *Fecho*:

Data, Preço_Abertura, PreçoMaximo, PreçoMinimo, Fecho, Volume, FechoAjustado

- **MAXIMO <Titulo> <N_Dias>**: O agente Bolsa recebe um pedido para saber o valor máximo que um determinado 'título' atingiu nos últimos 'n_dias' retornando depois esse valor.

`public String getMaximo(String titulo, int n)` – Este método recebe uma String com o título pretendido e o nº de dias dentro do qual se pretende descobrir o máximo. É depois calculado o valor máximo atingido durante esse período recorrendo ao ficheiro pedido da mesma forma que no método `getFechos()`, sendo o campo relevante o *PreçoMáximo*.

- **MINIMO <Titulo> <N_Dias>**: O agente Bolsa recebe um pedido para saber o valor mínimo que um determinado 'título' atingiu nos últimos 'n_dias' retornando depois esse valor.

`public String getMinimo(String titulo, int n)` – Este método recebe uma String com o título pretendido e o nº de dias dentro do qual se pretende descobrir o mínimo. É depois calculado o valor mínimo atingido durante esse período recorrendo ao ficheiro pedido da mesma forma que no método `getFechos()`, sendo o campo relevante o *PreçoMinimo*.

2.4.2 Descrição dos Agentes Investidores

Para cada uma das metodologias descritas anteriormente foi implementado um agente.

Todos eles recorrem unicamente a um comportamento. Para se iniciarem os agentes é necessário passar como argumento o montante que se está interessado em investir, a percentagem de dinheiro a investir quando ele decide fazê-lo e, finalmente o número de dias que indica o período a utilizar para os cálculos. Este procedimento é necessário para todos os agentes à excepção do agente que utiliza o indicador MACD, não sendo neste caso indicar o período de dias a utilizar.

Os agentes utilizam sempre a percentagem de dinheiro disponível (não investido em acções) especificado no lançamento do agente, quando se trata de comprar acções. Quando ele determina que deve vender acções, vende todas as que tiver disponíveis para aquele título.

Todos os agentes, ao iniciar, registam-se na plataforma JADE. De seguida fazem um pedido ao agente Bolsa para saber quais os títulos que estão disponíveis para investir, enviando uma mensagem com conteúdo LISTAR_TITULOS. O passo seguinte é que difere de agente para agente.

Para além disto, todos os agentes guardam informação acerca das transacções efectuadas num ficheiro de log. Este ficheiro tem o mesmo nome que o agente que representa.

Apresenta-se de seguida uma descrição mais pormenorizada acerca de cada um desses agentes.

2.4.2.1 Agente MME

Este agente implementa uma estratégia baseada numa média móvel exponencial.

Depois de saber em que títulos pode investir, faz um pedido ao agente Bolsa para cada um dos títulos para saber quais os valores de fecho do mesmo para um período inicial de 10 dias. Para efectuar este pedido envia uma mensagem de conteúdo FECHO. Finalmente activa um comportamento no qual é feita a implementação do indicador que usa.

Este comportamento faz alguns pedidos ao agente Bolsa para se poder manter informado acerca dos valores das acções dos títulos. Deste modo, o agente faz um pedido com conteúdo ACTUAL seguido do número de sequência do pedido (valor incremental que inicia em 0) para cada um dos títulos actualizando de seguida a MME. Após ter os dados actualizados verifica, de acordo com o indicador, se existe algum sinal de compra/venda em cada um dos títulos, efectuando a acção respectiva em cada uma das situações. Pode ainda optar por não comprar nem vender acções.

Após a tomada de decisão o agente para durante alguns segundos, mediante o modo de funcionamento do agente bolsa, retomando a actividade de seguida.

2.4.2.2 Agente IE

Este agente implementa uma estratégia baseada no indicador estocástico.

Sabendo em que títulos pode investir, efectua um pedido ao agente Bolsa para cada um dos títulos para saber quais são os valores de máximo e mínimo do mesmo para o período especificado no seu lançamento. Para tal, envia uma mensagem de conteúdo MAXIMO e MINIMO respectivamente. Após este pedido inicial activa o comportamento para a tomada de decisão.

Para que possa tomar decisões acerca dos investimentos, o agente pede ao agente Bolsa o valor corrente das acções para cada um dos títulos, enviando para isso uma mensagem com o

conteúdo ACTUAL seguido do número de sequência do pedido (valor incremental que inicia em 0). Depois de saber quais os valores actuais das acções actualiza o indicador estocástico para cada um dos títulos, tomando de seguida a decisão de vender, comprar ou não transaccionar as acções disponíveis.

Tal como o agente anterior, este também pára durante algum tempo retomando a actividade de seguida.

2.4.2.3 Agente RSI

Este agente tem como base o indicador RSI.

Para além da informação que é comum a todos os agentes, este precisa de saber para cada título, o valor de fecho no período especificado no arranque. Quando já tem essa informação disponível, calcula o valor inicial do indicador para servir de base. Depois disto, activa o comportamento que trata dos investimentos.

Este comportamento pede ao agente Bolsa o valor actual das acções para cada um dos títulos. Os métodos de obtenção de informação são semelhantes aos anteriores. De seguida actualiza o valor do indicador e toma a decisão.

Como os agentes anteriores, também este faz uma pausa.

2.4.2.4 Agente MACD

Este agente recorre ao indicador MACD para fazer os investimentos na bolsa.

Quando é iniciado o seu comportamento, o agente pede ao agente bolsa informação relativa ao valor actual das cotações dos títulos disponíveis. Com estes valores faz uma actualização da média móvel que lhe indica a linha de trigger para poder de seguida tomar a sua decisão.

No final, aguarda algum tempo para depois voltar a analisar o meio envolvente.

2.4.2.5 Agente Combinado de Indicadores

Para este agente é muito importante ter um grande conjunto de informação para analisar correctamente o mercado em que pretende investir.

Para tal, depois do seu comportamento ser lançado, o agente vai pedindo informações ao agente bolsa acerca dos resultados das empresas que se encontram disponíveis para transaccionar. As mensagens enviadas ao agente bolsa para obtenção da informação são iguais às utilizadas pelos agentes anteriores, uma vez que os indicadores são os anteriores só que desta

vez todos juntos. Depois de obter esta informação, actualiza todos os indicadores e toma a decisão com base na indicação da maioria.

Mais uma vez provoca-se uma espera algum tempo, que depende do modo de funcionamento do agente bolsa.

2.4.2.6 Agente Naive

Foi criado um agente investidor que não utiliza nenhuma estatística aprofundada das cotações para investir na bolsa. O objectivo deste investidor é testar hipóteses e comprar e vender acções num espaço curto de tempo.

Este agente segue uma estratégia muito simples. Analisa o comportamento de um título nos últimos 15 minutos e caso o valor actual esteja abaixo da média nesses minutos compra acções desse título. Caso as mesmas se encontrem 0.5% acima do valor de compra o investidor vende as acções. Se as mesmas desvalorizarem 0.4% ele vende-as.

Este agente tem um comportamento muito básico e os resultados obtidos até ao momento provocam ligeiros lucros e por vezes prejuízos, mas nunca muito significativos. Este agente sofreu inúmeras alterações ao longo do tempo, desde a utilização de máximos e mínimos históricos e temporais, até ao uso de esquemas diferentes de compra e venda. Dependendo dos dias o agente revelava comportamentos que não aconselham a sua utilização.

Nenhuma das alterações introduzidas levou a um aumento de produção significativo do agente, não apresentando qualquer melhoria em relação aos outros agentes que já utilizavam certos indicadores.

A interacção entre este agente e o agente Bolsa, é apenas feita com o pedido ACTUAL para cada um dos títulos analisados pelo agente Bolsa, que foram obtidos no início, através do pedido LISTAR_TITULOS.

2.4.2.7 Agente Indústria

Este agente implementa o indicador MACD, juntamente com uma estratégia que assenta na análise das indústrias onde se inserem os títulos nos quais pretende investir.

De forma semelhante aos outros agentes, este agente pede ao agente Bolsa a lista de indústrias em que pretende investir, enviando uma mensagem com conteúdo “LISTAR_INDUSTRIAS”. De seguida envia-lhe um conjunto de mensagens, cujo conteúdo é “LISTAR_TIT_INDUS <código_indústria>”, a pedir a lista de títulos de cada uma dessas indústrias. Depois de saber quais os títulos em que pode investir e a indústria em que cada um está inserido, pede ao

agente Bolsa os valores de fecho dos últimos 30 dias de cada uma dessas indústrias e títulos, enviando uma mensagem com conteúdo “FECHO <códigoIndústria_ou_códigoTítulo> 30”.

Após estes pedidos, lança um comportamento onde é efectuado um conjunto de operações que implementam o indicador MACD. Neste mesmo comportamento, são efectuados diversos pedidos ao agente Bolsa, de forma a actualizar os valores actuais de cada das indústrias e respectivos títulos. O conteúdo deste tipo de mensagens é “ACTUAL <códigoIndústria_ou_códigoTítulo>”. De seguida o indicador MACD é actualizado para todos os títulos e indústrias. Após ter os dados actualizados, verifica, de acordo com o indicador MACD, se existe algum sinal de compra ou venda em cada uma das indústrias. Dependendo do sinal de compra/venda de cada uma das indústrias, faz também esta verificação para cada um dos títulos pertencentes a essas indústrias. Deste modo, se uma determinada indústria tiver sinal de compra, o agente não compra acções de todos os títulos dessa indústria, mas apenas daqueles que tiverem igualmente sinal de compra. O agente pode também optar por não comprar nem vender acções de uma determinada indústria ou até mesmo de um título em específico.

Após a tomada de decisão, o agente espera um determinado tempo mediante o modo de funcionamento do agente bolsa.

2.4.3 Funcionamento em modo simulado

Como dito anteriormente, o agente Bolsa permite trabalhar na Bolsa de Valores sem que esta esteja disponível. Deste modo podemos testar os agentes sem que a bolsa esteja a funcionar (devido ao fuso horário, a bolsa de Nova York tem um horário diferente do português, ou seja das 14:30h às 21h de Portugal) conseguindo desta forma testar e analisar o comportamento dos agentes de uma maneira melhor. Por outro lado, o facto de estarmos a funcionar em modo simulado permite-nos acelerar a obtenção destes mesmos dados, testando mais rapidamente os agentes.

2.4.3.1 A obtenção dos dados

Os dados obtidos foram retirados no dia 13 de Dezembro de 2005. Foram escolhidos 25 títulos de diferentes indústrias e durante todo o dia, de 15 em 15 segundos, foram guardados os dados referentes a cada título, num ficheiro de nome "Titulo".txt. Foi guardado também um histórico dos últimos 2 meses de cada título, em ficheiros de nome histórico "Titulo".txt. Este histórico é importante para obter, por exemplo, os valores de fecho dos últimos 30 dias. Todos estes ficheiros encontram-se no directório "historico".

2.4.3.2 Arranque em modo simulado

O agente recebe um parâmetro inicial que indica em que modo deve funcionar. Se o parâmetro for 'simulacao' arranca em modo de simulação e se for 'real' arranca em modo de obtenção de dados actuais.

Os agentes Investidores no arranque começam o programa a pedir ao agente Bolsa o seu modo de funcionamento, através de uma mensagem “TIPO_FUNC”. O agente Bolsa retorna então uma String em que responde 'real' ou 'simulacao', de acordo com o seu modo de funcionamento. Desta forma os agentes podem acelerar os seus pedidos de novos valores (em vez de pedirem de 15 em 15 segundos pedem de segundo a segundo).

Para iniciar o agente Bolsa em modo simulação basta correr o ficheiro agenteBolsaSim.bat e para o iniciar em modo real executa-se o ficheiro agenteBolsaReal.bat. Nos agentes investidores não é necessária nenhuma alteração.

2.4.4 Interface Gráfica

As interfaces gráficas da aplicação foram implementadas como sendo classes vulgares e não como sendo agentes, de forma a facilitar a actualização da informação por parte dos agentes Bolsa e Investidor, e ao mesmo tempo aumentar a eficiência do programa. Deste modo, os agentes Bolsa e Investidor criam objectos do tipo das respectivas interfaces gráficas e utilizam métodos desses mesmos objectos para passar informação a apresentar ao utilizador.

Para evitar excessivos gastos de memória, no que se refere aos gráficos das interfaces gráficas, estes apenas apresentam um número fixo de pontos, descartando os mais antigos.

As interfaces gráficas foram implementadas usando a biblioteca gráfica *SWING*. Os gráficos apresentados nessas interfaces gráficas foram desenvolvidos utilizando a biblioteca *Chart2D* [Chart2d, 2002], visto que possui baixos gastos de memória, é simples de utilizar e preenche todos os requisitos da aplicação.



Figura 3 – Interface gráfica de um agente Bolsa.

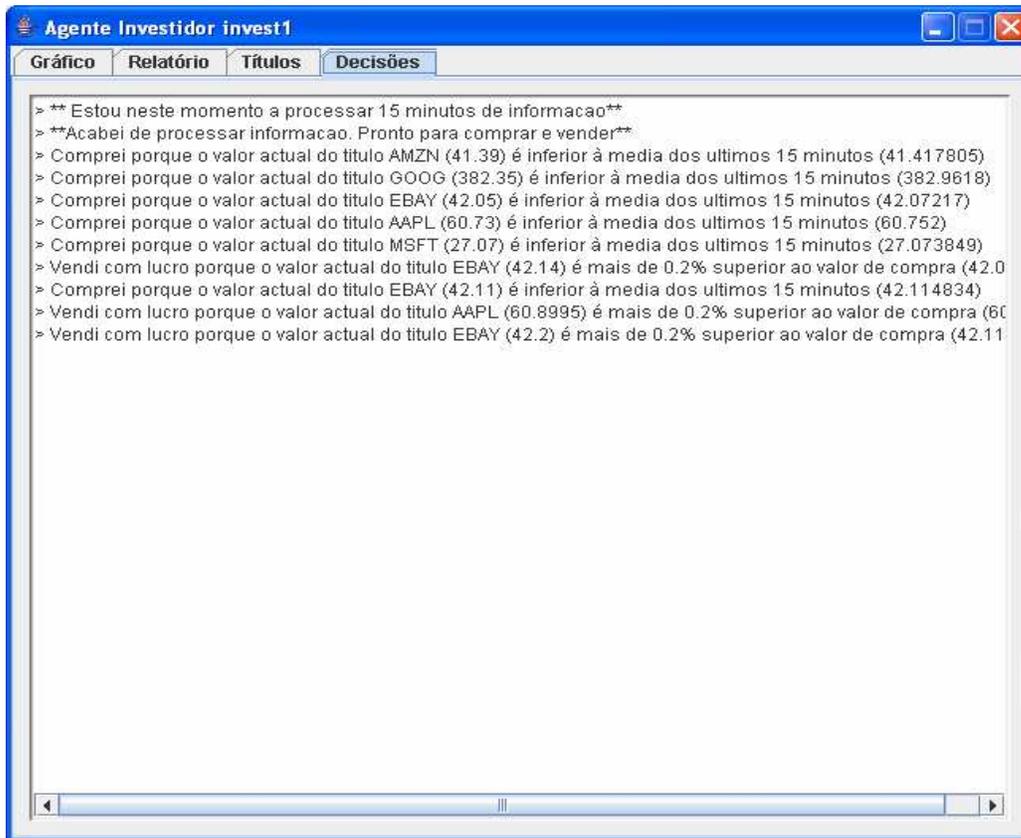


Figura 4 – Relatório de decisões de um agente Investidor.

Agente Investidor invest1

Gráfico Relatório Títulos Decisões

Compras:

02/11/2005 - 17:01:05:	Compra de 75 accoes do titulo AAPL por 60.73
02/11/2005 - 17:01:05:	Compra de 111 accoes do titulo AMZN por 41.4
02/11/2005 - 17:01:03:	Compra de 351 accoes do titulo MSFT por 27.07
02/11/2005 - 17:01:02:	Compra de 68 accoes do titulo AAPL por 60.73
02/11/2005 - 17:01:02:	Compra de 10 accoes do titulo GOOG por 382.46
02/11/2005 - 17:01:02:	Compra de 100 accoes do titulo AMZN por 41.39
02/11/2005 - 17:00:58:	Compra de 63 accoes do titulo AAPL por 60.76
02/11/2005 - 17:00:58:	Compra de 101 accoes do titulo YH00 por 37.85
02/11/2005 - 17:00:57:	Compra de 242 accoes do titulo EBAY por 42.09
02/11/2005 - 17:00:56:	Compra de 12 accoes do titulo GOOG por 382.61
02/11/2005 - 17:00:56:	Compra de 113 accoes do titulo AMZN por 41.36
02/11/2005 - 17:00:55:	Compra de 68 accoes do titulo AAPL por 60.74
02/11/2005 - 17:00:55:	Compra de 99 accoes do titulo EBAY por 42.09

Vendas:

02/11/2005 - 17:01:05:	Venda de 351 accoes do titulo MSFT por 27.0799
02/11/2005 - 17:01:04:	Venda de 68 accoes do titulo AAPL por 60.75
02/11/2005 - 17:01:03:	Venda de 100 accoes do titulo AMZN por 41.41
02/11/2005 - 17:01:00:	Venda de 63 accoes do titulo AAPL por 60.76
02/11/2005 - 17:01:00:	Venda de 242 accoes do titulo EBAY por 42.11
02/11/2005 - 17:01:00:	Venda de 12 accoes do titulo GOOG por 382.77
02/11/2005 - 17:00:59:	Venda de 101 accoes do titulo YH00 por 37.86
02/11/2005 - 17:00:58:	Venda de 113 accoes do titulo AMZN por 41.39
02/11/2005 - 17:00:56:	Venda de 68 accoes do titulo AAPL por 60.78
02/11/2005 - 17:00:56:	Venda de 99 accoes do titulo EBAY por 42.12
02/11/2005 - 17:00:56:	Venda de 154 accoes do titulo MSFT por 27.08
02/11/2005 - 17:00:54:	Venda de 77 accoes do titulo AAPL por 60.76
02/11/2005 - 17:00:54:	Venda de 111 accoes do titulo EBAY por 42.11

Figura 6 – Relatório de compra e venda de acções efectuadas por um agente Investidor.



Figura 7 – Gráficos que apresentam o desempenho de um agente Investidor.

2.5 Ambiente de desenvolvimento

O trabalho foi desenvolvido na linguagem Java, em ambiente Windows e o compilador utilizado é o que vem integrado no pacote de desenvolvimento j2sdk1.4.2_06.

O trabalho foi realizado em máquinas equipadas com um processador P4 3.0Ghz e 1GB de memória RAM. Também foi testado em máquinas de capacidade inferior e não foram detetadas diferenças significativas no seu desempenho.

Todo o projecto foi desenvolvido e gerido pelo IDE Eclipse 3.1.

A plataforma de desenvolvimento/comunicação utilizada para implementar os agentes para a bolsa de valores virtual foi a plataforma JADE (Java Agent Development Framework) 3.3 [JADE, 2005]. Esta plataforma foi escolhida, visto que, para além de permitir a comunicação entre agentes e ter por base a linguagem Java, suporta a mobilidade intra-plataforma, permite a gestão de múltiplos “containers” e possui diversas ferramentas que simplificam a sua administração e desenvolvimento de aplicações baseadas em sistemas multi-agente.

A interface gráfica foi implementada usando a biblioteca gráfica *SWING*. Os gráficos presentes tanto na interface gráfica do agente Investidor, como do agente Bolsa, foram desenvolvidos utilizando a biblioteca gráfica, de visualização de dados a duas dimensões, *Chart2D* [Chart2d, 2002], visto ser bastante fácil de utilizar e permitir a análise do desempenho dos agentes de uma forma simples e útil.

3. Conclusão

O contexto do trabalho é bastante aliciante, tendo, por isso, funcionado como um factor motivador.

Os processos de raciocínio e esquemas de representação de conhecimento utilizados, foram escolhidos cuidadosamente, de forma a garantir a melhor eficiência dos agentes.

Uma vez que o trabalho foi planeado de forma minuciosa, não se tiveram grandes dificuldades na sua implementação.

O trabalho realizado superou de forma significativa os objectivos inicialmente estipulados, tendo resultado, portanto, num sistema multi-agente que satisfaz todos os requisitos definidos pelos docentes da disciplina.

Todo o sucesso do trabalho, deve-se, grande parte, ao facto de ter sido bem dividido e de todos os elementos do grupo terem conseguido efectuar a sua parte. Houve sempre troca de ideias, opiniões e ajudas de parte a parte, de forma a garantir um equilíbrio de carga de trabalho.

Este trabalho permitiu adquirir conceitos relativos ao contexto em que está inserido (bolsa de valores), bem como consolidar conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas. Fez também com que se conhecesse a arquitectura e modo de funcionamento da plataforma JADE, e reconhecesse a sua importância no desenvolvimento de software relativo a sistemas multi-agente.

4. Análise de resultados

Todos os agentes comportam-se de forma razoável. Fazendo uma análise de cada indicador podemos dizer que:

- O agente MME permite obter bons palpites acerca dos momentos de compra e venda de acções, conduzindo a resultados satisfatórios quando o mercado bolsista não está todo ele em queda;
- O agente MACD tem um bom desempenho porque faz uso de três médias móveis exponenciais. Desta forma, verifica-se que consegue alguns ganhos significativos;
- O agente que implementa o indicador RSI tem um comportamento de mais longo prazo, tentando vender apenas quando verifica que vai obter lucros, e comprar quando detecta uma conjuntura de subida;
- O agente que implementa o indicador IE não demonstra grandes resultados do ponto de vista de ganhos. É uma agente muito afectado pelo meio ambiente e muitas vezes toma consciência da tendência do mercado um pouco tarde;
- O agente que utiliza uma combinação de todos os indicadores tem um desempenho razoável. Contudo muitas das vezes o seu desempenho não supera a decisão que é tomada por um único indicador específico;
- O agente Indústria obtém bons resultados, na medida em que investe na bolsa de forma diversificada. Dado que existe sempre uma ou outra indústria que a cada momento está bem cotada, pode-se dizer que este agente conseguirá sempre “sobreviver”;
- O agente Naive possui um comportamento irregular, podendo em ocasiões de bom comportamento da bolsa, alcançar muito bons resultados, e passado algum tempo perder tudo o que ganhou. O facto do agente investir com base nos últimos 15 minutos, implica que alterações repentinas nos valores dos títulos levem a que o agente não consiga responder convenientemente a essas mudanças.

5. Melhoramentos

Futuramente poderiam ser criados mais agentes investidores que utilizassem diversos algoritmos de aprendizagem e outros indicadores ainda não implementados. Um outro melhoramen-

to possível seria modificar o programa para poder funcionar com diferentes bolsas de valores ao mesmo tempo. Seria também interessante implementar a comunicação entre agentes investidores, para que cada um, com uma estratégia diferente dos outros, tivesse um mesmo objetivo, que era aumentar o valor de uma carteira comum. De forma a tornar o programa mais próximo da realidade, este poderia simular taxas adicionais e dificuldades nas operações de compra e venda de acções.

Para aumentar a eficiência do programa, nomeadamente torná-lo mais rápido, poderia eventualmente lançar-se vários agentes Bolsa e cada um dos agentes Investidores, sempre que necessitasse, recorria ao agente Bolsa que tivesse menos sobrecarregado no momento. Isto iria fazer com que os tempos de espera dos agentes Investidores diminuíssem.

6. Referências Bibliográficas

[FinanceYahoo, 2005] Yahoo Finance! [Em linha]. Disponível em <http://finance.yahoo.com> [Consultado durante todo o projecto].

[StockChart, 2005] StockCharts.com. *Simply the Web's Best Financial Charts*. [Em linha]. Disponível em <http://www.stockchrts.com/>. [Consultado em 10/2005].

[PortalBolsa, 2005] *O Portal da Bolsa*. [Em linha]. Disponível em http://pt.portaldebolsa.com/pt/index_entry.asp. [Consultado em 10/2005].

[BolsaVirtual, 2005] Perfeito, Daniel José dos Santos. *Simulação de uma Bolsa Virtual usando Agentes*, Julho de 2003. [Em linha]. Disponível em <http://www.fe.up.pt/~eol/PSTFC-leec/bolsavirtual.pdf>. [Consultado em 10/2005].

[Crash, 2000] “Análise: Bolsa nacional termina ano negativa”, Duarte Costa, 3 de Dezembro de 2000, em Jornal de Negócios, <http://www.negocios.pt/default.asp?CpContentId=190740> [Consultado em 10/2005].

[Apontamentos, 2005] Eugénio Oliveira, Acetatos de apoio à Disciplina de AIAD, [Em linha]. Disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~eol/AIAD/aulas/0405/>, FEUP [Consultado em 10/2005].

[Jade, 2005] Jade Online Documentation, [Em linha]. Disponível em <http://jade.tilab.com/doc/index.html> [Consultado em 10/2005].

[Chart2d, 2002] Simas, Jason. net.sourceforge.chart2d, Dezembro de 2002. Disponível em <http://chart2d.sourceforge.net>.

7. Identificação dos Elementos do Grupo

José Cândido Sousa Pacheco	–	020509054	jose.pacheco@fe.up.pt
Pedro Jorge Domingues de Carvalho Pacheco	–	020509084	pedro.pacheco@fe.up.pt
Tiago Miguel Gonçalves da Silva	–	020509099	silva.tiago@fe.up.pt

8. Anexos

8.1 Manual do Utilizador

8.1.1 Compilar o programa

Para facilitar a compilação dos agentes e das respectivas interfaces gráficas, foi criada uma *makefile*. Uma vez que as interfaces gráficas dos agentes utilizam a biblioteca *chart2D*, é necessário, antes de compilar, colocar na mesma pasta que contém os agentes, a pasta que contém os ficheiros da biblioteca. De seguida, basta escrever o comando “*make*” na linha de comandos. Todos os ficheiros necessários à execução do programa devem estar agora compilados.

8.1.2 Executar a aplicação

De forma a facilitar o lançamento dos agentes na plataforma JADE, foi criado um *batch file* para cada um dos agentes. Para que a aplicação inicie correctamente, em primeiro lugar deve ser executado o agente bolsa (*agenteBolsa.bat*) e só depois devem ser executados os agentes investidores (*agenteInvestidorMME.bat*, *agenteInvestidorMACD.bat*, ...).

8.1.3 Interface gráfica

A interface gráfica de cada um dos agentes abre automaticamente após terem sido executados.

Descrição da interface gráfica do agente Bolsa:



Figura 8 – Interface gráfica de um agente Bolsa.

Legenda:

- 1 – Lista que permite seleccionar o título do qual vão ser apresentados os dados.
- 2 – Gráfico que apresenta a evolução do valor das acções do título seleccionado.
- 3 – Alguns dados relevantes relativos ao título seleccionado.
- 4 – Botão que permite fechar o agente Bolsa.

Descrição da interface gráfica de um agente Investidor:



Figura 9 – Gráficos que apresentam o desempenho de um agente Investidor.

Legenda:

- 1 – Separadores que permitem seleccionar a forma como se quer ver o estado/desempenho do agente.
- 2 – Gráfico que apresenta a evolução do valor em acções e do capital do agente.
- 3 – Alguns dados relevantes relativos ao estado do agente.
- 4 – Gráfico que mostra a evolução do valor em carteira do agente.
- 5 – Botão que permite fecha o agente Investidor.

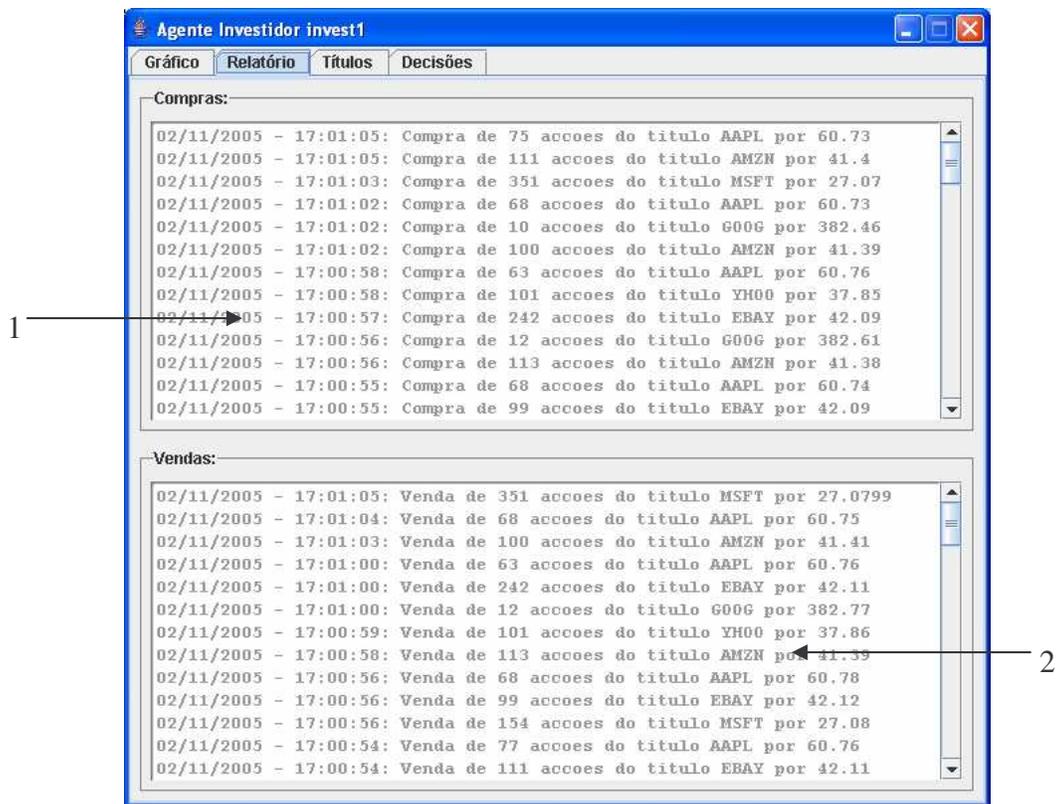


Figura 10 – Relatório de compra e venda de acções efectuadas por um agente Investidor.

Legenda:

- 1 – Lista de compras que o agente efectuou até ao momento (as compras mais recentes encontram-se no topo).
- 2 – Lista de vendas que o agente efectuou até ao momento (as vendas mais recentes encontram-se no topo).

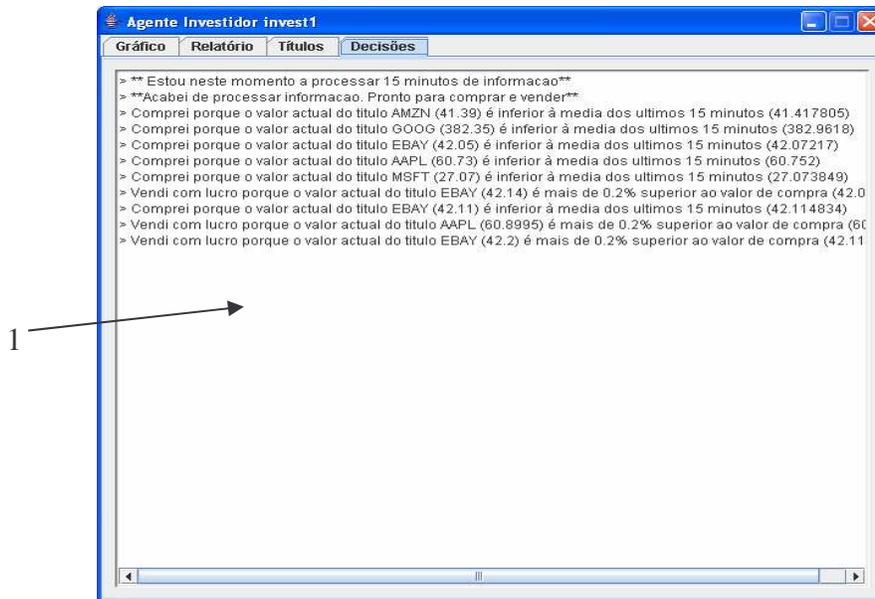


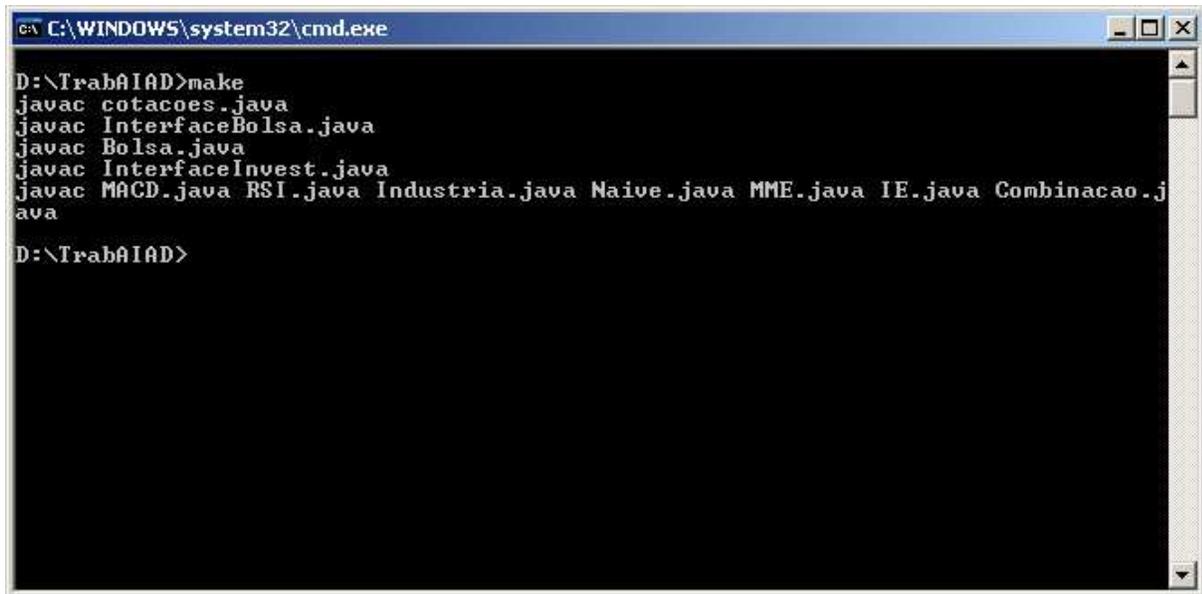
Figura 12 – Relatório de decisões de um agente Investidor.

Legenda:

- 1 – Lista com todas as decisões que o agente Investidor tomou até ao momento (as decisões mais antigas encontram-se no topo).

8.2 Exemplo de uma execução

1. Compilação do programa utilizando a *makefile*:



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
D:\Trabalho>make
javac cotacoes.java
javac InterfaceBolsa.java
javac Bolsa.java
javac InterfaceInvest.java
javac MACD.java RSI.java Industria.java Naive.java MME.java IE.java Combinacao.java
D:\Trabalho>
```

Figura 13 – Execução da makefile na linha de comandos.

2. Execução do agente Bolsa:



Figura 14 – Execução do batch file do agente Bolsa.

3. Execução dos agentes Investidores:

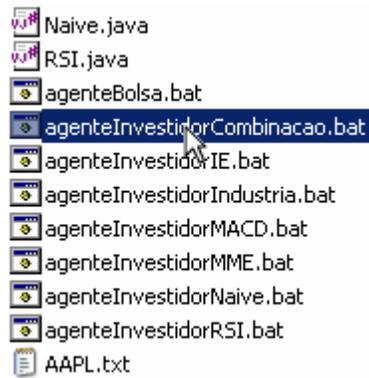


Figura 15 – Execução dos batch files de cada um dos agentes Investidores.

4. Agentes em execução:





Figura 16 - Exemplo de agentes (Bolsa e Investidor) a executar.

5. Terminar os agentes clicando no botão “Fechar agente”, em cada uma das janelas da respectiva interface gráfica.