

6 Agentes investidores

Realizar a criação de estratégias que evitem perdas de investimentos e consigam somente bons lucros, tem sido um dos grandes desafios de empresas do ramo financeiro (ex: Agora, Banif, Kadima, etc). Diversos fatores têm contribuído para tal desafio, como, por exemplo, a instabilidade do mercado financeiro. Levando isso em conta, abaixo são listadas importantes preocupações que devem ser tratadas para criar estratégias competitivas:

- O que comprar ou vender: Torna-se importante analisar todos os ativos para que seja possível escolher quais seriam os melhores para compra ou venda. Uma das análises possíveis para adquirir maior rendimento seria identificar correlações entre os ativos que pudessem oferecer o melhor retorno possível. No entanto, para tal objetivo é necessário analisar cada combinação de ativos.
- Quando comprar ou vender: Descobrir bons momentos de compra e venda também é importante. A principal dificuldade encontra-se em identificar esses momentos por causa do comportamento instável do mercado.
- Quanto comprar ou vender: A importância de diversificar a compra de ativos é importante para reduzir o risco de grandes perdas. Existem diversas formas de distribuir o montante disponível do investidor entre os ativos da bolsa. No entanto, identificar qual seria a melhor forma é um processo custoso e não necessariamente o mais adequado.
- Identificar boas estratégias: Existem diversos estudos sobre análise técnica, que visam à criação de técnicas (modelos estáticos, padrões gráficos, análise de índices financeiros) para identificação de bons momentos de compra e venda de um determinado ativo. Identificar qual o período mais adequado para aplicar tais técnicas é uma difícil tarefa. Por isso testes preliminares são necessários para identificar esses melhores períodos.

Neste capítulo são apresentados alguns agentes investidores com diferentes estratégias de investimento. As principais motivações para criar tais agentes foram as seguintes: (i) avaliar o desempenho de tais agentes nos simuladores criados a partir do FrAMEx (ver capítulo 5) e (ii) avaliar o desempenho na competição de investimento MASSES (ver sub-capítulo 2.7). A descrição dessas análises são apresentadas nas seções 7 e 8.

6.1. Agentes investidores Simples

Alguns agentes criados foram projetados e implementados de forma similar: Poseidon (sub-capítulo 6.1.1), Soros (sub-capítulo 6.1.2), Buffet (sub-capítulo 6.1.3), Tendências (sub-capítulo 6.1.4), Profit (sub-capítulo 6.1.6). Esses agentes foram desenvolvidos na plataforma Java, e aqueles que utilizaram análise técnica foram auxiliados pela biblioteca TALIB (TALIB 2011). Tais agentes dividiram-se em quatro módulos. O primeiro módulo refere-se à coleta e ao envio de informações, ou seja, responsável pela comunicação com o simulador. Este módulo recebe os dados iniciais de cada jogo, coleta os dados do dia corrente, além de informar as ordens de compra e venda para o simulador. O segundo módulo é responsável por aplicar análises a partir dos dados coletados referente aos ativos disponíveis. Já no terceiro e no quarto módulo são feitas, respectivamente, as decisões de compra e venda dos ativos baseados na análise gerada pelo terceiro módulo. A relação entre estes módulos esta representada na Figura 16.

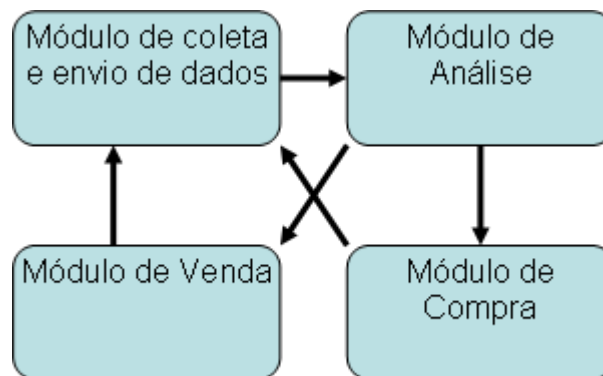


Figura 16 - Relação entre os módulos do agente

6.1.1. Poseidon

O agente Poseidon (Conceição, 2008) utilizou as estratégias médias móveis exponenciais (EMA) e oscilador de preço (PO). Tais estratégias utilizam

análise técnica (Noronha, 1995), abordagem bastante utilizada na bolsa de valores.

Média móvel exponencial é uma média ponderada que utiliza os últimos N períodos (ex: dias, horas, minutos), e atribui maior peso aos dados mais recentes. Tal cálculo é realizado a partir da fórmula 1, apresentado abaixo. Já o oscilador de preço utiliza a diferença entre médias móveis exponenciais de períodos diferenciados para identificar tendências do mercado. Este índice deve ser calculado a partir da fórmula 2, na qual MA (atual, N1) é a média móvel de N1 períodos anteriores, enquanto que MA (atual, N2) é a média móvel de N2 períodos anteriores. Na Figura 17 e na Figura 18 são ilustrados os exemplos dos gráficos são ilustrados, respectivamente, os exemplos dos gráficos oscilador de preços e médias móveis exponenciais do índice BOVESPA.

$$(1) \quad EMA(\text{atual}, N) = ((\text{Preço}(\text{atual}) - EMA(\text{anterior}, N)) * 2 / (1 + N)) + EMA(\text{anterior}, N)$$

$$(2) \quad PO = MA(\text{Preço}(\text{atual}), N1) - MA(\text{atual}, N2)$$

O módulo de Análise do agente Poseidon utilizou a estratégia oscilador de preço com 10 e 30 períodos para realizar a avaliação dos ativos. Após tal análise verifica-se se houve alteração no valor do Oscilador nos últimos dois dias para todos os ativos. Caso perceba-se a partir do Oscilador uma tendência de alta em algum dos ativos, sugere-se a compra de tal ativo, caso contrário, sugere-se sua venda. Em seguida, o módulo de Venda compara os ativos da carteira do investidor com os ativos sugeridos pelo módulo de Análise, para que assim seja confirmada a venda. Tais ordens de venda são emitidas com o montante disponível do ativo em carteira. O módulo de Compra escolhe os quatro ativos com os maiores valores do Oscilador de Preço do dia atual dentre os sugeridos pelo módulo de Análise. A partir disso, 25% do montante disponível são alocados para cada ativo, permitindo que o agente investidor compre o que for possível. Logo, o objetivo principal da estratégia é realizar vendas somente em momentos de forte tendência de queda. Por isso tal estratégia é voltada principalmente para momentos de alta do mercado.

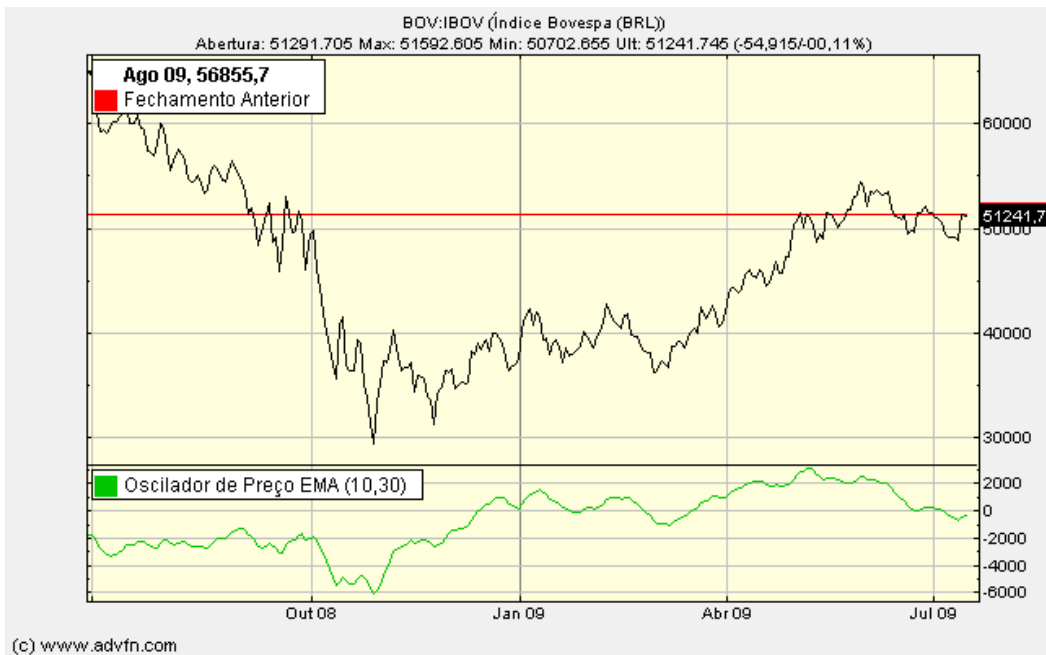


Figura 17 - Oscilador de preços



Figura 18 - médias móveis exponenciais

6.1.2.Soros e Money

Os agentes Soros e Money, assim como o agente Poseidon, também utiliza estratégias de análise técnica. A estratégia usada por tais agentes foi de média móvel simples ou também conhecida como Simple Moving Average (SMA).

Média móvel simples é uma média que utiliza os últimos N períodos para calculo da média. A partir da formula 3 é realizado tal cálculo. Um exemplo de

gráfico de média móvel simples dos preços do índice BOVESPA é ilustrado na Figura 19.

$$(3) \quad SMA(\text{atual}, N) = (\text{Preço}(\text{atual}) + \text{Preço}(\text{atual}-1) + \text{Preço}(\text{atual}-2) + \text{Preço}(\text{atual}-3) \dots + \text{Preço}(\text{atual}-(N-1))) / N$$

Para realizar a avaliação dos ativos no módulo de análise do agente Soros a estratégia de SMA usou 6 períodos. Já o agente Money utilizou 10 períodos. Após tais análises é utilizada a fórmula 4 para determinar os pontos de compra e venda dos ativos. Caso a variação resultante da fórmula for um valor menor que o ativo, então este é sugerido com um ativo para ser vendido. Caso não haja variação, nenhuma sugestão é feita. Mas se a variação for um valor menor do que o ativo, este ativo é sugerido para compra.

Outros pontos a serem considerados na fórmula 4 é que se o valor atual do ativo for abaixo da média, esse número tenderia a ser próximo de zero. No entanto, caso esse valor seja maior que a média, seria um número maior que um. Os ativos indicados para compra são ordenados crescentemente de acordo com a variação. A partir disso, similar ao agente Poseidon, o módulo de Venda faz uma comparação entre os ativos da carteira do investidor com os ativos sugeridos pelo módulo de Análise, para que assim seja confirmada a venda e sejam emitidas as ordens de venda com o montante disponível do ativo em carteira. O módulo de Compra escolhe os cinco primeiros ativos da lista ordenada sugerida pelo módulo de Análise. Como essa ordenação é feita crescentemente, os primeiros ativos escolhidos são aqueles que têm o valor atual abaixo da média. A partir disso, 20% do montante disponível são alocados para cada ativo, permitindo que o agente investidor compre o que for possível.

$$(4) \quad \text{Variacao} = \text{Preço}(\text{atual}) / SMA(\text{atual}, N)$$

Assim, o objetivo principal da estratégia é sempre comprar cinco ativos que possuam preço atual abaixo da média. Já os ativos a serem vendidos (ativos em carteira) serão aqueles que possuem seu valor atual maior do que a média em um determinado período.



Figura 19 - média móveis simples

6.1.3. Buffet

No módulo de análise do agente Buffet, é utilizado médias móveis exponenciais de 6 períodos para realizar a avaliação dos ativos. A formula 5 é utilizada pelo agente para determinar os pontos de compra e venda de cada ativo. Logo se o valor atual do ativo for baixo o resultado da fórmula vai ser próximo de -1 e se o valor atual for alto o resultado será um número positivo. Os ativos são ordenados crescentemente de acordo com a variação, sendo assim, os primeiros da lista serão os que possuem o preço atual baixo. Caso a variação resultante da fórmula for um valor maior que 0, então o ativo é sugerido para ser vendido. Caso a variação seja 0, nenhuma sugestão é feita, e se a variação for menor que 0, este ativo é sugerido para compra. A partir disto, com o mecanismo similar ao dos agentes Poseidon e Soros, o módulo de Venda faz uma comparação entre os ativos da carteira do investidor com os ativos sugeridos pelo módulo de Análise, para que assim sejam emitidas as ordens de venda com o todo o montante disponível do ativo em carteira. Os cinco primeiros ativos da lista ordenada sugerida pelo módulo de Análise são escolhidos pelo módulo de Compra, a partir disso, 20% do montante disponível são alocados para cada ativo, permitindo que o agente investidor compre o que for possível.

$$(5) \text{ Variacao} = (\text{Preço(atual)} / \text{SMA(atual, N)}) - 1$$

Similar ao agentes Soros e Money, o principal objetivo da estratégia do agente Buffet é sempre comprar os cinco ativos que possuem o valor atual abaixo da sua média e realizar a venda dos ativos, que possua em carteira, e que seu preço atual seja maior que a média em um determinado período.

6.1.4.Tendências

O agente Tendências não utiliza nenhuma estratégia de análise técnica em seu processo de avaliação dos ativos. No módulo de análise do agente é feita uma ordenação crescente dos ativos através da variação obtida através da fórmula 6. O módulo de Venda emite ordens de venda com o montante disponível de todos os ativos que o agente possui em carteira. Módulo de Compra escolhe os três primeiros ativos da lista ordenada sugerida pelo módulo de Análise e a partir disso, aproximadamente 33% do montante disponível são alocados para cada ativo, permitindo que o agente investidor compre o que for possível.

$$(6) \quad \text{Variacao} = (\text{Preço(atual)} - \text{Preço(atual - 1)})$$

Resumidamente, o objetivo principal da estratégia do agente Tendências é sempre ter em carteira somente os três ativos que obtiveram os maiores aumentos de preço em relação ao período anterior.

6.1.5.Madoff

No processo de avaliação dos ativos, nenhuma estratégia de análise técnica é utilizada pelo agente Madoff. Este agente utiliza no seu módulo uma estratégia de ordenação crescente dos ativos através da variação obtida através da fórmula 7. O módulo de venda emite ordens de venda com o montante disponível de todos os ativos que o agente possui em carteira. O módulo de Compra escolhe os cinco primeiros ativos da lista ordenada sugerida pelo módulo de Análise. A partir disso, aproximadamente 20% do montante disponível são alocados para cada ativo, permitindo que o agente investidor compre o que for possível.

$$(7) \quad \text{Variacao} = (\text{Preço(atual)} / \text{Preço(atual - 1)})$$

De uma forma básica, o agente Madoff objetiva sempre ter em sua carteira somente os cinco ativos que obtiveram as maiores quedas.

6.1.6.Profit

O agente Profit utiliza o indicador convergência/divergência de médias móveis bastante utilizado em análise técnica e mais conhecido como Moving Average Convergence/Divergence (MACD). Ele tem como característica principal ser um eficiente indicador de tendência de mercado, mas é considerado um pouco demorado para sinalização de pontos de reversão de preços. MACD é gerado subtraindo uma da outra média móvel exponencial com diferentes períodos N1 e N2 como mostrado na fórmula 8.

$$(8) \quad \text{MACD}(N1, N2) = \text{EMA}(\text{atual}, N1) - \text{EMA}(\text{atual}, N2)$$

Uma linha chamada de "Sinal" ou "Trigger" é formada calculando uma média móvel exponencial de N3 períodos dos valores da diferença das médias.

$$(9) \quad \text{Sinal} = \text{EMA}(\text{atual}, N3)$$

A diferença entre o sinal e o MACD é desenhado usualmente sob forma de um histograma, e seu cálculo é dado como na fórmula 10:

$$(10) \quad \text{Histograma} = \text{MACD}(N1, N2) - \text{Sinal}$$

O agente Profit fez uso do Histograma do MACD utilizando 12, 26 e 9 como os valores dos períodos N1, N2 e N3, respectivamente. Um exemplo de gráfico de MACD dos preços do IBOV é ilustrado na Figura 20. Uma lista ordenada crescentemente pelo histograma do MACD dos ativos é gerado pelo módulo de análise do agente. A verificação de compra e venda é feita de acordo com o histograma do MACD. Quando o histograma de um determinado ativo aumenta, tal ativo é indicado para compra. Por outro lado o ativo é indicado para venda, pelos respectivos módulos de Compra e Venda. Da lista de ativos indicados para compra, são escolhidos pelo módulo de Compra os cinco ativos que obtém os maiores aumentos no histograma. O módulo de Venda faz uma

comparação entre os ativos da carteira do investidor com os ativos indicados para venda, para que assim sejam emitidas as ordens de venda com todo o montante disponível do ativo em carteira.

Resumidamente, a estratégia do agente é comprar sempre os cinco ativos que obtêm os maiores aumento no histograma do MACD e vender os que obtêm queda.

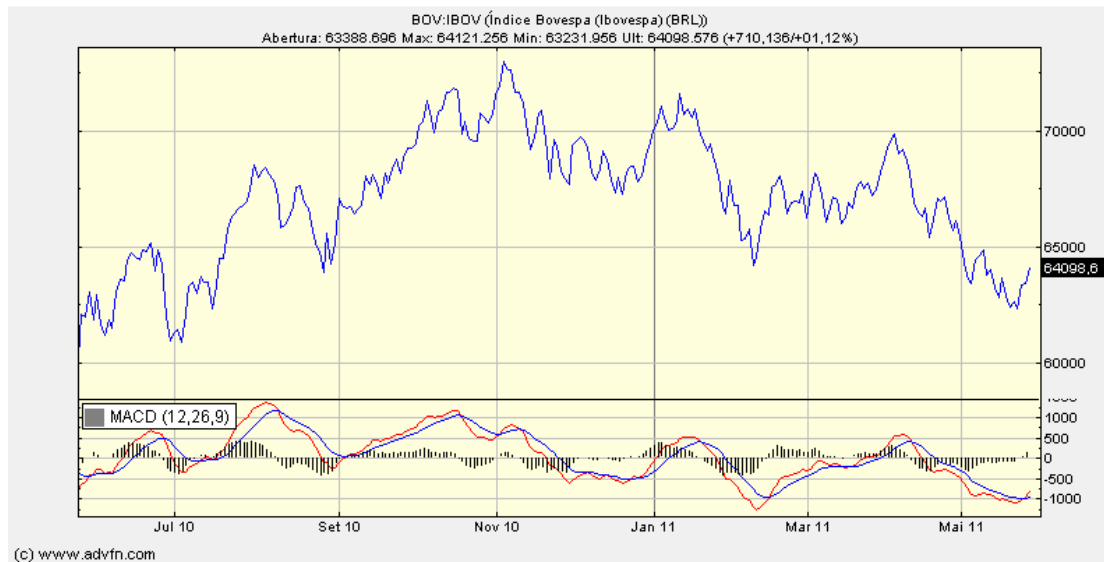


Figura 20 - convergência/divergência de médias móveis

6.2. Agentes investidores Complexos

Neste capítulo são apresentadas algumas abordagens de investimento com maior complexidade do que aquelas apresentadas no capítulo 6.1. No sub-capítulo 6.2.1 é apresentada uma abordagem, no qual, é apresentada uma abordagem em que um sistema multi-agente forma um comitê para avaliar ativos. Já no sub-capítulo 6.2.2 é apresentado um agente investidor que possui a estratégia voltada para operações *intraday* e que utiliza uma técnica de aprendizagem de máquina.

6.2.1. Ápis-IS Comitê

Um comitê chamado “Ápis-IS Comitê”, representado por um sistema multi-agente, foi implementado como uma das abordagens de investimento realizada nesse trabalho. Esse comitê é baseado na estrutura *ensemble* (ver sub-capítulo 2.4) e é composto por um agente Investidor, Coordenador, Avaliador e três agentes Técnicos. Na Figura 21 é ilustrada a relação entre os agentes, e a seguir a descrição de cada agente é apresentada

- **Agentes Técnicos** – Esses agentes são responsáveis por realizar as análises de todos os ativos. Para cada período, tais agentes avaliam se o preço do ativo irá aumentar, diminuir ou permanecer igual no próximo período. Assim, basicamente eles informam ao agente Coordenador se um ativo deve ser comprado, vendido, ou se tal ativo não deve ser negociado. Para essas análises os agentes utilizam análise técnica simples, como médias móveis exponenciais simples e oscilador de preço.
- **Agente Avaliador** – Esse agente acompanha o rendimento de todos os ativos e avalia se a predição feita por um determinado agente para aquele ativo está correta. Desta forma ele atribui pesos para os agentes de acordo com o percentual de acertos em cada ativo. O peso é dado por ativo, ou seja, o mesmo agente Técnico apresenta pesos diferentes de acordo com o ativo que está avaliando.
- **Agente Coordenador** – Responsável por receber as predições feitas pelos agentes Técnicos. Baseado nos pesos que os agentes Técnicos possuem para cada ativo e a decisão tomada por cada agente, o Coordenador decide se o ativo será sinalizado para compra, venda ou indiferente. A partir disso o agente passa para o agente Investidor uma lista dos ativos indicados para compra e os ativos indicados para a venda.
- **Agente Investidor** – Agente responsável por enviar a ordem de compra e venda dos ativos. Esse agente recebe a lista de ativos que foram sinalizados para compra e sinalizados para venda a partir do Coordenador. Após receber tais listas, o agente Investidor escolhe quais ativos deverão ser comprados ou vendidos.

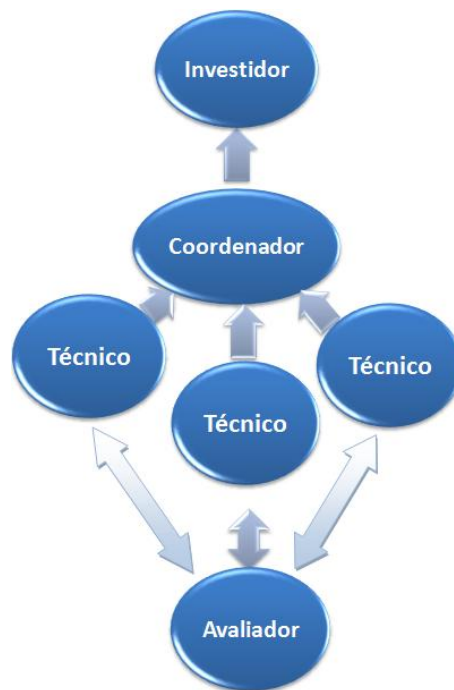


Figura 21 - Arquitetura do comitê

No sub-capítulo 6.2.1.1 será apresentado o conjunto de dados utilizado para treino e teste do agente investidor (corpus). Já no sub-capítulo 6.2.1.2 é apresentada a estratégia utilizada por tal agente.

6.2.1.1. Corpus

O conjunto de dados históricos utilizado para treino e teste do agente contém ativos negociados na BM&FBOVESPA. Tais dados apresentam o fechamento, abertura, máxima, mínima dos preços, volume financeiro e volume de negociados das ações, em intervalos de um dia, no período de 24 de junho de 2002 a 17 de maio de 2008.

6.2.1.2. Estratégia

Inicialmente os agentes Técnicos que faziam parte do comitê foram formados por dez agentes que utilizam as seguintes ferramentas de análises técnicas: (i) Oscilador de Preço com 7 e 14 períodos, (ii) Oscilador de Preço com 14 e 21 períodos, (iii) Oscilador de Preço com 21 e 28 períodos, (iv) Médias móveis simples de 6 períodos, (v) Médias móveis simples de 10 períodos, (vi) Médias móveis simples de 20 períodos, (vii) Médias Móveis Exponenciais de 6 períodos, (viii) Médias Móveis Exponenciais de 10 períodos, e (x) Médias Móveis

Exponenciais de 20 períodos. Após alguns testes realizados o comitê foi configurado com os agentes ii, iii e v.

Os agentes Técnicos são inicializados com peso equivalente a zero para todos os ativos. Para cada período o agente Avaliador atualiza os pesos dos agentes para todos os ativos. Essa atualização é feita levando em conta o índice de acertos de previsão que o agente Técnico obteve para cada ativo. Este índice é calculado através da média de acertos que o agente teve nos últimos 10 períodos para o ativo relacionado. Essa média determina o peso que o agente Técnico possui para um determinado ativo.

Já o agente Coordenador solicita aos agentes Técnicos uma predição sobre cada ativos. Ao receber uma predição de compra, venda ou se o ativo não deve ser negociado, o Coordenador contabiliza essa predição a fim de saber qual foi à predição mais votada. A contagem da predição é feita levando em conta o peso que o agente Investidor possui para aquele ativo. Por exemplo, se um agente possui peso **1** e o outro agente possui peso **2** para o mesmo ativo e esses agentes predizem venda para tal ativo, a contagem de predições de venda para o ativo no período em questão será de **3**. Ou seja, a contagem é feita de forma ponderada. Após receber as predições de todos os agentes sobre um determinado ativo o Coordenador envia ao agente Investidor uma lista de ativos que obtiveram um somatório maior das predições para compra e outra lista de ativos que tiveram uma predição maior para vendas. Os outros ativos são ignorados.

O agente Investidor ao receber as duas listas de ativos a partir do agente Coordenador, verifica se possui em carteira algum dos ativos que foram passados na lista de venda. Caso possua algum dos ativos, ele emite uma ordem de venda. O agente Investidor seleciona da lista passada para compra, os dez ativos que tiveram as contagens de predição de compra mais altas. Isso é feito para que em seguida seja emitida uma ordem de compra desses ativos. Caso o número de ativos para compra seja menor do que 10, ele seleciona todos os ativos da lista.

6.2.2. Ápis-IS Intra

Neste sub-capítulo é apresentado um agente chamado “Ápis-IS Intra”. Tal agente utiliza o preditor SVM na sua estratégia de investimento, com o algoritmo LibSVM (LibSVM, 2011) oferecido pelo WEKA (ver capítulo 2.5).

O objetivo desse agente é prever sinais de compra e venda em uma série temporal financeira do ativo PTR4 (ação da empresa Petrobras). Isto pode ser formalizado do seguinte modo: dado um ponto do tempo t e um conjunto de dados $L_t = \{p_t, p_{t-1}, p_{t-2}, p_{t-3}, \dots\}$, no qual p_t é preço de uma determinada ação no tempo t , determinar s_t como a regra de decisão no tempo t e que só pode assumir um dos valores do conjunto $\{-1, 1\}$. Aonde $s_t = 1$ indica um sinal de compra desta ação e $s_t = -1$ indica um sinal de venda. É utilizado o modelo de classificação $\Phi 1(l_t)$ para gerar a regra s_t . O modelo retorna 1 quando $p_{t+1} < p_t$ e retorna -1 caso $p_{t+1} > p_t$. Basicamente ele pretende determinar os momentos mais propícios para compra e venda desse ativo.

Inicialmente no sub-capítulo 6.2.2.1 é apresentado o conjunto de dados utilizado para treino e teste (corpus) do agente “Ápis-IS Intra”. Já na 6.2.2.2 é apresentado o conjunto de informações que tal agente utiliza como entrada de seu algoritmo de predição (*feature*). Finalmente no sub-capítulo 6.2.2.3 é apresentado a estratégia utilizada por tal agente.

6.2.2.1. Corpus

O conjunto de dados históricos utilizado contém 343 dias de negociações dos 30 ativos mais negociados na BM&FBOVESPA. Esses dados apresentam o fechamento, abertura, máxima, mínima dos preços, volume financeiros e volume de negociados das ações em intervalos de 1 minuto no período de 18 de setembro de 2008 até 14 de maio de 2010.

Cerca de 85% desse conjunto de dados foi utilizado para o treino e validação do agente, mantendo os últimos 50 dias para os experimentos finais. Assim, o período de teste ficou entre 4 de março de 2010 e 14 de maio de 2010.

6.2.2.2. Features

As *features* utilizadas na construção deste agente foram: preços de abertura e fechamento, máximas e mínimas e média dos preços ao longo do dia, de cinco dias anteriores ao dado. Além de informações referente a hora do dia em que ocorreram a máxima e mínima, a hora atual e também informações sobre o dez períodos passados ao do dado.

6.2.2.3.Estratégia

A estratégia deste agente é seguir fielmente as indicações de seu preditor. Se a indicação for de compra, o agente aloca todo o montante disponível para comprar o ativo. Caso a indicação seja de venda e o agente possua o ativo em carteira, o agente vende o ativo em sua totalidade (o que tiver em carteira).

O treino do algoritmo utilizado pelo agente é feito utilizando os dados históricos dos últimos 30 dias de negociação. Esse treinamento é feito uma vez ao iniciar a simulação e ao final de cada dia de operação. A idéia é deixar o algoritmo sempre atualizado.