

## 2 Trabalhos Relacionados

Neste capítulo são apresentados os trabalhos: (i) Agent Reputation and Trust Testbed (ART-Testbed) [3] [4]; (ii) Agente ZeCariocaLES [10]; (iii) Trading Agent Competition (TAC) [1] [2]; (iv) Automated Trading Championship [8]; (v) Multi Agent Decision Support System for Stock Trading (MASST) [20] e (vi) TrAgent [19]. Os três primeiros são competições internacionais que serviram de motivação para o trabalho proposto. O primeiro deles é referente à competição ART-Testbed, cuja abordagem é de que agentes de software realizam negociações entre eles, considerando o conceito de reputação. Em seguida, o segundo trabalho apresenta o agente de software desenvolvido para a competição ART-Testbed apresentada no primeiro trabalho relacionado. Já o terceiro trabalho é sobre outra competição na área de sistemas multi-agentes, Trading Agent Competition, que procura promover e encorajar a pesquisa na área de negociação (trading). O quarto trabalho se refere a uma competição sobre bolsa de valores, que não é baseada em agentes de software. Os dois últimos trabalhos são referentes a dois sistemas de multi-agentes aplicados no domínio mercado de valores.

### 2.1. Agent Reputation Trust Testbed (ART-Testbed)

A competição ART-Testbed [3] [4] [5] [6], já em sua terceira edição e realizada no AAMAS'08, foi criada com o intuito de definir um ambiente de testes para agentes de software que utilizam o conceito de reputação. Através da simulação de um ambiente de negócio onde clientes compram avaliações sobre pinturas, cada agente participante do jogo é um provedor do serviço (avaliador de pintura) responsável por vender suas opiniões quando requisitado.

Cada pintura possui uma “era” específica, isto é, uma categoria na qual se enquadra para avaliação. No início de cada jogo, os avaliadores recebem de forma randômica os graus de conhecimento para cada “era”. Durante os jogos estes graus podem mudar, sendo assim atribuídos novos valores. Como em certas

situações um avaliador pode receber pinturas pertencentes a determinadas “eras” sobre as quais ele não possui um grau de conhecimento muito satisfatório, o mesmo pode interagir com os outros avaliadores presentes no jogo para aprimorar sua avaliação tornando-a, assim, mais precisa. No entanto, quando um agente provê uma informação a partir de uma requisição realizada por algum outro agente competidor, não necessariamente a resposta fornecida será confiável e útil para o solicitador da informação.

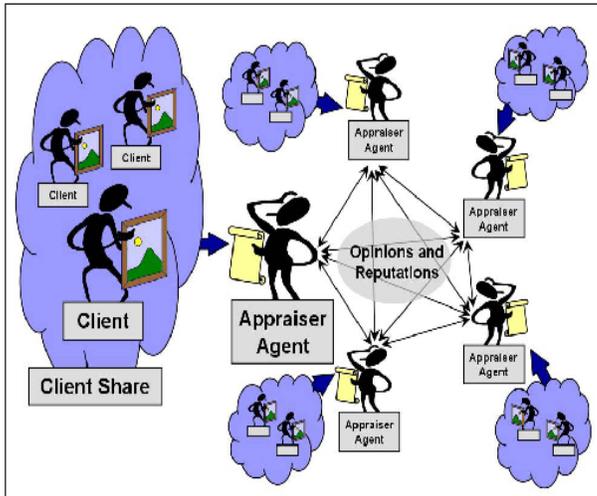


Figura 1 - Modelo conceitual da competição ART Testbed. [3]

Em 2007, uma equipe formada no Laboratório de Engenharia de Software da PUC-Rio participou da competição e conseguiu um bom desempenho com o agente desenvolvido [10]. No entanto, algumas críticas sobre a competição foram levantadas, em especial a escolha do domínio de pinturas para representar os conceitos de reputação baseado em agentes, já que há uma grande dificuldade em aplicar na indústria as estratégias propostas pelos competidores. A partir disso, a equipe decidiu criar uma competição que pudesse: (i) ter maior aplicabilidade na indústria, (ii) ser baseada em agentes e (iii) que pudesse representar o conceito reputação. Dessa forma, a competição Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation foi criada.

## 2.2. Agente ZeCariocaLES

O agente ZeCariocaLES [10] foi desenvolvido pela equipe do Laboratório de Engenharia de Software (LES) da PUC-RIO, durante a disciplina Sistemas de

Multi-Agentes, para a competição internacional Agent Reputation and Trust (ART) Testbed Competition mencionada acima. A equipe era formada por três alunos de mestrado, orientados pelo professor Carlos J. P. de Lucena, e tinha como objetivo construir um agente que implementasse estratégias baseadas em técnicas de inteligência artificial e engenharia de software, para negociar obras de arte em um simulador oferecido pela organização da competição.

Os principais desafios encontrados foram: (i) detectar quando um agente estava mentindo na solicitação de conhecimento na “era”, na solicitação de opinião de avaliação e na solicitação de reputação de outros agentes; (ii) determinar agentes honestos que não possuíam o conhecimento desejado; (iii) detectar mudanças de estratégia e/ou conhecimentos em ERAs alterados pelo simulador; (iv) definir quais os pesos e as confianças que deveriam ser utilizados na avaliação das obras de arte.

Para implementar as estratégias que renderam a quinta colocação na competição, o agente ZeCariocaLes foi dividido em três módulos distintos. O primeiro módulo é denominado Zé Carioca (Controlador), sendo responsável pela implementação do agente para a competição, ou seja, é o módulo responsável por toda a troca de mensagens com o simulador da competição, por alimentar o módulo estatístico e consultar o módulo de decisão para fornecer as avaliações solicitadas pelos clientes implementados no simulador. O segundo é o módulo estatístico, que é responsável por armazenar todas as transações de conhecimentos nas “eras”, opiniões e reputações requisitadas efetuadas pelo módulo controlador. Também é responsável pela consolidação das informações, utilizando técnicas estatísticas como médias aritméticas e desvio padrão para identificar o percentual de confiança nos demais agentes da competição. O último é o módulo de decisão, responsável por manipular as informações obtidas através do módulo estatístico e definir as ações e pesos que devem ser utilizados para avaliar pinturas, retornar informações referentes aos conhecimentos, reputações e avaliações solicitadas por outros agentes competidores.

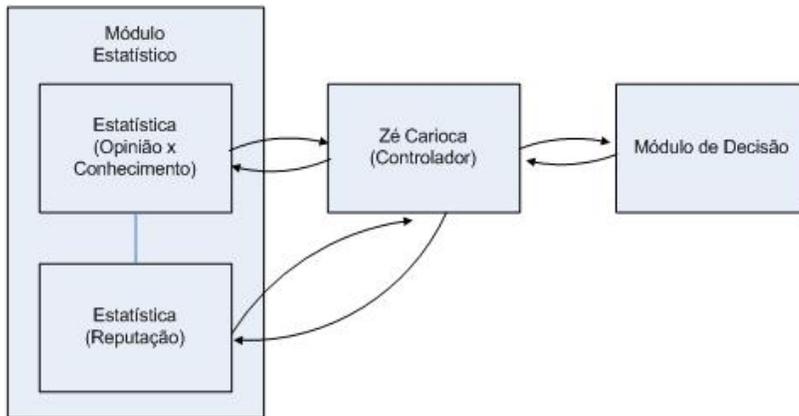


Figura 2 - Modelo Conceitual ZeCariocaLES. [10]

### 2.3. Trading Agent Competition (TAC)

Diferentemente do ART-Testbed mencionado na subseção anterior, o TAC é uma competição do AAMAS em que o domínio é fortemente relacionado com a indústria. Atualmente, em sua sétima edição, é considerada um fórum internacional que visa promover e encorajar a pesquisa em domínios de compra e venda baseados em agentes de software.

O TAC [1] [2] divide-se em duas competições: TAC classic e TAC SCM. A primeira competição determina que cada agente competidor seja um agente de viagem, cujo objetivo é vender pacotes de viagem para clientes de diferentes perfis e comportamentos. O objetivo final de cada agente é maximizar a satisfação total dos seus clientes.

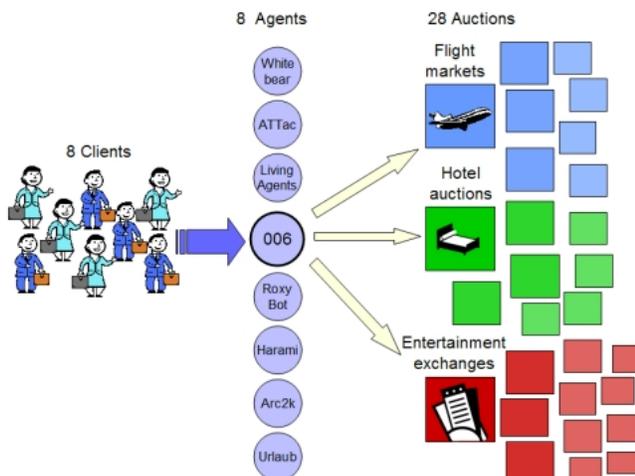


Figura 3 - Modelo Conceitual TAC Classic. [1]

Já a competição TAC SCM é designada para capturar muitos dos desafios envolvidos em cadeias de fornecimento. O jogo consiste em agentes, que desempenham o papel de fornecedores e são responsáveis por construir computadores pessoais, compostos por diferentes componentes, para que a seguir possam ser vendidos para clientes. Aquele que obtiver o maior montante de dinheiro ao final do jogo é o vencedor.

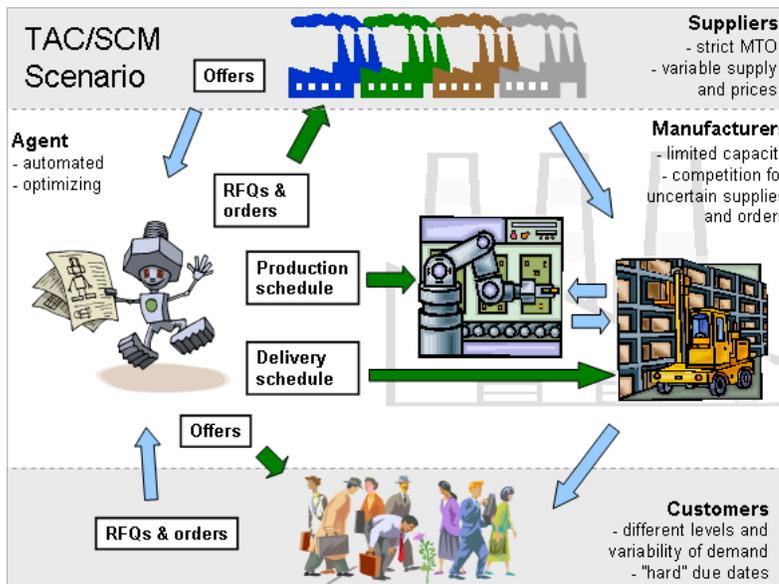


Figura 4 - Modelo Conceitual TAC SCM. [1]

O TAC é um exemplo de competição que integra o conceito de agentes de software com domínios aplicáveis na indústria. Como a competição é um exemplo de sucesso na área de sistemas multi-agentes, o MASSES procura seguir a mesma linha e ser outro motivador para pesquisadores da área.

## 2.4. Automated Trading Championship

Esta é uma competição sobre bolsa de valores, não baseada no conceito de agentes, que possui como principal objetivo popularizar negociações automatizadas e a linguagem de programação MetaQuotes Language 4 (MQL 4) [8]. Essa linguagem permite a criação do seu próprio Recomendador Especialista (Expert Advisor), que realiza o gerenciamento de negociações de forma automatizada e é capaz de implementar diferentes tipos de estratégia.

Assim como nas duas primeiras versões da competição, em 2006 e 2007, em 2008 diversos Expert Advisors poderão negociar uns com os outros visando ganhar o máximo de dinheiro. O ambiente de simulação permite o acompanhamento de diferentes sistemas de negociação, comportando-se em condições reais de mercado, além de permitir distinguir quais estratégias e táticas são eficientes para as situações apresentadas.

Assim como o Automated Trading Championship, o MASSES também retrata seus jogos de maneira realista, ou seja, permite que as estratégias definidas por agentes de software possam ser reutilizadas no mundo real. Enquanto o trabalho relacionado segue as regras definidas pelo mercado Forex [13], o MASSES segue as regras brasileiras estipuladas pela CVM (Ministério da Fazenda 2008) para retratar o mercado brasileiro na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA).

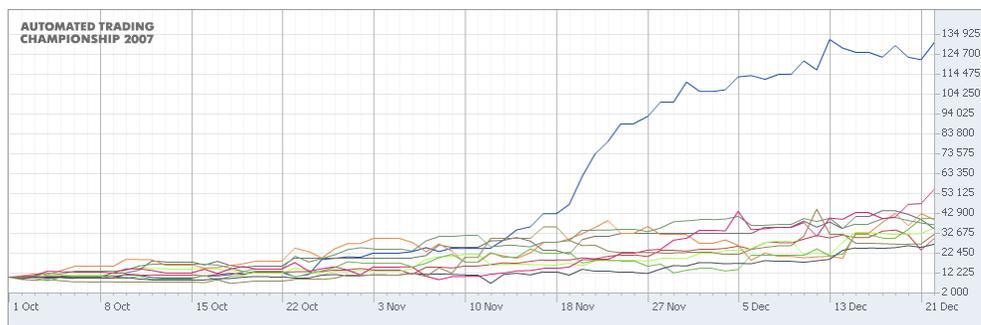


Figura 5 - Resultado da competição de 2007. [8]

No Automated Trading Championship, os competidores não interagem entre si e o resultado da competição se baseia nos resultados individuais obtidos pelos mesmos. Baseando-se no conceito de ESSMA, o MASSES propõe um ambiente onde agentes competem entre si, interagindo com outros agentes que representam as corretoras de valores. Através dessas interações, pode-se utilizar técnicas de reasoning, learning, confiança e reputação para alcançar os resultados esperados.

## 2.5.

### MASST - Multi Agent Decision Support System for Stock Trading

Um trabalho de pesquisa desenvolvido em conjunto entre as universidades de Staffordshire e Hull no Reino Unido, o MASST (Multi-Agent System for Stock Trading) [20] é um sistema de multi-agentes distribuído, que visa resolver

problemas de suporte à decisão, ligados principalmente ao mercado de valores e troca de ações através de troca de informação e de conhecimento entre agentes cooperativos.

Apesar do foco do trabalho ser o domínio de compra e venda de ações, o MASST é baseado em um framework de soluções que pode ser estendido para outros domínios de aplicação de comportamento dinâmico.

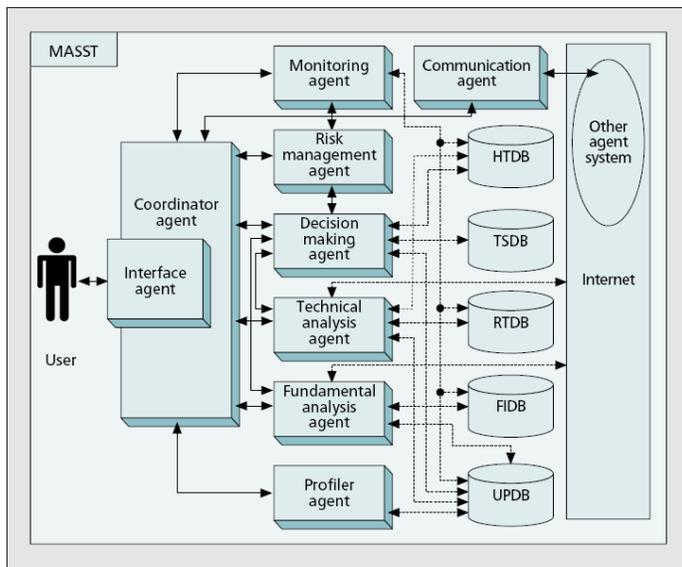


Figura 6 – MASST Framework. [20]

Conforme descrito na figura acima o MASST é composto pelos seguintes componentes:

- Interface Agent (IA): é um agente reativo que faz a comunicação com o usuário (investidor) e passa todas as requisições para o Coordinator Agent;
- Coordinator Agent (CA): é um agente cognitivo que recebe todas as solicitações dos IAs e as distribui entre os outros agentes. As tarefas são planejadas e divididas entre os diversos agentes, de acordo com perfil do usuário, que é armazenado no banco de dados UPDB (User Profile Database);
- Profiler Agent (PA): é o responsável por monitorar as requisições do IA ao CA para gerar, de maneira automática, os perfis do usuário que alimentam o banco de dados UPDB;

- Monitor Agent (MA): é o responsável por monitorar todas as informações referentes às ações dos investidores;
- Communication Agent: é o responsável pela comunicação com outros agentes e/ou sistemas desenvolvidos por terceiros;
- Risk Management Agent (RMA): é o responsável por analisar todas as transações efetuadas pelos investidores, informando o risco de cada uma delas;
- Technical Analysis Agent (TAA): é o responsável por buscar na internet as informações sobre as transações de compra e venda de ações e armazená-las no banco de dados HTDB (History Trading Database) e RTDB (Real-time Trading Database);
- Fundamental Analyses Agent (FAA): é o responsável por buscar na internet as informações referentes ao desempenho econômico das empresas, independente do seu desempenho no mercado de valores. Todas as informações recolhidas são armazenadas no FIDB (Fundamental Information Database);
- Decision Making Agent (DMA): é o responsável por consultar o TAA e o FAA para decidir ações de que empresas devem ser vendidas ou compradas.

Apesar da implementação do framework e do MASST ter sido parcial, experimentações puderam ser realizadas e os resultados foram satisfatórios para comprovar a eficácia e eficiência do framework proposto.



Figura 7 - Resultados do MASST. [20]

Os gráficos mostram que o sistema consegue informar os pontos de compra e venda de ações para as empresas dos portfólios dos clientes.

## 2.6. TrAgent (Trading Agent)

O TrAgent [19] é um sistema de multi-agentes (Figura 8) para negociação de ações, desenvolvido em conjunto pelas universidades Carbondale e George Manson, nos EUA. O TrAgent, que foi desenvolvido visando atender às características de negociação da NYSE (bolsa de valores de Nova Iorque), contempla todo o processo de negociação de ações, desde as solicitações de compra e venda de ações executadas pelo investidor até a efetivação das mesmas, efetuada pelo operador da bolsa. A inteligência dos agentes é implementada através de Fuzzy Expert Systems (FES), para avaliar as melhores opções e empresas para negócio, principalmente para os agentes representantes das corretoras de valores.

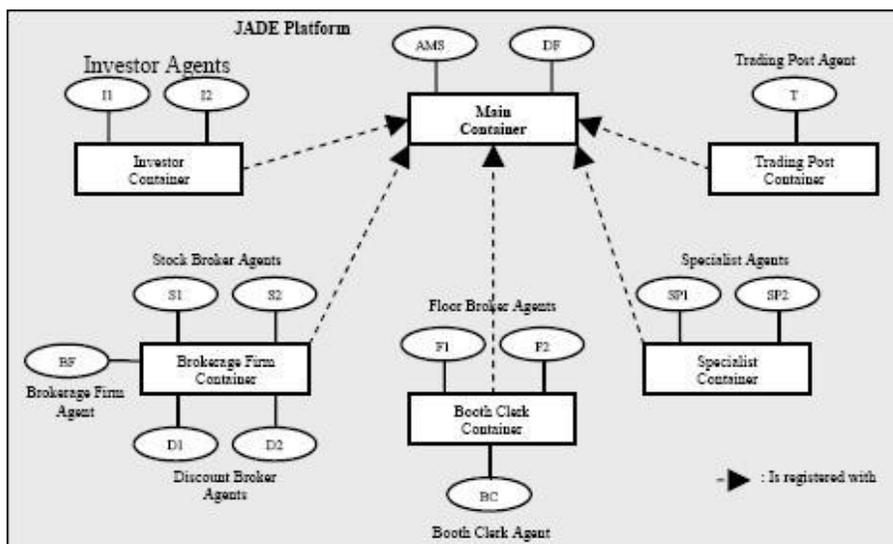


Figura 8 – Modelo do TrAgent utilizando plataforma Jade<sup>1</sup>. [19]

<sup>1</sup> JADE (Java Agent Development Framework) é um framework totalmente desenvolvido em JAVA, que simplifica a implementação de sistemas de multi-agentes através de uma interface intermediária desenvolvida de acordo com as especificações da FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents). [25] [26]

O TrAgent implementa um sistema de multi-agentes móvel e, portanto, distribuído. Conforme descrito na figura acima o TrAgent é composto pelos seguintes componentes:

- Agent Management System (AMS): é o agente responsável por controlar todo o sistema, através da implementação de todos os protocolos de troca de mensagens entre os agentes;
- Directory Facilitator (DF): é o agente responsável por fornecer os dados dos agentes registrados mediante solicitação de outros agentes, através de um serviço de “páginas amarelas”;
- Trading Post Agents (TPA): são os agentes responsáveis por manter a base de dados de ações e fornecer informações para os agentes especialistas e representantes das corretoras de valores;
- Investors Agents (IA): são os agentes que atuam em nome dos investidores; são responsáveis por disparar as solicitações de compra e venda de ações, além de solicitar análises financeiras de determinadas empresas aos agentes referentes às corretoras de valores (Stock Broker Agents). Os agentes investidores são agentes reativos, ou seja, fazem apenas a interface com o investidor humano; toda a decisão de compra e venda de ações é executada pelo investidor humano;
- Stock Broker Agents (SBA): são os agentes que agem em nome das corretoras de valores, sendo responsáveis por executar as solicitações de compra e venda de ações feitas pelos agentes investidores (IA). A corretora de valores (SBA) também é responsável por retornar para os agentes investidores a lista de empresas com maior rentabilidade para que eles decidam se desejam ou não comprar ações destas empresas, utilizando técnicas de reasoning, como Fuzzy Expert Systems [21], que definem se as ações de uma empresa são insatisfatórias, médias, satisfatórias ou muito satisfatórias, através de uma série de indicadores de rentabilidade;
- Floor Broker Agents (FBA): são os agentes que atuam em nome dos operadores da bolsa de valores, sendo responsáveis por executar as

requisições de compra e venda de ações solicitadas pelos agentes investidores (IA) através das corretoras de valores (SBA);

- Specialyst Agents SA: são os agentes responsáveis por analisar as solicitações de compra e venda de ações emitidas pelos operadores da bolsa de valores (FBA) e emitir um parecer confirmando ou negando as operações solicitadas.

O TrAgent não apresenta nenhuma comparação com outras abordagens de sistemas de multi-agentes nem com qualquer outro sistema que utilize o domínio de aplicação referente ao mercado de valores. Sendo assim, é possível apenas concluir que a estratégia móvel (distribuída), utilizando conceitos de inteligência artificial, pode ser um assunto para futuros trabalhos e contribuições acadêmicas.