

Considerações cognitivas nas técnicas de previsão no mercado financeiro

Bruno Melo, *Universidade Estadual de Campinas*

Abstract — Market moves represented a big challenge for any researcher not only in academy, but also in business. This article is a survey of main techniques developed during last years, and also makes an analysis about some researches in the area. Then, it proposes a different approach to work with forecasting based in artificial and augmented intelligence, cognitive architecture and also collective intelligence.

Index Terms — Artificial and collective intelligence, augmented intelligence, cognitive architecture, financial forecasting.

I. INTRODUÇÃO

ESTE artigo aborda um problema que há muitos anos é objeto de estudo no meio acadêmico e no ambiente corporativo: a previsão dos movimentos de mercados financeiros. Inicialmente faremos uma revisão e avaliação das técnicas utilizadas e suas variações até os dias de hoje. Em seguida abordaremos sugestões de novos *approaches* que podem ser explorados e novas arquiteturas que representam um grande potencial de inovação utilizando-se conceitos da cognição artificial, da inteligência aumentada e da inteligência coletiva.

Os movimentos dos preços de mercado são gerados por um complexo equilíbrio de forças contrárias, isto é, entre compradores e vendedores. Essas forças resultam de decisões de compra e venda de empresas, variações na relação oferta e demanda (produção e consumo) de produtos (agrícolas, metais e outros), situação econômica de governos (capacidade de endividamento internacional, gestão governamental, ameaças de calote público e crises de confiança, entre outros), e vários outros fatores. Isso torna a descrição das relações de mercado, na forma de um sistema matemático, uma atividade extremamente difícil, para não dizer impossível.

Na impossibilidade de uma descrição formal e completa destas relações, e conseqüentemente das variações, surgiu uma crescente área de pesquisa para a descrição de modelos que de alguma forma pudessem prever o comportamento dos mercados. Em especial na computação, com os métodos advindos da inteligência artificial e potencializados com as técnicas de aprendizado de máquina, pesquisadores encontraram uma difícil missão a começar pela previsão e com anseios de obter sistemas computadorizados de compra e venda em mercados, que atuariam sem intervenção humana.

Entender a importância desta área é simples a partir de um

dos pilares do capitalismo: a relação risco *versus* retorno de investimento. Investimentos de baixo risco, como os papéis da dívida pública, representam uma menor taxa de retorno. Em bolsas de valores, a oportunidade de retorno sobre investimento é muito maior, porém a chance de uma variação brusca também é proporcional, portanto, indica um alto risco.

Em investimentos de alto risco, um monitoramento ativo e constante é necessário por causa da possibilidade de variações bruscas. Essas variações, se resultarem em perdas, devem ser evitadas, ou seja, deve-se sair do mercado antes da perda. Se resultarem em oportunidades de ganho, devem ser exploradas. A capacidade de previsão do estado seguinte está diretamente ligada a compreender um passo adiante o comportamento do mercado visando explorar as oportunidades e evitar as perdas.

Com a popularização das bolsas de valores (e de mercados futuros), a posterior automatização delas, a globalização dos mercados e o crescimento da internet, criou-se um ambiente propício para pesquisa e desenvolvimento de sistemas de aquisição, organização, processamento e operação nestes mercados.

Ao mesmo tempo, pesquisadores argumentavam sobre a real validade de prever o comportamento de mercado. Como as previsões são feitas a partir de dados históricos, e esses dados históricos não garantem nenhuma relação com o comportamento futuro, então os esforços não seriam justificáveis. Adicionalmente, existe a natureza imprevisível do mercado, pois as operações são baseadas em decisões de players do mercado aos quais são temos acesso.

Mas, sabemos também que existem características cíclicas nos movimentos dos preços, correlações entre preços de diferentes mercados e produtos, e outros dados como movimentações atrasadas resultantes de percepções de mercado como análise de notícias sobre empresas, decisões governamentais e relatórios financeiros ao redor do mundo.

Portanto, apesar do intrínseco caráter imprevisível do mercado, é possível sim prever alguns movimentos em uma janela de tempo (movimentações atrasadas) e cenários representativos (movimentações cíclicas) [1].

A capacidade de obtenção de dados e processamento dos computadores supera facilmente a capacidade de nós, seres humanos que os criaram, ainda mais pelo fato de vários dos dados estarem à disposição na internet e muitos sem custo. Baseado neste fato, diversas técnicas de inteligência artificial e aprendizado de máquina foram empregadas para avaliar curvas, números, notícias e outras entradas a fim de prever as

próximas cotações. Vamos estudar as principais existentes, avaliá-las e debater sobre possíveis novos horizontes na área.

II. TÉCNICAS

A. Redes neurais

As redes neurais (ANNs) já se mostraram uma ferramenta poderosa no aprendizado de máquina, especialmente em categorização e clusterização. Elas foram e ainda são largamente utilizadas em diversas áreas de aplicação: nas corporações, na indústria e na ciência. A idéia de utilizar ANNs para previsão de séries temporais não é nova, e sua primeira aplicação data de 1964 [2].

Uma recente aplicação feita por Wang et al utilizou um modelo híbrido chamado de *Wavelet De-noising-based back propagation* para previsão de índices de ações. Em resumo, eles separam os dados de entrada em múltiplas camadas por uma transformada *wavelet*, em que cada camada tem uma alta e uma baixa frequência. Em seguida, aplicam a conhecida rede neural com *back propagation* nos sinais de baixa frequência. Seus resultados foram testados com dados de 1993 até 2009 [3].

Sabe-se que as ANNs são robustas a ruídos e isso é um ponto muito forte, como declarado pelos autores, porém seu ponto fraco é que não lida de modo adequado com informações que não sejam números, deixando interessantes fontes de informação sem utilização, por exemplo, *RSS* de informações. Em especial neste trabalho, os testes foram feitos com dados fora do funcionamento diário, que valida o trabalho, mas deixa dúvidas quanto aos resultados em operação real.

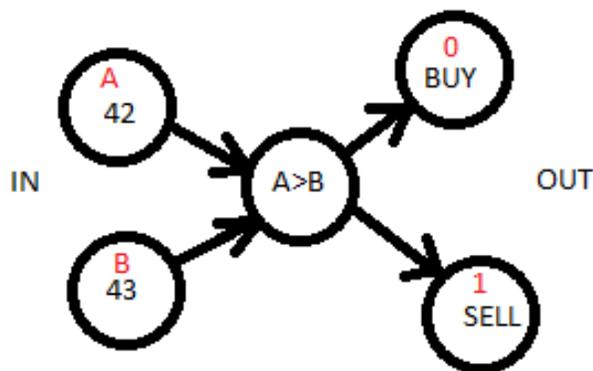


Fig. 1. Simple ANN para exemplificar

B. Modelagem de componentes

Outra técnica interessante apresentada por outros autores foi a de decompor a informação em outras componentes e realizar a previsão de cada uma separadamente. Os autores sugerem a previsão da taxa de retorno de mercado a partir das componentes: pagamento de dividendos, taxa de crescimento dos ganhos e taxa de crescimento da relação preço *versus* ganhos [4].

Observa-se que o *approach* é muito interessante, uma vez

que os autores aplicam técnicas diferentes de previsão em cada componente. Infelizmente, a técnica ainda tem as mesmas restrições que as ANNs, ou seja, basear-se somente na avaliação numérica, apesar da vantagem de podermos especializar cada um dos três sistemas de previsão seguindo as nuances do domínio onde cada um opera.

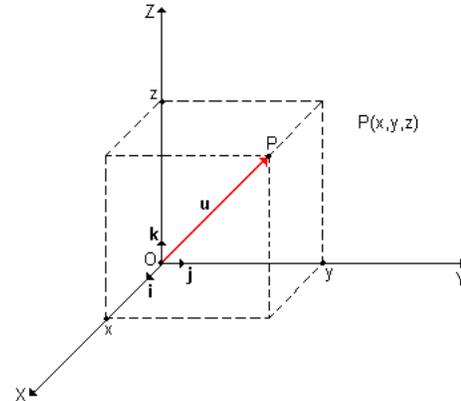


Fig. 2. Conceito vetorial dos componentes e da resultante

C. Especialista, agentes e multi-agentes

Os sistemas especialistas apareceram como objeto de estudo há muitos anos atrás, e já representaram o auge da inteligência artificial em anos anteriores. Hoje, ainda são usados, mas em conjunto com técnicas mais novas, como estudadas por Barbosa & Belo em um artigo. Nele, o sistema especialista é responsável por codificar o conhecimento de domínio (como estratégias de negociação conhecidas) e ele foi criado baseado em regras [5]. Uma regra, por exemplo, é impedir que o sistema abra posições nos últimos 15 dias de negociação em futuros, que representa um grande perigo de liquidez.

Os mesmos autores usaram, no artigo mencionado, um sistema multi-agentes em que cada agente tinha um perfil de investimento e obedeciam a uma configuração do sistema especialista. Todo agente contava com um módulo de intuição (previsão), um de avaliação de desempenho e um de conhecimento de domínio.

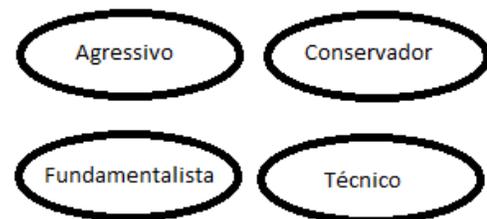


Fig. 3. Alguns perfis possíveis do sistema multi-agentes

Este artigo de Barbosa & Belo criaram duas idéias muito interessantes e fortes. Primeira, a idéia de multi-agentes que melhor representam a heterogeneidade de maneiras e técnicas de investimento, uma evolução ao conceito anterior de componentes. Segunda, a idéia de sistema especialista que evitar grandes dores de cabeça ao configurar casos em que o

sistema não deve operar por melhor que os modelos digam que o cenário é favorável.

Mas, suas principais fraquezas são as mesmas idéias. Com o sistema multi-agentes apresentado, os “bons” negociadores foram penalizados pelos “maus” negociadores, o que nos leva a sensação de que um sistema de ponderação mais elaborado seria interessante. Adicionalmente, a existência de um sistema especialista requer a dedicação de um profissional para alimentar as regras que regem o sistema, o que é pouco prático, principalmente para manutenção.

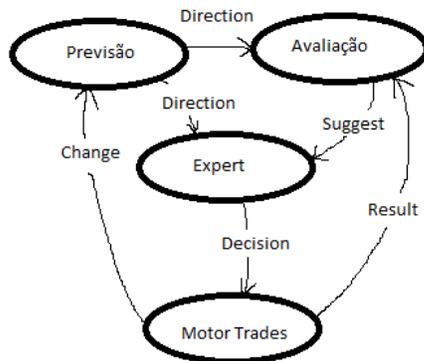


Fig. 4. Arquitetura de cada agente de Barbosa & Belo

Uma forte limitação neste trabalho, e em tantos outros, é a dúvida quanto a sua operação no mercado atual, operando com dados recentes, e a sua incapacidade de lidar com as oscilações durante o dia.

D. Análise textual

Mittermayer descreveu o NewsCATS, um sistema implementado para prever as mudanças nos preços de ações imediatamente após a publicação de notícias (v). Ele resume o sistema em três módulos: (a) captura de notícias através de técnicas de processamento de texto, (b) organização das notícias dentro de categorias pré-definidas e (c) derivação de estratégias de negociação resultante da última categorização.

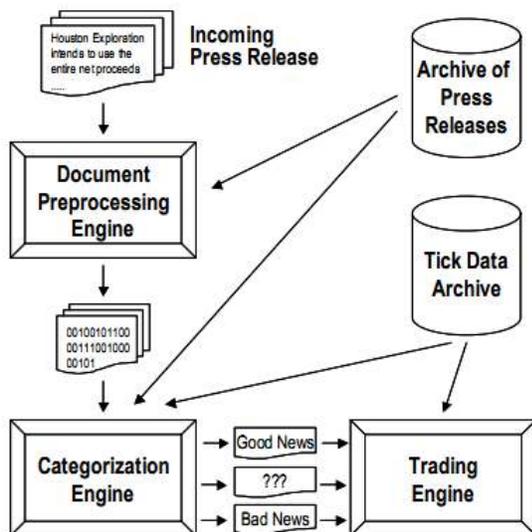


Fig. 5. Arquitetura do NewsCATS

A capacidade de utilizar as notícias como fonte de informações torna a aplicação mais completa do que visto até anteriormente, quando os modelos utilizavam somente a série de valores das cotações. Mittermayer deixou várias lacunas no seu sistema, como a pré-definição das classes de notícias e a falta de semântica, ou seja, o sistema não tem idéia o que aquilo realmente significa, apesar de lidar com o dado [6].

E. Outras

Apesar da aparição de inovações do ponto de vista de arquitetura de sistemas (redes neurais, multicamadas e multi-agentes), a grande maioria das publicações na área segue a idéia de integrar técnicas variadas de aprendizado de máquina.

Nair et al publicaram em 2011 que utilizaram ANNs com algoritmos genéticos (GA) para encontrar os parâmetros da rede na tentativa de prever com precisão o mercado. Eles relatam bons resultados com 5 derivativos, entre eles o Nikkei 225 do Japão. Além da simplicidade do modelo utilizado e da arquitetura extremamente antiga, o trabalho deles só faz a previsão do fechamento da bolsa, ignorando todas as oportunidades que passaram durante o pregão [7].

Dourra & Siy realizaram a aplicação de lógica fuzzy sobre o domínio da análise técnica. De acordo com os autores, a ferramenta teve uma *performance* acima do mercado, e pode ser considerada uma ferramenta de apoio a decisão. Apesar da análise técnica ser uma ferramenta bem difundida na cultura de investidores, e muitos terem feito fama e dinheiro a partir dessas análises, sabe-se que as conclusões desta área de conhecimento são baseadas em conclusões coletivas. A crença nos movimentos de tendências tem um fato analítico curioso: se o investidor que aposta na tendência está um passo atrás de quem participou da última mudança de tendência, ao passo que, aqueles que apostam contra a tendência correm o risco de errar a medida e perderem (no caso de acerto, ocorre a chances de ganho, mas até a concretização as chances são 50% para cada lado) [8].

Lin et al desenvolveu o HRK, que significa *Hierarchical agglomerative and Recursive K-means clustering*. Em outras palavras, eles aplicaram três técnicas de aprendizagem de máquina (extração de *features*, HAC e K-means) para obter uma melhor pureza nos grupos de representação, e estes são utilizados para prever movimentos de médio-prazo de mercado [9]. Apesar do interessante experimento, resta uma grande dúvida sobre a capacidade desta pesquisa lidar com o mercado em tempo real, dado o tempo necessário para processamento e refinamento. Além disso, os dados utilizados como base não são lançados com tamanha frequência como a movimentação das cotações.

III. CONTRIBUIÇÃO

A oportunidade existente nesta área é grande. Parte dela reside no fato de que a compreensão e previsão do movimento de mercado extrapolam a análise direta de números e notícias, pois também existe a necessidade de compreensão do cenário atual da economia mundial e do conceito de confiança, que é a base para funcionamento dos mercados de capitais. Outra parte

é a dificuldade de transportar estas informações para sistemas computadorizados.

Os investidores têm dificuldade de capturar o que é mais relevante para suas decisões, pois existem diversos canais e centenas de informações para processar antes de suas decisões. Dorneich et al disse que existem quatro motivos principais que atravancam as decisões: (a) excesso de informação, (b) processamento cognitivo seqüencial, (c) meios pouco dinâmicos para integração com as máquinas e (d) erros de designação de atividades para pessoas não tão capacitadas (xi). Porém, investidores são agentes diretamente em contato com o ambiente de operação, o mercado. Eles têm a capacidade de sensoriar variáveis como confiança, insegurança e perceber eventos de mercado antes mesmo de chegarem aos jornais e televisão.

Os computadores têm a capacidade de receber e armazenar em velocidade muito rápida os dados de mercado, fazer comparativos, simular cenários, encontrar padrões e muito mais. Parece interessante que o computador possa contar com o investidor para informar aquilo que não é percebido pelos canais de informação automatizados, e que o investidor possa ensinar o computador a selecionar os dados que realmente importam no emaranhado de dados existentes. Juntos, homem e máquina podem unir o melhor de cada um para compreender melhor o mercado e operar com maior eficácia nele.

A inteligência aumentada é o ramo de pesquisa que lida com essa realidade, onde homem e máquina se completam para atingir a excelência. Desta forma, o sistema deve de algum modo ser capaz de compreender o tipo de informação interessa o seu operador, e quais informações o auxiliam, mas mesmo depois de aprender e filtrar o conteúdo, ainda ser capaz de detectar alguma anomalia que mereça ser levada ao operador mesmo que tal informação fuja da configuração atual de filtragem.

Apesar de já existirem iniciativas, como o EDDIE-Automation de Tsang, Yung e Li que utilizaram GP para construir uma ferramenta de suporte a previsão de mercado [11], existem arquiteturas que podem prover melhores resultados.

Uma arquitetura bastante interessante que pode trazer resultados promissores é a arquitetura de Baars-Franklin. Nesta arquitetura, chamada de consciente, sugere-se um modelo computacional implementável para uma mente artificial para um agente autônomo [12].

Baars estudou e postulou que a mente humana é composta de diversos processos paralelos, como a atenção, a percepção, a memória, o aprendizado, a seleção de ação, a emoção, a meta-cognição e vários outros. Em um meio massivamente paralelo, dada a formação do nosso cérebro, todos os processos precisam de recursos variados, e todos precisam compartilhar. Surge a necessidade de um espaço geral, chamada pelo autor de *Global Workspace Theory* (GWT), onde todos poderão compartilhar tais recursos [13].

Baars sugere que a consciência humana seja um processo sequencial emergente sobre uma arquitetura paralela que é o

cérebro. De acordo com ele, a consciência serve para gerenciar o chamado GWT, decidindo o que deve ou não entrar e sair a cada ciclo cognitivo (xiv).

Franklin, ao conhecer a teoria de Baars, logo integrou ela com a idéia de mente de Jackson [14], e sugeriu seu modelo.

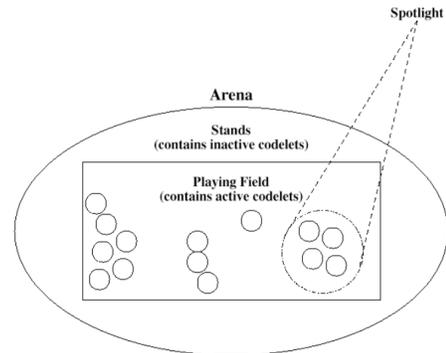


Fig. 6. Diagrama conceitual da arquitetura Baars-Franklin, segundo idéia de mente de Jackson

Segundo Franklin, os processos cognitivos estão todos dispostos na arena. Alguns deles estão ativos, e estão no campo de jogo, inclusive alguns se agrupam em coalizões. O campo de jogo seria o GWT de Baars, onde esses processos podem compartilhar e executar. Existe um holofote que ilumina um processo (ou uma coalizão de processos), que seria a nossa consciência, com caráter serial. A informação que está em nossa consciência é enviada para todos os processos ativos, e esses processos todos competem para receber a luz do holofote.

O intuito na utilização desta arquitetura é explorar uma arquitetura que tenha semelhanças com a humana, e que capacidades cognitivas sejam desenvolvidas semelhantes as que nós temos.

Para tal, é necessário que o projeto dos módulos cognitivos seja orientado a parecer com as nossas funções cognitivas, isto é, memória, aprendizado, emoções, seleção de ação, percepção e outros. Como exercício, vamos construir alguns módulos conceituais.

As cotações seriam obtidas por uma espécie de sensoriamento. Podemos utilizar uma memória sensorial de alguns segundos ou minutos de leituras dessas cotações como mostrado na Fig.7. Perceba a semelhança com a memória ecóica.

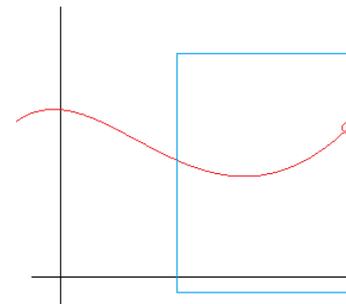


Fig. 7. Diagrama conceitual da memória de cotação modelada como uma memória sensorial, com a janela de memória em relevo

Simulando um processo perceptivo, podemos fazer a interpretação da memória de cotação (sensorial) e gerar um percepto: um evento (ou de subida, ou de descida, ou de estabilização).

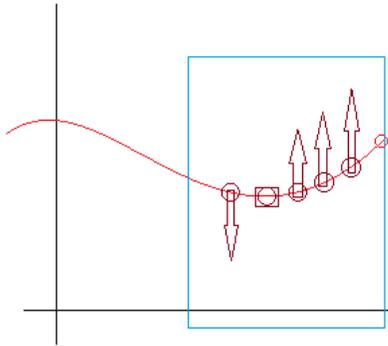


Fig. 7. Diagrama conceitual dos perceptos (eventos) gerados pelo processamento da memória de cotação

Um recurso muito interessante é o desenvolvimento do conceito de integração multimodal do sensoriamento, pois sabe-se que existem correlações entre curvas de cotações de certos produtos. Essas correlações alteram-se diariamente, e novas correlações podem ser formadas. Em muitos sistemas, a correlação é um parâmetro *built-in* e neste caso o sistema pode chegar a essa conclusão.

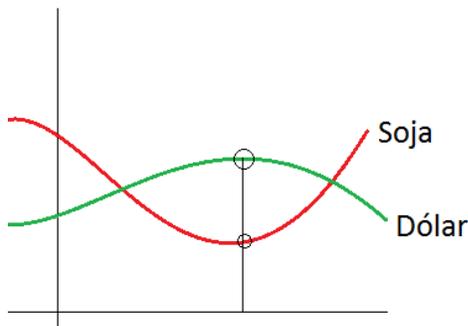


Fig. 8. Diagrama conceitual de integração multimodal

Outro resultado da integração multimodal é a capacidade de compreender correlações entre curvas. Existem estratégias conhecidas de negociação intermercados e a capacidade de detectar essas oportunidades é desejável.

Inclusive, talvez nesta aplicação seja mais fácil de projetar e construir um sistema de aprendizado associativo causal. Muito se pode explorar relacionado a esse aprendizado. A aplicação pode até evidenciar estratégias de negociação usadas ou até inexploradas por alguns segundos, o que colocaria o operador em uma posição de vantagem ao compreender por instantes algumas informações que outros não têm.

Outra oportunidade está na tentativa de realizar algo mais além do reconhecimento de palavras como *Google* e fazer a ligação direta com o código da ação *GOOG*, ou *Microsoft* e *MSFT*. Ou seja, ter uma memória semântica de o que na verdade essas palavras representam. Pode-se construir desde relações e associações semânticas (parte-todo, empresa-funcionário, setor-empresa e outros) até a construção de perfis

destes conceitos, ou seja, como se o sistema conhece-se o que seria a empresa *Apple*. É importante ressaltar que esta oportunidade é realmente complexa e desafiante.

A capacidade semântica de um sistema cognitivo de inteligência aumentada para mercado financeiro confere ao agente uma melhor capacidade de interpretar as informações contidas em um texto ou relatório que alimente os sensores na forma de estímulo.

Um ponto interessante para trabalhos é na definição de como formar e o que colocar nos episódios para a memória episódica. Para exemplificar o quão interessante é esse ponto, vejamos um exemplo: em 2008 aconteceu a quebra do banco *LehmanBrothers*. Vamos supor que o sistema já tenha isso em sua memória de longo prazo. Durante a operação neste ano o sistema recebe um aviso que a MF Global quebrou. Neste momento, mecanismos de busca paralela encontram, na memória episódica, várias outras instituições (perceptos, objetos) que tenham o mesmo perfil da MF Global, e compara-se o tamanho das duas, a área de atuação das duas, e outra meia dúzia de parâmetros que resultam em uma mesma classe de instituição. Porém, se o sistema tiver um aprendizado causal que após a quebra do *LehmanBrothers* ocorreu uma queda acentuada em todos os mercados, por analogia ele poderá disparar um aviso de grande importância para seu operador, que poderá livrar-se de algumas posições em tempo de um colapso de confiança.

Além disso, a memória procedural pode conter as maneiras (comportamento, seqüência de ações) que o sistema conhece ou descobriu que é possível ganhar dinheiro operando no mercado.

Adicionalmente, várias técnicas de aprendizado de máquina podem ser empregadas para construção de diferentes *approaches* cognitivos de categorização e clusterização. Mais interessante se uma maneira paramétrica de criação for usada, pois assim o sistema pode variar o funcionamento de cada *approach* e não só o ajuste de parâmetros.

Criatividade e imaginação são mais duas funções que podem ser exploradas principalmente para tentativa de gerar e gerenciar as previsões de mercado. E, diversas outras funções cognitivas podem ser mapeadas para esse domínio de problema.

Por fim, seria curioso avaliar o impacto de um sistema de computação coletiva que atuasse integrado nesta arquitetura. Na primeira forma, semelhante ao projeto *SETI@home*, existiriam vários computadores conectados para compartilhar processamento com o servidor. Mas, o servidor atuaria como um emissor de cotações e cada nó conectado fingiria operar no mercado real. A partir da avaliação dos melhores, seria possível criar estratégias de investimento baseadas em milhares de nós autônomos, mas que compartilham suas decisões com uma central principal.

Na segunda forma, muito mais interessante, seria necessário a publicação de um competição anual, parecido com a *Folhação* (competição de ações da UOL e *BM&FBovespa*) para aceitar o registro de participantes. Da mesma forma

anterior, segundo o conceito de computação coletiva, os melhores seriam analisados frequentemente e suas decisões seriam consideradas na previsão e decisão de operação do sistema, com a vantagem que são agentes conscientes reais. Uma iniciativa parecida foi documentada por Kaplan em 2001 [15].

IV. CONCLUSÕES

A partir da quantidade de informações que podemos obter na literatura desta área, podemos afirmar que além de desafiante o tema é aplicável em problemas do mundo real, o que o torna mais interessante e até deixa a oportunidade de um futuro negócio.

Analisamos sucintamente as principais técnicas que podem ser encontradas na literatura para modelagem e previsão de movimentos no mercado financeiro. Dentre as abordadas, verificamos que aconteceram inovações interessantes, como a aparição de redes neurais no início, a decomposição de variáveis, a aplicação de aprendizagem de máquina e a análise textual.

Porém, nos últimos anos, é muito freqüente os artigos que aplicam de forma variada as conhecidas técnicas de aprendizado de máquina. Muda-se a ordem, varia-se um parâmetro, troca-se alguma outra coisa, mas continuam seguindo a mesma linha de integração.

Este artigo buscou resgatar duas das técnicas anteriormente utilizadas nesta área: a inteligência aumentada e a inteligência coletiva. Com isso, sugeriu uma nova forma de integrá-las utilizando-se a arquitetura cognitiva de Baars-Franklin, com possibilidades de implementação de tantas outras técnicas de aprendizado de máquina.

Esta sugestão pode ser considerada uma inovação mais forte na área, pois o paradigma de alto-nível mudou completamente em relação aos que existiam.

Dentro das sugestões abordadas anteriormente, o texto buscou abordar de forma dinâmica e clara o projeto de parte dos mecanismos cognitivos, e discorreu sobre como tomar proveito dessa forma de organização para gerar melhores resultados do que os vistos até agora na literatura estudada.

Dentre os possíveis trabalhos futuros, podemos indicar:

- 1- Estudo, projeto e modelagem da arquitetura completa criando um paralelo entre os domínios (financeiro *versus* mundo real);
- 2- Desenvolvimento do modelo proposto na forma de uma implementação computacional funcional, com execução de vários benchmarkings como vistos em tantos outros artigos pesquisados;
- 3- Estudo e modelagem de sistemas multi-agentes com modelo de confiança, já que confiança é uma variável difícil de descrever e tão importante para compreender algumas interações no mercado financeiro;
- 4- Aplicação de caso real para estudo e análise de impacto sobre *performance* de operadores.

REFERÊNCIAS

- [1] B. G. Malkier, "Stock Market Predictability". 2012
- [2] G. Zhang, B. E. Patuwo, M. Y. Hu, "Forecasting with artificial neural networks: The state of art". *International Journal of Forecasting* 14. 1998, pp.35-62.
- [3] J.-Z. Wang, J.-J. Wang, Z.-G. Zhang, S.-P. Guo, "Forecasting stock indices with back propagation neural network". *Expert Systems with Application* 38. 2011, pp.14346-14355
- [4] M. A. Ferreira, P. S.-Clara, "Forecasting Stock Market Returns: The Sumo of the Parts is More than the Whole". *Journal of Financial Economics*. 2011.
- [5] R. P. Barbosa, O. Belo. "Agent and Multi-agent Technology". *SCI* 289. 2010, pp.91-118.
- [6] M.-A. Mittermayer. "Forecasting Intraday Stock Price Trends with Text Mining Techniques". *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2004.
- [7] B. B. Nair, S. G. Sai, A. N. Naveen, A. Lakshmi, G. S. Venkatesh, V. P. Mohandas. "A GA-Artificial Neural Network Hybrid System for Financial Time Series Forecasting". *AIM* 2011. 2011, pp.499-506.
- [8] H. Dourra, P. Siy. "Investment using technical analysis and fuzzy logic". *Elsevier Science*. 2002.
- [9] M.-C. Lin, A. J. T. Lee, Rung.-T. Kao, K.-T. Chen. "Stock Price Movement Prediction Using Representative Prototypes of Financial Reports". *ACM Transactions on Management Information Systems*. 2011, Vol. 2, No. 3, Article 10.
- [10] M. C. Dorneich, S. D. Whitlow, P. M. Ververs, W. H. Rogers. "Mitigating Cognitive Bottlenecks via Augmented Cognition Adaptive System". *IEEE*. 2003
- [11] E. Tsang, P. Yung, J. Li. "EDDIE-Automation, a decision support tool for financial forecasting". *Decision Support Systems*. 2004, pp.559-565.
- [12] F. Stan, and A. Graesser. "A Software Agent Model of Consciousness". *Consciousness and Cognition*. 1999, 8:285-305.
- [13] B. J. Baars. "A cognitive theory of consciousness". *Cambridge University Press*. 1988.
- [14] J. Jackson. "Idea For A Mind". *Siggart Newsletter*. 1987.
- [15] C. A. Kaplan. "Collective intelligence: a new approach to stock price forecasting". *IEEE*. 2001