

## UMA ESTRATÉGIA DE INVESTIMENTO BASEADA NA DIVERGÊNCIA DO INDICADOR MACD

*AN INVESTMENT STRATEGY BASED ON THE DIVERGENCE IN MACD INDICATOR*

DOI: <http://dx.doi.org/10.13059/racef.v9i2.472>

**Marcus Vinicius Araujo Martins<sup>a</sup> e Carlos Alberto Rodrigues<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> **Marcus Vinicius Araujo Martins**

viniciusfsa@gmail.com

Universidade Estadual de Feira de Santana

<sup>b</sup> **Carlos Alberto Rodrigues**

carlos.fsa@gmail.com

Universidade Estadual de Feira de Santana

**Data de envio do artigo:** 07 de junho de 2017.

**Data de aceite:** 17 de julho de 2018.

**Palavras-chave:**

MACD; Divergências;  
Ações; Investimentos;  
Análise Técnica.

**Resumo** Esse artigo apresenta uma estratégia de investimento utilizando o padrão de divergência do indicador de Análise Técnica Moving Average Convergence - Divergence (MACD). Esse padrão indica reversões de tendência, sinalizando momentos de compra e venda de ações. Uma estratégia baseada no indicador MACD foi desenvolvida e aplicada a diversas séries históricas de preços de ações dos EUA e em uma carteira de ações composta pelas empresas de maior volume de negociação. Esses testes consideraram o período de 2003 a 2013. Foram obtidos retornos positivos e superiores em comparação com os principais índices do mercado de ações dos EUA. Pode-se concluir, portanto, que o padrão de divergência do indicador MACD foi eficiente ao considerar reversões de tendências nos preços das ações utilizadas no período considerado.

**Keywords:**

MACD; Divergences;  
Stocks; Investments;  
Technical Analysis.

**Abstract** *This paper presents an investment strategy using the divergence pattern of the Moving Average Convergence - Divergence (MACD) Technical Analysis indicator. This pattern indicates trend reversals, signaling buying and selling times. A strategy based on the MACD indicator has been developed and applied to several historical US stock price series. In addition, the strategy was applied in a stock portfolio composed of the companies with the highest trading volume. These tests considered the period from 2003 to 2013. In most cases, positive and superior returns were obtained in comparison with the main stock market indices from the USA. It can be concluded, therefore, that the divergence pattern of the MACD indicator was efficient in considering reversals of stock price trends in the period considered.*

## 1. INTRODUÇÃO

Existe um debate permanente quanto a se a Análise Técnica é eficiente em proporcionar resultados acima dos índices do mercado de ações ou não. Diversos trabalhos indicam resultados favoráveis ao seu poder de previsão da movimentação dos preços (BROCK; LAKONISHOK; LEBARON, 1992; OSLER; CHANG, 1995; TANAKA-YAMAWAKI; TOKUOKA; AWAJI, 2009; LU; SHIU; LIU, 2012). No entanto, outros trabalhos concluíram que a Análise Técnica não traz vantagem ou resultados significativos em relação à estratégia denominada Comprar e Manter (SAFFI, 2003; ELLIS; PARBERY, 2005).

Dentro deste contexto, os sistemas baseados na Análise Técnica fazem uso de uma série de indicadores que são testados e utilizados a fim de definir o início e fim de uma negociação. Este método parte do pressuposto de que o preço de uma ação pode seguir tendências de acordo com a psicologia dos investidores (TANAKA-YAMAWAKI;

TOKUOKA, 2007). A partir disso, por repetir padrões passados, pode ser desenvolvida uma familiaridade com o movimento e o comportamento dos preços, reconhecendo situações que possam ocorrer no futuro (LO; MAMAYSKY; WANG, 2000). Um dos indicadores mais comuns utilizados para reconhecer tais padrões é conhecido como *Moving Average Convergence - Divergence*, MACD (APPEL, 2005). Tal indicador é considerado na literatura da Análise Técnica como sendo útil para rastrear mudanças de tendência (ELDER, 2012).

Diversos trabalhos já foram publicados para testar a eficácia do indicador MACD. Chong, Ng e Liew (2014) examinaram a aplicação deste indicador no mercado de ações de cinco países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), onde foram obtidos resultados significativos. Vidotto, Migliato e Zambon (2009) relataram a eficiência do uso do indicador MACD no mercado de ações do Brasil, obtendo resultados superiores ao índice Ibovespa. Eric, Andjelic e Redzepagic

(2009) utilizaram o MACD e as médias móveis como indicador para identificar tendências no mercado de ações da Sérvia.

Por outro lado, Anghel (2015) testou a aplicação do MACD em mercados de 75 países obtendo resultados mistos, favoráveis somente em 34 mercados. Ulku e Prodan (2013) testaram o MACD com médias móveis em 44 índices de diferentes mercados, mas não obtiveram resultados significativos. Costa e Sobreiro (2013) também concluíram que o indicador não superou a estratégia Comprar e Manter e o mesmo concluíram Costa Jr. e Goulart (2008). Uma deficiência apontada por estes estudos é que o MACD por ser baseado no cruzamento de médias móveis, fornece sinais atrasados e além disso seus resultados dependem da liquidez e tendência do mercado (HEJASE et al, 2017; ULKU; PRODAN, 2013).

Considerando os resultados divergentes na aplicação direta do indicador, chama a atenção outra aplicação para o MACD: a previsão de possíveis reversões de tendência a partir de divergências entre o indicador e os preços (ELDER, 2012; APPEL, 2005). Apesar de haver diversos estudos sobre a aplicação direta dos indicadores da Análise Técnica baseados em tendências, momentum e volume para a definição de estratégias de investimentos, não foram observados trabalhos sobre o padrão de divergências nos indicadores da Análise Técnica (GOLD, 2015; MARSHALL; CAHAN; CAHAN, 2008). Deste modo, este artigo contribui com a literatura por apresentar pela primeira vez a criação de um algoritmo para identificar o padrão de divergência do MACD em séries históricas de preços em contraste com a aplicação simples de um indicador da Análise Técnica. Também será proposta uma estratégia de negociação que será implementada em uma carteira de ações para o período de 2003 a 2013 envolvendo 15 ações de alta liquidez no mercado americano.

O artigo está dividido da seguinte forma: na seção 2, é apresentada a fundamentação teórica com conceitos considerados importantes para o desenvolvimento desse trabalho. A seção 3 descreve a metodologia utilizada para implementação do algoritmo de detecção de divergências e da estratégia de investimento. A seção 4 apresenta os resultados alcançados e, a seção 5, traz as principais conclusões.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Análise Técnica e Análise Fundamentalista

Um investimento é visto como o comprometimento atual de recursos, por um período, na expectativa de receber retornos futuros que compensarão o investidor (REILLY; NORTON, 2008). Assim, uma operação de investimento deve ser precedida por uma análise profunda e prometer uma segurança do principal com um retorno adequado (GRAHAN, 2007). Dessa forma, algumas estratégias de investimento precisam ser definidas, e estas estratégias são agrupadas de acordo com o modo pelo qual o investidor observa o mercado.

No decorrer dos anos, duas escolas bastante distintas de pensamento surgiram, com métodos bastante diferentes de se chegar a respostas para problemas que envolvem negociações: a Análise Fundamentalista e a Análise Técnica. Enquanto a Análise Técnica se concentra no estudo do comportamento do mercado, a Análise Fundamentalista foca nas forças econômicas de fornecimento e demanda que fazem os preços subirem, descerem ou se manterem constantes (MURPHY, 1999).

Segundo Damodaran (2002), os fundamentalistas baseiam-se na análise como sendo o meio principal de avaliação do preço do ativo, quanto a se o mesmo está sub ou supervalorizado. Para isso são utilizados modelos de fluxo de caixa descontado ou outros múltiplos indicadores como índices de preços, lucro e preço, valor contábil e outros indicadores de valor. Em outras palavras, a análise de um ativo sob um olhar fundamentalista se baseia nas características financeiras da empresa, na sua previsão futura de crescimento, na previsão de falência, dentre outros sinais observados. A análise permite então ao investidor, definir qual ativo deve ser comprado ou vendido e em qual momento.

O fundamentalista do mercado de ações depende de estatísticas. Ele examina relatórios dos auditores independentes, as demonstrações de lucros e perdas, o balanço trimestral, os registros de

dividendos e as estratégias das empresas cujas ações ele tem sob observação. São analisados os dados de vendas, capacidade gerencial e a competição. Ele verifica relatórios bancários e de tesouraria, índices de produção, as estatísticas de preços e previsões de retorno para avaliar o estado dos negócios em geral e lê as notícias diárias com cuidado para chegar a uma estimativa de condições para negócios futuros. Levando tudo isso em conta, ele define sua posição no mercado.

Por outro lado, a Análise Técnica utiliza informações passadas sobre os preços para definir decisões de investimento (LO; MAMAYSKY; WANG, 2000). O analista técnico observa tendências deste comportamento e avalia como o mercado reage a estas. No geral, a Análise Técnica propõe que o mercado irá apresentar comportamentos futuros relacionados com o passado, obedecendo a certos padrões de repetição de tendências (EDWARDS; MAGEE; BASSETTI, 2007).

Um dos primeiros trabalhos envolvendo a Análise Técnica sobre dados de preço e de volume compõem o que se conhece como a Teoria de Dow. Charles Dow formulou sua teoria em 1884, a qual é utilizada como base de muitos indicadores técnicos. Uma das principais características é a definição do comportamento dos preços de ações com tendências semelhantes aos movimentos da água. Essa caracterização resume-se a: (1) tendências principais como marés do oceano, (2) tendências intermediárias como ondas e (3) variações de curta duração como pequenas ondulações. A partir disso, os seguidores dessa teoria buscam encontrar a direção da tendência principal (maré), acreditando também que, ocasionalmente, tendências intermediárias possam andar na direção oposta, além de ruídos estocásticos (ondulações) poderem surgir simplesmente pelo desejo dos investidores de conseguirem lucro (EDWARDS; MAGEE; BASSETTI, 2007).

A Análise Técnica está baseada em três princípios: o primeiro é que o preço desconta tudo, o que permite desconsiderar o porquê dos preços se movimentarem em determinada direção, mas apenas conhecer o seu comportamento de movimento. O segundo princípio é que o preço possui tendência, confirmando a Teoria de Dow. Assim, o preço se comporta conforme a posição dos investidores, mas sempre obedecendo a uma tendência de alta, de baixa, ou tendo um comportamento sem tendência. Por último, e não menos importante, considera-se

que a história se repete devido o mercado ser movido pelo comportamento emocional das pessoas, que por sua vez, têm medos e anseios, numa ótica de perder e ganhar (MURPHY 1999).

Existe certa resistência à Análise Técnica no meio acadêmico em virtude de ir contra a Hipótese do Mercado Eficiente (HME). Em linhas gerais, em um mercado eficiente, diz-se que as informações pertinentes à determinação do preço estão embutidas no histórico de preços do passado. Assim, seria impossível obter ganhos no mercado utilizando apenas as informações passadas. Para Damodaran (2006), aceitar a eficiência do mercado implica que não seria possível ganhar consistentemente do mercado usando uma estratégia comum de investimento. Em outras palavras, o próprio mercado eliminaria possíveis padrões identificados pelos analistas, o que os impediria de obter ganhos acima da média.

## 2.2 Indicadores de Análise Técnica

Os indicadores de Análise Técnica buscam traduzir o comportamento dos preços, auxiliando na previsão de possíveis momentos de reversão. As principais funções dos indicadores de Análise Técnica são: acompanhar tendências, identificar possíveis regiões de esgotamento, alertar quanto a ativos sub ou sobre avaliados, evitar que posicionamentos inadequados sejam assumidos, perceber qual é a força dominante no mercado naquele momento.

Os indicadores podem ser divididos em duas categorias: os rastreadores de tendência e os osciladores (MURPHY, 1999). No primeiro caso, os rastreadores, seguem tendências, ou seja, buscam identificar quando um mercado está subindo ou descendo. O propósito de todo método de identificação de tendência é olhar o passado, desconsiderando movimentos sem importância, para encontrar a atual direção dos preços. A partir disso, os indicadores desta categoria monitoram a tendência de um ativo, sinalizando coerência ou divergência em relação à tendência do preço. Destacam-se como indicadores rastreadores: Médias Móveis, OBV – *On Balance Volume* e o MACD – *Moving Average Convergence - Divergence* (KAUFMAN, 2013).

A segunda categoria de indicadores, os osciladores, são mais comumente usados quando o mercado não apresenta tendência definida. Seu objetivo principal é monitorar oscilações do preço de um ativo,

sinalizando possíveis pontos de reversão. O indicador oscila entre níveis de sobrecompra e sobrevenda. Quando o oscilador toca nesses níveis, são gerados sinais de reversão e, portanto, de compra ou venda. Dentre vários osciladores, destacam-se o IFR – *Índice de Força Relativa*, Estocástico e Williams %R.

Diversos trabalhos são encontrados na literatura com o objetivo de analisar um indicador, ou um conjunto deles, para previsão de preço e possível ajuda na tomada de decisão de investidores. Tais trabalhos englobam análise de performance de indicadores (CHONG; NG; LIEW, 2014), desenvolvimento de geradores de previsão a partir de um conjunto de indicadores populares (TANAKA-YAMAWAKI; TOKUOKA; AWAJI, 2009) ou ainda associam conceitos de Inteligência Artificial e Algoritmos Genéticos com indicadores de Análise Técnica (DEMPSTER; JONES, 2001; TEIXEIRA; OLIVEIRA, 2010; LIN; YANG; SONG, 2011).

## 2.3 Médias Móveis Simples e Exponenciais

Uma Média Móvel Exponencial (MME) é uma média de preços com ponderação mais alta para valores mais recentes do que para os anteriores. Ela difere de Média Móvel Simples, ou Aritmética (MMS), que apenas considera a razão do somatório de um conjunto por sua quantidade de elementos. Em ambas prevalece a categoria de indicadores seguidores de tendência, conforme visto na seção 2.1. A diferença é que, na MME, por dar maiores pesos aos valores mais recentes, obtém-se previsões de mudança de tendência mais rapidamente que na MMS. As fórmulas da MMS e da MME são vistas na Figura 1, sinalizadas por 1 e 2, respectivamente. A MME é calculada de forma recursiva, sempre considerando valores de médias móveis exponenciais do dia anterior.

**Figura 1. Fórmulas das Médias Móveis Simples e Exponencial**

(1) $MMS = (V1 + V2 + \dots + Vn) / n$
(2) $MME = (V1 - MME \text{ anterior}) * 2 / (n+1) + MME \text{ anterior}$
Sabendo que:
n = número de períodos
Vn = Preço no dia n no intervalo considerado
V1 = Preço no dia atual

Fonte: Elaborado pelos autores.

O fato da MME ser mais rápida que a MMS traz consigo um problema. Por dar mais peso aos valores mais recentes, o indicador pode trazer sinais falsos de reversão de tendência, sendo então mais sensível que MMS. Assim, combinações de estratégias como cruzamento de médias móveis ou, simplesmente, usar as médias como referência para outros indicadores é uma boa alternativa, ao invés de tentar arbitrar a melhor eficiência entre as duas (PAPAILIAS; THOMAKOS, 2015).

## 2.4 O Indicador MACD e o Padrão de Divergência

O indicador MACD foi desenvolvido por Gerald Appel em meados da década de 70 e visa assinalar os momentos mais importantes que surgem com a convergência e divergência das médias móveis. A partir de operações entre médias móveis exponenciais, o indicador permite uma previsão de reversão de tendência usando o cruzamento das médias.

O MACD é constituído por três componentes com a seguinte configuração padrão (Appel, 2005):

- Linha MACD = MME de 12 dias – MME de 26 dias
- Linha de Sinal = MME de 9 dias da Linha do MACD
- Histograma MACD = Linha MACD – Linha de Sinal

A Linha MACD é composta pela subtração da MME curta, de 12 dias, pela MME longa, de 26 dias. Uma Linha de Sinal, composta por uma MME de 9 dias sobre a Linha MACD, é utilizada para identificar as reversões. Por fim, o Histograma MACD representa a diferença entre a Linha MACD e a Linha de Sinal.

Existem, essencialmente, 3 formas de interpretar os resultados do MACD: cruzamentos, valores extremos e divergências. Na primeira, cruzamentos, a previsão de um sinal de compra ocorre quando a Linha MACD cruza de forma ascendente a Linha de Sinal. Do contrário, um sinal de venda é obtido quando a Linha de MACD cruza de forma descendente a Linha de Sinal.

Para a segunda forma, valores extremos, é importante destacar que o MACD não possui, em



sua constituição, valores mínimos ou máximos. Todavia, quanto mais elevada for a média móvel de 12 dias em relação à de 26 dias, mais anormal estão os valores de cotação, levando a crer que, em um breve período, eles retornem para valores mais realistas. Assim, nesse exemplo, são aceitáveis sinais de venda ou, ao menos, alertas que, associado a outros indicadores, podem reforçar o sinal de queda. Exatamente o oposto ocorre quando o MACD atinge valores extremamente baixos/negativos.

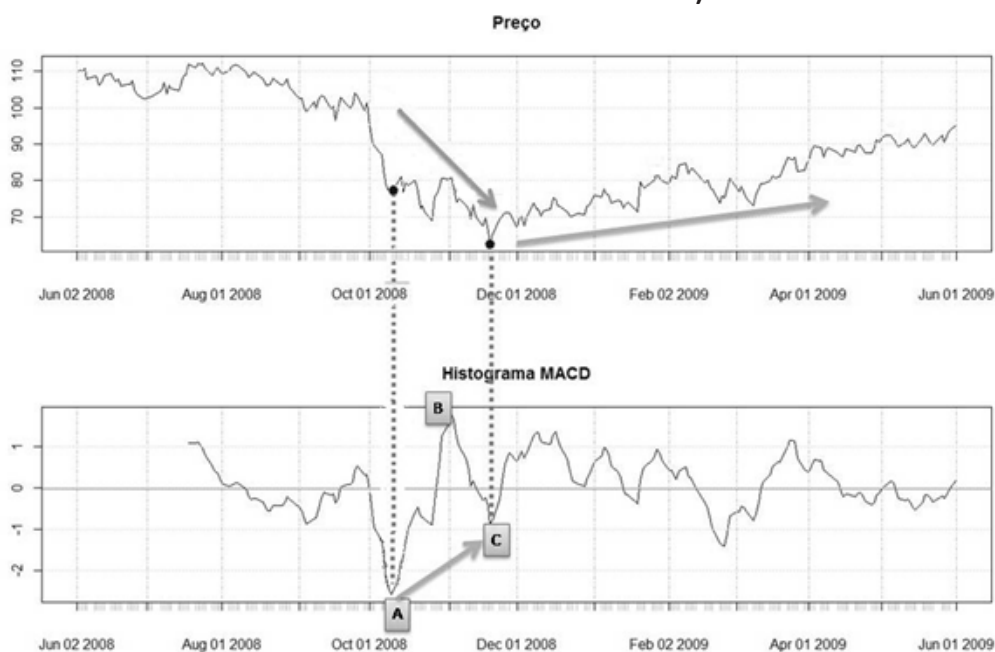
Em terceiro lugar estão as divergências, que são sinais de reversão e que ocorrem quando o comportamento do indicador MACD e do preço do título/ação divergem. Por exemplo, se o MACD atinge topos mais baixos, ou seja, encontra pelo menos dois máximos, onde o segundo máximo é menor que o primeiro e, ao contrário, a cotação do título sobe nesse mesmo intervalo, é um sinal de que a tendência de alta está perdendo força e, logo, uma possível reversão pode ocorrer. Assim, um sinal de venda passa a ser considerado. O inverso ocorre quando o MACD atinge novos fundos mais superficiais, ou seja, quando existem pelo menos dois mínimos e o primeiro mínimo é menor que o segundo. Nesse mesmo intervalo, a cotação do ativo atinge novos mínimos, seguindo um comportamento decrescente. Essa divergência entre o MACD e o

preço gera um sinal de compra pela possibilidade da cotação reverter para uma tendência de alta.

Elder (2012) conceitua divergência como uma discordância entre os padrões de preço e dos indicadores. Dessa forma, um sinal de divergência, como o encontrado no indicador técnico MACD implica na previsão de uma mudança de tendência ou, simplesmente, uma reversão. Isso se reflete no principal objetivo desse trabalho, que compreende o estudo de uma estratégia baseada no padrão de divergência MACD, avaliando a eficiência do mesmo na previsão de mudanças de tendência.

A Figura 2 apresenta um sinal de reversão identificado pela divergência entre os padrões de preço e do histograma MACD. É possível notar, na Figura 2, que o preço decresce no intervalo considerado. Simultaneamente, o histograma MACD encontra um fundo (Ponto A), quebra a linha central (Ponto B) de forma ascendente e volta a cair, encontrando um fundo relativamente menor que o primeiro (Ponto C). Para que possa ser confirmada a divergência, a quebra da linha central tem que existir entre os dois fundos do Histograma MACD (ELDER, 2012). A reversão da tendência de preço é confirmada pela nova tendência subsequente à divergência, como também pode ser visto na Figura 2.

**Figura 2. Sinal de Divergência de Alta do MACD para IBM (Empresa: Internacional Business Machines)**

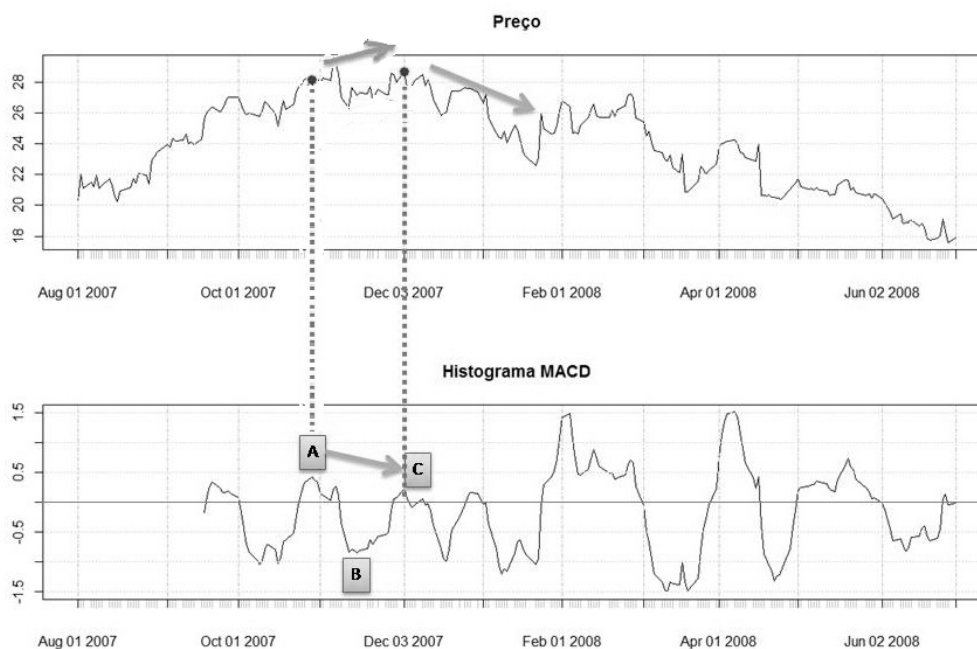


Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma divergência de baixa é sinalizada de modo similar. A Figura 3 apresenta a identificação dessa divergência e a confirmação de mudança de tendência. O preço encontra um novo topo, sofre uma leve queda e encontra um topo ainda maior. Ao mesmo tempo, o histograma MACD encontra um

topo (Ponto A), quebrando a linha central de forma descendente (Ponto B) e finaliza a divergência ao subir novamente e encontrando um topo menor que o primeiro (Ponto C). A nova tendência de baixa nos preços é confirmada e pode também ser vista na Figura 3 após o ponto C.

**Figura 3. Sinal de Divergência de Baixa do MACD para NOK (Empresa: Nokia)**



Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3. METODOLOGIA

O trabalho apresentado nesse artigo contempla o desenvolvimento de um algoritmo de detecção de divergências do indicador MACD. Embora esse algoritmo possa ser aplicado a qualquer série histórica de preços a fim de se obter os sinais de reversão de tendência, o mercado americano foi escolhido como alvo para testes por ter algumas consideráveis diferenças em relação ao mercado brasileiro. Uma delas é que a bolsa americana possui um mercado mais equilibrado por setor do que a bolsa brasileira, que é mais influenciada por *commodities*. As empresas mais líquidas do mercado americano são privadas, enquanto que no Brasil algumas são estatais e, portanto, mais afetadas pela política governamental. Dessa forma, no mercado americano é possível encontrar tendências diferentes entre setores de um modo menos correlacionado do que no Brasil.

Outro fator importante está relacionado ao período do histórico dos preços. O período de 2003 a 2013 foi selecionado pela riqueza de acontecimentos, como a crise imobiliária de 2008, além de diversos momentos de tendência de alta e baixa, ou períodos sem tendência definida. Para este trabalho não foram levados em consideração os custos de corretagem e emolumentos.

Foi desenvolvido um algoritmo para a identificação das divergências tanto de alta quanto de baixa, baseado no modelo sugerido por Elder (2012). Para divergências de alta o modelo propõe que se identifique, primeiramente, o menor valor do primeiro fundo do histograma. Uma vez identificado esse menor valor, o histograma deve cruzar a linha zero, de forma ascendente, assumindo valores positivos e, em terceiro lugar, retornar para valores negativos, identificando o segundo fundo e o menor valor desse fundo. Caso o menor valor do segundo fundo seja maior que o menor valor do primeiro

fundo e os mínimos correspondentes nos preços sejam decrescentes, está caracterizada a divergência de alta. O mesmo ocorre para a divergência de baixa.

Seguindo esse algoritmo, foi desenvolvido um modelo automático de identificação e de confirmação da divergência. Tanto a criação do algoritmo de detecção de divergências utilizando o indicador MACD quanto a estratégia de investimento utilizando os sinais de compra e venda do indicador foram implementados utilizando a linguagem de programação R e o framework *Quantmod*.

Para a criação do algoritmo foi necessário buscar a série histórica diária de preços das ações de uma determinada empresa. O framework *Quantmod* possui instruções que fazem essa busca, parametrizada pela data e pela empresa desejada, direto da base de dados do site *Yahoo Finance*. Assim, é necessário guardar os valores de fechamento do preço no dia para o período estudado, realizar o cálculo do MACD sobre esses dados e calcular o histograma, a partir da subtração da Linha MACD pela Linha de Sinal. A aquisição de séries históricas de preços foi realizada utilizando a função *getSymbols* do framework *Quantmod*. Além disso, o cálculo do MACD também foi realizado utilizando o mesmo framework, a partir da função *macd*.

O lucro, em qualquer negociação, pode ser resumido em duas formas simples: a primeira ocorre quando existe uma venda e, depois, uma compra num valor menor ao que foi vendido. A segunda, de forma inversa, ocorre quando existe uma compra e, posteriormente, uma venda num valor mais alto. Para esse trabalho, o primeiro momento de cada um desses casos se dá a partir de sinais de reversão de tendência calculados pela confirmação das divergências entre os histogramas MACD e o preço.

A estratégia de saída do mercado definida para esse artigo contempla entradas dos dois tipos possíveis: compra e venda. Quando o algoritmo sinaliza uma divergência de alta, é realizada uma compra, entrando assim no mercado em posição de compra. Caso os preços sigam a direção desejada como previsto pelo indicador, a nova tendência pode ser bastante curta, ou bastante longa. O momento de saída passa a ser definido de acordo com a extensão da tendência e é necessário definir um critério para garantir que a operação seja finalizada com lucro. Por outro lado, caso os preços não sigam a direção desejada a operação deverá ser finalizada com um determinado valor de perda. A alternativa de saída considerada viável foi, portanto, definir um critério

para o *stop loss* e o *stop gain*. Após o fechamento de uma negociação, o algoritmo estará livre para entrar em nova negociação em que ocorra o padrão, seja na mesma ou em outra série de preços.

O *stop loss* corresponde a um valor percentual que define o quanto o investidor está disposto a perder, dentro de uma estratégia de investimento, sobre um preço tomado como referência. Uma vez definido um valor de *stop loss*, o investidor compra uma ação e espera que a mesma proporcione lucro, mas ele tolera que o preço da mesma se desvalorize até o valor de *stop* definido. De forma análoga, o *stop gain* garante o lucro, no sentido da valorização da ação. A definição de *stop loss* e *stop gain* impedem que o investidor entre e saia do mercado sem qualquer planejamento de lucro ou prejuízo. O mesmo critério ocorre quando a negociação é feita no sentido inverso.

Tomando como exemplo uma situação de divergência de alta, o algoritmo realiza a compra e passa a aguardar o momento de venda, ou seja, de saída do mercado. O algoritmo guarda cada novo valor máximo de preço encontrado, tentando identificar o fim da tendência de alta. Enquanto o algoritmo percorre os novos preços, para cada novo preço é calculado se a média móvel na data onde esse preço ocorreu é inferior ao máximo dos preços durante o intervalo da negociação, e caso seja, essa diferença extrapola o *stop gain*. Caso extrapole, isso indica que é o momento de saída do mercado, vender, uma vez que a tendência de alta já perdeu força e obtém-se um lucro. Caso não extrapole, o algoritmo não encerra a posição. Se após a compra os preços seguirem direção contrária ao esperado, será realizada uma venda pelo *stop loss* com um prejuízo. O mesmo ocorre no sentido inverso para o caso de divergência de baixa. A média móvel utilizada no cálculo do *stop* foi calculada utilizando a função *EMA (Exponential Moving Average - Média Móvel Exponencial)* do framework *Quantmod*.

Dentro do intervalo de preços, quando analisada em sua forma diária, podem existir variações que visualmente interferem na tendência como um todo. Essas variações, ou distanciamentos (do inglês *gaps*), que ocorrem mediante algum evento que porventura ocorra entre o momento de fechamento de preço de um dia e o de abertura do dia seguinte, podem ser atenuadas utilizando uma média móvel simples ou exponencial sobre os preços. A aplicação de médias móveis exponenciais se mostra vantajosa pois permite maiores pesos a valores mais recentes de preços.

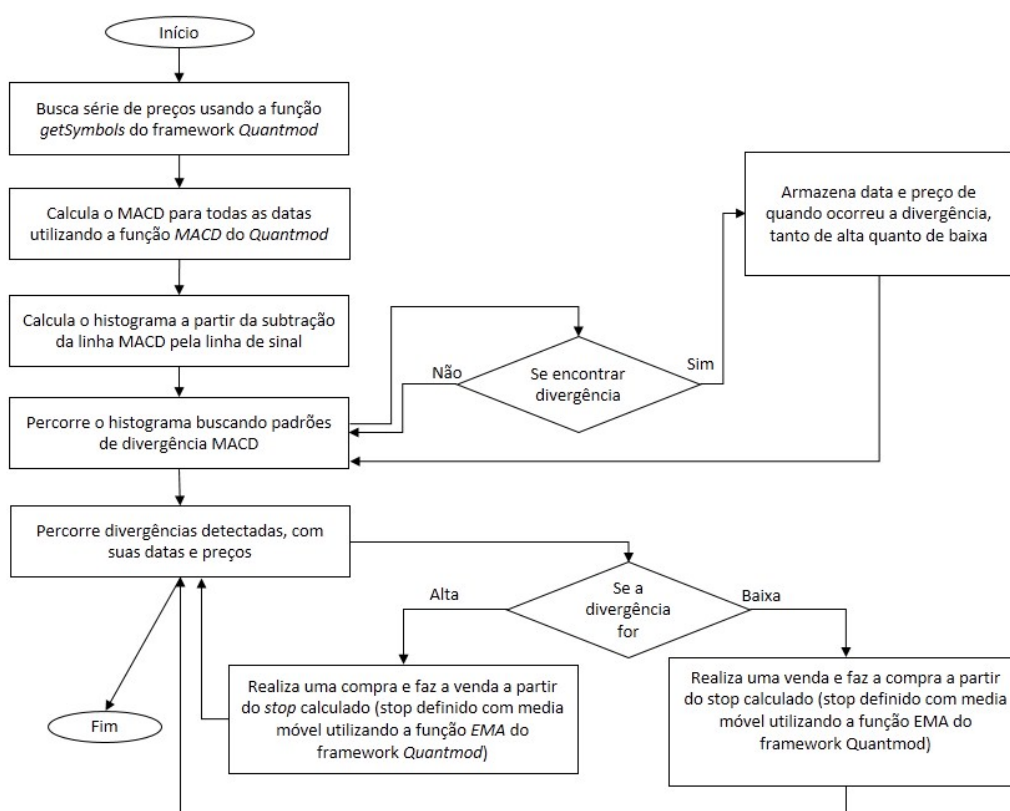


Utilizando médias móveis exponenciais, mantém-se as mesmas tendências dos preços, porém diminui-se o risco de tomar uma decisão sobre um valor destoante da tendência como um todo. Assim, para o cálculo do *stop*, tanto na divergência de alta quanto na de baixa, foram utilizados os valores dos preços na sua forma de média, e não no seu valor original. Dessa forma, possíveis tomadas de decisão que pudessem acontecer mediante preços que fogem da tendência, naquele intervalo, são eliminadas. Isso contribui na valorização das tendências do

intervalo como um todo, sejam elas de curta, média ou de longa duração. Para esse trabalho, foram consideradas médias curtas de 10 dias por ser este um valor bastante utilizado no mercado.

O algoritmo descrito pode ser ilustrado na Figura 4. Nessa imagem é apresentada, sumariamente, as etapas de seu funcionamento, com os procedimentos principais na aquisição de preços de uma série histórica, cálculo do MACD e estratégia de compra e venda e em quais momentos foram utilizadas as rotinas do framework *Quantmod*.

Figura 4. Fluxograma do algoritmo criado



Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4. RESULTADOS ALCANÇADOS

A estratégia descrita na seção 3 foi aplicada a uma série histórica de preços para a geração do histograma MACD e a identificação das divergências de baixa e de alta. Em outras palavras, o algoritmo detecta os sinais de reversão a partir do padrão de divergência do indicador MACD. Os sinais, que podem ser de reversão de alta ou de baixa, funcionam como indicadores de compra e venda, respectivamente.

O comportamento do preço ao assumir quedas posteriores aos pontos de reversão de baixa, e subidas posteriores aos pontos de reversão de alta não acontece em todos os pontos detectados e nem, quando acontecem, as novas tendências possuem a mesma duração. Se a divergência realmente detectou a reversão, nada se pode dizer da duração da mesma. A estratégia de *stop*, descrita da seção 3, é responsável, portanto, pelo sinal do fim da tendência no período considerado e, assim, o momento de saída do mercado.

A eficiência da previsão de reversões de tendências utilizando o padrão de divergência do indicador MACD foi verificada sobre as 15 ações que possuem maior volume de negociação atualmente, de acordo com o site *Barchart.com*, medidas em 15/04/2015. O algoritmo de detecção de divergências e a estratégia de investimento aqui citadas foram aplicadas sobre as 15 ações.

A Tabela 1 apresenta um resumo que compara a estratégia baseada nos sinais de divergência do indicador MACD com a estratégia aqui chamada de Comprar e Manter, também conhecida como *buy and hold*. Essa estratégia consiste em apenas realizar a compra de um ativo no início do período e mantê-lo até sua venda, no final do período. A mesma estratégia também foi aplicada para as 15 empresas de maior volume de negociações. As empresas consideradas foram: Bank of America Corp (BAC), Nokia Corporation (NOK), Alcatel Lucent (ALU), Intel Corporation (INTC), General Electric Company (GE),

Freeport-McMoRan Inc (FCX), Alcoa Inc (AA), Apple Inc (AAPL), Chesapeake Energy Corporation (CHK), Microsoft Corp (MSFT), Pfizer Inc (PFE), JPMorgan Chase (JPM), Cisco Systems Inc (CSCO), Ford Motor Company (F) e Transocean Ltd (RIG).

A Tabela 1 informa o retorno da estratégia Comprar e Manter no período de 2003 a 2013, além de apresentar o retorno da estratégia baseada nas divergências, de alta e de baixa, para o mesmo período. A Tabela 1 também informa o número de dias dentro do mercado para as duas estratégias. Obviamente, o número de dias dentro do mercado utilizando a estratégia baseada em sinais de divergência é inferior ao número de dias a partir da estratégia Comprar e Manter, que considera todo o intervalo de 2003 a 2013. Por fim, a Tabela 1 apresenta a porcentagem de acertos da estratégia. Nesse trabalho, considerou-se como um acerto quando os sinais de divergência detectados permitiram retornos positivos, ou seja, lucro.

**Tabela 1. Comparação do retorno entre a estratégia baseada na detecção de divergências e a estratégia Comprar e Manter no período de 2003 a 2013 para empresas de maior volume de negociações.**

Empresa	Total de Ganho (Soma dos retornos por divergência de alta e de baixa)	Retorno Estratégia Comprar e Manter	Dias dentro do mercado (Estratégia por divergências)	Dias dentro do mercado (Estratégia Comprar e Manter)	Acerto nas Divergências de Alta	Acerto nas Divergências de Baixa
BAC	335,00%	-39,96%	404	2769	84,21%	92,31%
NOK	250,96%	-30,44%	509	2769	73,08%	75,00%
ALU	234,91%	-5,38%	393	2769	79,17%	81,48%
INTC	124,59%	102,10%	530	2769	65,38%	77,42%
GE	73,58%	59,23%	374	2769	76,47%	73,68%
FCX	234,81%	524,78%	364	2769	80,00%	70,97%
AA	177,20%	-44,22%	396	2769	72,00%	76,00%
AAPL	148,13%	7718,00%	438	2769	90,00%	71,43%
CHK	169,22%	282,14%	326	2769	90,00%	66,67%
MSFT	100,70%	89,22%	478	2769	80,00%	66,67%
PFE	105,05%	48,06%	501	2769	80,00%	70,00%
JPM	161,36%	211,59%	362	2769	80,00%	68,18%
CSCO	177,21%	74,65%	393	2769	95,00%	81,48%
F	225,40%	86,16%	412	2769	71,43%	68,18%
RIG	232,71%	91,95%	476	2769	87,50%	74,36%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesse teste, a forma de entrada no mercado tem considerado os pontos em que o indicador aponta serem situações de reversão de tendência. Em sinais de alta são realizadas compras e, em sinais de baixa, vendas. A saída se dá a partir de uma estratégia simples de *stop*, padronizada aqui em 1%, como visto na seção 3, tanto para o *stop gain* quanto para o *stop loss*.

A análise do retorno sobre as 15 empresas viabilizou a realização de uma simulação que contemplasse a criação de uma carteira de ações com negociação automática. Essa simulação sob a forma de carteira de ações considerou um saldo inicial de \$150.000,00 divididos nas 15 empresas. Desta forma, para cada empresa, são destinados \$10.000,00 inicialmente, e as negociações são realizadas conforme os sinais de divergência ocorrem e os sinais de *stop* interrompem a perda ou o ganho.

A carteira funciona da seguinte forma: considerando um saldo inicial de \$10.000,00 para determinada empresa e ocorrendo um sinal de alta, é realizada uma compra pelo número possível de ações, baseado no valor de fechamento da ação no dia em que o sinal ocorre. Como normalmente o

preço de uma ação não é divisível por \$10.000,00, a diferença é somada ao saldo final, que ocorre por ocasião do *stop*. Esse processo é repetido pela quantidade de vezes que ocorrerem sinais de divergências, de alta e de baixa, considerando o saldo da última operação e os lucros sendo reinvestidos.

Uma vez que a quantidade de divergências de alta independe da quantidade de divergências de baixa, podem ocorrer situações onde, por exemplo, o algoritmo sinalize uma divergência de alta, indicando uma compra, mas no momento o dinheiro já está investido. O contrário também pode ocorrer, ao acontecer um sinal de venda e, nesse momento, o dinheiro estar livre, sem nenhuma ação comprada. Para esse caso, considera-se o aluguel de ações, podendo assim realizar compras e vendas consecutivas.

A Tabela 2 apresenta o retorno de cada uma das 15 empresas que compõem a carteira de ações aqui desenvolvida e a identificação da empresa. Ao final da tabela é apresentado o total de rendimento a partir da soma dos saldos de cada empresa, que iniciaram com \$10.000,00 cada uma.

**Tabela 2. Saldo final para cada uma das 15 empresas que compõem a carteira**

Empresa	Saldo Final
Bank of America Corp (BAC)	\$ 201.090,41
Nokia Corporation (NOK)	\$ 105.799,71
Alcatel Lucent (ALU)	\$ 93.593,18
Intel Corporation (INTC)	\$ 33.179,58
General Electric Company (GE)	\$ 20.534,97
Freeport-McMoRan Inc (GFCX)	\$ 88.460,28
Alcoa Inc (AA)	\$ 51.957,23
Apple Inc (AAPL)	\$ 41.187,02
Chesapeake Energy Corporation (CHK)	\$ 50.012,53
Microsoft Corp (MSFT)	\$ 26.432,45
Pfizer Inc (PFE)	\$ 27.678,18
JPMorgan Chase (JPM)	\$ 45.556,79
Cisco Systems Inc (CSCO)	\$ 54.619,91
Ford Motor Company (F)	\$ 82.881,71
Transocean Ltd (RIG)	\$ 92.073,13
Total	\$ 1.015.057,06

Fonte: Elaborado pelos autores.

O saldo final da carteira representa um total de \$1.015.057,06. Calculando esse total sobre o valor investido inicial de \$150.000,00, isso equivale a um

retorno de 576,70%. A Tabela 3 apresenta o retorno dos principais índices de mercado no intervalo de 01/01/2003 a 31/12/2013.

**Tabela 3. Principais índices de mercado da bolsa americana**

Índice	Valor em 01/01/2003	Valor em 31/12/2013	Retorno
S&P500	848,18	1.872,34	121%
Nasdaq	983,05	3.521,92	258%
Dow Jones	8.053,81	15.698,85	95%

Fonte: Elaborado pelos autores.

O algoritmo também foi aplicado sobre ações de maior volatilidade utilizando a listagem das 50 ações mais voláteis do portal Bespoke Invest (BESPOKE, 2014). A volatilidade das ações normalmente é mensurada a partir do Índice de Sharpe, que considera o risco de uma carteira pelo cálculo do desvio padrão dos retornos diários. Dentre uma listagem das 50 ações mais voláteis em 07 de julho de 2014, foram selecionadas as de maior volume médio (acima de \$500.000,00 por dia).

Além disso, todas as empresas selecionadas precisariam ter cotações diárias no mesmo intervalo de tempo. Considerando o mesmo intervalo, de 2003 a 2013, apenas 3 empresas atenderam estes parâmetros, ou seja, terem volume médio acima de \$500.000,00 por dia e possuírem cotações disponíveis entre 01/01/2003 a 31/12/2013, que foram Netflix, Vasco Data Security International e Keurig Green Mountain.

**Tabela 4. Comparação de retorno entre a estratégia baseada na detecção de divergências e a Comprar e Manter no período de 2003 a 2013 para empresas de maior volatilidade**

Empresa	Retorno Estratégia Divergência de Alta (A)	Acerto nas Divergências de Alta	Retorno Estratégia Divergência de baixa (B)	Acerto nas Divergências de Baixa	Total de ganho (A + B)	Retorno Estratégia Comprar e Manter
NFLX	122,86 %	82,35%	169,17%	71,43%	292,04%	6336,54%
VDSI	82,84%	86,67%	167,70 %	87,50%	250,54%	820,24%
GMCR	113,83%	100%	111,93 %	80,77%	225,76%	6610,81%

Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível ver, na Tabela 4, que os retornos utilizando a estratégia por divergências foram bastante inferiores ao da estratégia Comprar e Manter. Todavia, para esses casos, ocorreu uma forte tendência de alta nos preços destas ações em diversos períodos, considerando todo o intervalo de 2003 a 2013. Como limitação deste padrão, pode-se observar que as divergências não capturam todos os movimentos de alta que poderiam ser identificados por outras ferramentas de análise e nem todos os sinais indicados resultaram em uma

reversão. Dessa forma, essas circunstâncias acabam favorecendo a estratégia de Comprar e Manter. Estes resultados sugerem que este padrão deve ser utilizado juntamente com outros indicadores, para que haja um melhor aproveitamento dos movimentos do mercado. Alguns trabalhos demonstram a importância de se utilizar uma combinação de indicadores da Análise Técnica para aumentar a lucratividade do sistema de negociação (METGHALCHI; CHANG; GARZA-GOMEZ, 2012; LENTO; GRADOJEVIC, 2007).

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que o padrão de divergência do MACD mostrou-se eficiente como uma ferramenta de previsão de reversão de tendências nos preços das ações. Esse estudo envolveu as séries históricas diárias de preços de empresas com maior volume de negociações e volatilidade, portanto, empresas consolidadas no mercado. Foram realizados comparativos com uma estratégia simples de comprar e manter a mesma ação no período, comparações com índices do mercado e a montagem de uma carteira de ações utilizando o algoritmo de detecção de divergência na estratégia de investimento.

Para a carteira criada, os resultados favoráveis ao padrão confirmam o potencial de previsão de reversão das tendências, considerando o alto percentual de acertos. Pode-se concluir que, para as empresas consideradas e para o período tomado como referência, se um investidor utilizasse unicamente o padrão de divergência do MACD dentro de uma estratégia de investimento que envolva uma saída igual ou semelhante ao *stop* aqui utilizado, certamente obteria lucros maiores que os índices do mercado.

O algoritmo implementado obedeceu aos requisitos de construção do MACD, considerando médias móveis no padrão 12-16-9, e o automatizou, indicando os momentos de entrada. Além disso, uma estratégia de *stop* fixado em 1% foi desenvolvida, a fim de definir o momento de saída no mercado e cancelar perdas caso os preços partissem para uma direção contrária ao esperado.

Quando comparado com uma estratégia simples de investimento, nomeada aqui como Comprar e Manter, a estratégia baseada no padrão de divergência do MACD obteve retorno inferior para algumas empresas. Estes casos demonstraram as limitações da metodologia apresentada. Estes casos envolviam momentos de forte tendência de alta dos preços, que favorecia a estratégia Comprar e Manter. Assim, numa estratégia de investimento, outras análises envolvendo outras ferramentas também devem ser contempladas.

A montagem da carteira de ações foi definida pela divisão igualitária do montante inicial e com o lucro sendo reinvestido entre as empresas pertencentes a ela. Todavia, formas alternativas de montagem da carteira poderiam ser realizadas, como não

dividir esse valor inicial por igual entre as empresas, considerando todos os sinais de forma intercalada, retroalimentando a carteira a cada negociação.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a utilização de outros indicadores a fim de fornecer subsídios de confiabilidade para o investidor, tais como o Índice de Força Relativa para a escolha da empresa e o volume de negociações para a confirmação do sinal emitido pelo padrão.

## REFERÊNCIAS

BANGEL, G. D. I. Stock market efficiency and the MACD. Evidence from countries around the world. *Procedia Economics and Finance*, v. 32, p. 1414-1431, 2015.

APPEL, G. **Technical Analysis: Power Tools for Active Investors**. Upper Saddle River, NJ: FT Press, 2005.

BESPOKE INVEST. Most Volatile Stocks on Earnings. Disponível em: < <http://bespokeinvest.squarespace.com/thinkbig/2014/4/8/most-volatile-stocks-on-earnings.html>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2018.

BROCK, W.; LAKONISHOK, J.; LE BARON, B. Simple Technical Trading Rules and the Stochastic Properties of Stock Returns. *Journal of Finance*, v.47, n.5, p. 173-1764, 1992.

BROOKS, C.; REW, A. G.; RITSON, S. R. A trading strategy based on the lead-lag relationship between the spot index and futures contract for the FTSE 100. *International Journal of Forecasting*, vol. 17, n. 1, p. 31-44, 2001.

CARVALHO, L. G. P.; COSTA JR. N. C. A., GOULART, M. A. de O. V. Análise Técnica versus Hipótese dos Mercados Eficientes. *Revista Alcance*, v. 15, n. 3. p. 398-416, 2008.

CHONG, T. T. -L.; NG, W. K.; LIEW, V. K. S. Revisiting the performance of MACD and RSI oscillators. *Journal of Risk and Financial Management*, v. 7, n. 1, p. 1-12, 2014.

COSTA JR., T. R. C. C.; SOBREIRO, V. A. Trading System baseado no Moving Average Convergence - Divergence: Uma Experimentação Computacional.



**Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**. v.4, n. 1, p. 1-10. 2013.

DAMODARAN, A. **Filosofias de Investimento – Estratégias Bem-Sucedidas e os Investidores que as Fizeram Funcionar**. Rio de Janeiro: Qualimark, 2002.

DEMPSTER, M. A. H.; JONES, C. M. A real-time adaptive trading system using genetic programming. **Quantitative Finance**, v. 1, n. 4, p. 397–413, 2001.

EDWARDS, R. D.; MAGEE, J.; BASSETI, W. H. C. **Technical Analysis of Stock Trends**. (9a ed.) Florida: CRC Press, 2007.

ELLIS, C. A.; PARBERY, S. A. Is smarter better? A comparison of adaptive, and simple moving average trading strategies. **Research in International Business and Finance**, v. 19, n. 3, p. 399-411, 2005.

ELDER, A. **Two Roads Diverged: Trading Divergences**. New York: elder.com, 2012.

ERIC, D.; ANDJELIC, G.; REDZEPAGIC, S. Application of MACD and RVI indicators as functions of investment strategy optimization on the financial market. **Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci**. v. 27, n. 1. p. 171-196, 2009.

GOLD, S. The Viability of Six Popular Technical Analysis Trading Rules in Determining Effective Buy and Sell Signals: MACD, AROON, RSI, SO, OBV, and ADL. **Journal of Applied Financial Research**, v. 2, p. 8-29, 2015.

GRAHAN, B. **O Investidor Inteligente**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2007.

HEJASE, A. J.; SROUR, R. M.; HEJASE, H. J.; YOUNIS, J. Technical Analysis: Exploring MACD in the Lebanese Stock Market. **Journal of Research in Business, Economics and Management**, v. 8, n. 4, p. 1493-1502, 2017.

KAUFMAN, P.J. **Trading Systems and Methods**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

LENTO, C.; GRADOJEVIC, N. The Profitability of Technical Trading Rules: A Combined Signal Approach. **Journal of Applied Business Research**, v. 23, n. 1, p. 13-27, 2007.

LIN X.; YANG, Z.; SONG, Y. Intelligent stock trading system based on improved technical analysis and Echo State Network. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 9, p. 11347-11354, 2011.

LO, A. W.; MAMAYSKY, H.; WANG, J. Foundations of Technical Analysis: Computational Algorithms Statistical Inference, and Empirical Implementation. **The Journal of Finance**, v. 55, n. 4, p. 1705-1765, 2000.

LU, T. H.; SHIU, Y. M.; LIU, T. C. Profitable candlestick trading strategies —The evidence from a new perspective. **Review of Financial Economics**, v. 21, n. 2, p. 63-68, 2012.

MARSHALL, B. R.; CAHAN, R. H.; CAHAN, J. M. Does Intraday Technical Analysis in the U.S. Equity Market Have Value? **Journal of Empirical Finance**, v. 15, p. 199-210, 2008.

METGHALCHI, M.; CHANG, Y-H.; GARZA-GOMEZ, X. Technical Analysis of the Taiwanese Stock Market. **International Journal of Economics and Finance**, v. 4, n. 1, 2012.

MURPHY, J. J. **Technical Analysis of the Financial Markets**. New York: New York Institute of Finance, 1999.

OSLER, C. L.; CHANG, P. H. K. Head and shoulders: not just a flaky pattern. **Federal Reserve Bank of New York Staff Report**, n.4, 1995.

PAPAILIAS, F.; THOMAKOS, D. D. An improved moving average technical trading rule. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 428, p. 458-469, 2015.

REILLY, F. K.; NORTON, E. A. **Investimentos** (7a ed). São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SAFFI, P. A. C. Análise técnica: sorte ou realidade. **Revista Brasileira de Economia**, v. 57, n. 4, 2003.

TANAKA-YAMAWAKI, M.; TOKUOKA, S. Adaptive use of technical indicators for the prediction of intraday stock prices. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 383, n. 1, p. 125-133, 2007.

TANAKA-YAMAWAKI, M.; TOKUOKA, S.; AWAJI, K. Short-Term Price Prediction and the Selection of Indicators. **Progress of Theoretical Physics Supplement**, v. 179, p. 17–25, 2009.

TEIXEIRA, L. A.; OLIVEIRA, A. L. I. A method for automatic stock trading combining technical analysis and nearest neighbor classification. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 10, p. 6885-6890, 2010.

ULKU, N.; PRODAN, E. Drivers of technical trend-following rules profitability in world stock markets. **International Review of Financial Analysis**, v. 30, p. 214-229, 2013.

VIDOTTO, R. S.; MIGLIATO, A. L. T.; ZAMBON, A. C. O Moving Average Convergence-Divergence como Ferramenta para a Decisão de Investimentos no Mercado de Ações. **RAC - Revista de Administração Contemporânea**, v.13, n. 2, p. 291-309, 2009.