

Comparação de métodos de *position size* nos mercados futuros do Brasil

Comparing position size methods in brazilian futures market

Indiara da Silva Santana Queiroz¹
Carlos Alberto Rodrigues²

Resumo

Sistemas de negociação lucrativos com alta taxa de acertos podem se tornar perdedores quando o dimensionamento da posição (*position size* - PS) não é feito de forma correta. No presente trabalho, utilizou-se um sistema de negociação seguidor de tendências lucrativo, no qual foram implementados 8 métodos de PS, para serem aplicados ao mercado de futuros da bolsa de valores brasileira, no período de 01/05/2005 a 01/05/2016. Como o desempenho dos métodos de PS está intimamente relacionado à escolha dos seus parâmetros, foi implementado o método baseado na simulação de Monte Carlo (MC). A definição do parâmetro mais adequado foi obtida através da limitação do *drawdown* e maximização do retorno. A análise de desempenho destes métodos de PS é realizada com base na relação retorno risco (CAR/MDD) e os resultados indicaram que o PS *fixed size* apresentou o melhor resultado utilizando a simulação de MC.

Palavras-chave: *Position Size*; Sistemas de Negociação; Mercado de Ação; Monte Carlo; Análise Técnica.

Abstract

Profitable trading systems with high hit rates can become losers when position sizing (PS) is not done correctly. In this research, a profitable trend following trading system was used in which 8 position size methods were implemented to be applied to the brazilian stock exchange futures market, from 05/01/2005 to 05/01/2016. As the performance of the PS methods is closely related to the choice of its parameters, a methodology based in Monte Carlo simulation (MC) has been implemented. The definition of the most adequate parameter was obtained by limiting the drawdown and maximizing the return. The performance analysis of these PS methods is performed based on the return risk ratio (CAR/MDD) and the results indicated that the PS fixed size presented the best result for the methodology using the simulation of MC.

Keywords: Position Size; Trading Systems; Stock Market; Monte Carlo; Technical analysis.

Data de submissão: 20 de novembro de 2018

Data de aprovação: 12 de novembro de 2018

¹ Mestre em Computação Aplicada pela Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: indiara_queiroz@hotmail.com

² Doutor em Física Computacional pela Universidade de São Paulo. Professor Adjunto da Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: carlos.fsa@gmail.com

Os lucros e os riscos são aspectos-chave para serem levados em consideração pelo investidor ao decidir realizar um investimento, embora muitos apresentem uma preocupação excessiva com a obtenção de lucros, dando a mínima importância ao risco, ou muitas vezes desconsiderando-o (MILERIS, 2014). Apesar de ser considerada normal uma sequência de perdas nas negociações em renda variável, a falta do controle do risco na estratégia de negociação, mesmo lucrativa, poderá proporcionar prejuízos significativos nas negociações realizadas.

Desta forma, é perceptível que o controle de risco tem um papel fundamental para que a sequência de perdas não transforme o investimento em perdedor e este controle pode ser realizado através do *Position Size* (PS).

O PS é um dos tópicos que integra um sistema de negociação e tem como objetivo determinar a quantidade de ativos que o investidor irá negociar, ou seja, quanto do capital do investidor será colocado em risco. Existe uma série de métodos de PS, em que cada um destes leva em consideração parâmetros diversos para determinar a quantidade de ativos a negociar.

A abordagem deste tópico é realizada por Bower (2002) e Vince (2011) onde esses autores apresentam uma discussão teórica dos métodos de PS e comparam o desempenho destes com a aplicabilidade em jogos de moedas. Bower (2002) descreve teoricamente os métodos de PS *fixed amount of equity*, *fixed fractional* e o *optimal f*. Ao comparar o desempenho destes afirma que o método *optimal f* apresenta os melhores resultados e o seu desempenho está relacionado à precisão dos parâmetros considerados em seu cálculo.

Os métodos considerados no estudo de

Os lucros e os riscos são aspectos-chave para serem levados em consideração pelo investidor ao decidir realizar um investimento.

Vince (2011) são a fórmula de Kelly e o *optimal f*. Este estudo tem como finalidade distinguir os métodos citados por serem confundidos erroneamente em razão de apresentarem uma fórmula matemática similar. Com base nos resultados alcançados, o método fórmula de Kelly apresenta casos especiais para determinar a fração ótima para investir enquanto a fração ótima definida pelo *optimal f* é válida para diversos cenários (jogos, apostas, negociação).

Uma abordagem diferente apresentando além da discussão teórica dos métodos de PS e a comparação do desempenho destes em sistemas de negociação é apresentada em Zamansky (1998), Anderson e Faff (2004), Lundstrom (2014), Wu (2015) e Wojtowicz (2016).

Os métodos de PS *optimal f* e *secure f* tem seus desempenhos comparados em Zamansky (1998) ao serem aplicados em um sistema de negociação em que as ordens de entrada e saída são realizadas com base na estratégia *breakout* para negociar no mercado alemão. Ambos os métodos aumentaram o lucro em comparação ao desempenho da estratégia sem o uso de um

método de PS. Ao comparar o desempenho dos métodos citados, apesar do *optimal f* apresentar lucro líquido superior, a razão retorno/*drawdown* para o método *secure f* é sete vezes maior que a mesma razão para o método *optimal f*.

No estudo de Anderson e Faff (2004) foi adaptado ao sistema de negociação dos *turtles* o método de PS *optimal f*. Assim, neste trabalho foi realizada a comparação da rentabilidade do sistema de negociação original dos *turtles* e o sistema de negociação adaptado em 5 mercados futuros (S&P500, US T – Bonds, British Pound, Ouro e Milho). O sistema adaptado mostrou sua eficácia em alguns mercados, apresentando que retornos substancialmente consideráveis eram viáveis, porém se mostrou ineficaz nos mercados que apresentaram perdas com o sistema de negociação original dos *turtles*, pois não existe nenhum método de PS que converta as negociações não lucrativas em vencedoras.

O trabalho de Lundstrom (2014) considera o sistema de negociação para futuros desenvolvido por Rotando e Thorp (2012), adicionando-o ao método de PS *optimal f* com *stop loss*. As simulações do sistema citado foram realizadas nos ativos S&P500 e petróleo bruto. Estas foram realizadas considerando os seguintes casos: sem uso de método de PS; uso apenas do *stop loss*; uso apenas do método de PS (*optimal f*); uso do método de PS e do *stop loss*. Os resultados mostraram que apenas o uso do *stop loss* já apresenta efeitos moderadamente positivos nos retornos ao comparar com os resultados do sistema de negociação sem uso do método de PS e sem *stop loss*. Adicionando à estratégia além do *stop loss* o método *optimal f* os retornos são substancialmente incrementados.

Foi considerado por Wu (2015) uma estratégia de negociação de *momentum* para negociar o índice futuro de pesos de Taiwan. Nesta estratégia foram considerados dois métodos de PS (*optimal f* e a fórmula de Kelly). Inicialmente aplicou-se a estratégia sem os métodos de PS para coletar os parâmetros necessários para o cálculo da fração ótima desses métodos. Comparando os resultados alcançados da fração ótima para ambos métodos de PS, os autores detectaram um grau de semelhança muito alto entre eles, afirmando que há quase 90% de chances que o intervalo de diferença entre as frações ótimas de negociação recomendadas pelos métodos Kelly e o *optimal f* esteja dentro de 2%. Assim, ao invés de computar a fração ótima pelo *optimal f* poderia-se determiná-la com menos recursos computacionais através do método de Kelly.

Seis métodos de PS foram comparados por Wojtowicz (2016) utilizando uma estratégia de

Adicionando à estratégia além do *stop loss* o método *optimal f* os retornos são substancialmente incrementados.

negociação baseada no indicador de momentum para negociar na bolsa de valores de Varsóvia no período 05/09/2013 a 16/09/2016. Este período foi dividido em duas partes: a primeira (*in-sample*) serviu para a coleta dos melhores parâmetros levados em consideração para o cálculo de cada método de PS, e a segunda (*out-sample*) para a aplicação dos parâmetros selecionados. Os métodos de PS tiveram seus desempenhos comparados, considerando o lucro e o *drawdown*. Utilizando apenas a estratégia, sem métodos de PS, o lucro no primeiro e no segundo período foi de 45,94% e 51,18%, respectivamente. Ao aplicar os parâmetros ótimos definidos no primeiro período por cada método ao segundo período, os lucros estabelecidos ficaram constituídos da seguinte maneira: 1731% método Martingale, 1453% método *optimal f*, 878% método de Thorpe, 216% a 575% métodos de Tharp e 52% método de Ryan Jones. Assim, os resultados demonstram que o uso de métodos de PS pode multiplicar os lucros enquanto simultaneamente também multiplica os riscos.

Com base nos resultados alcançados nos estudos desenvolvidos sobre a temática fica evidente a importância dos métodos de PS em um sistema de negociação. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo comparar o desempenho dos métodos de PS em um sistema de negociação seguidor de tendência lucrativo e demonstrar como a simulação de Monte Carlo pode ser utilizada para o controle de risco.

A simulação de Monte Carlo é uma metodologia que tem aplicabilidade em diversas áreas do conhecimento. Por exemplo, na biologia computacional (OJEDA et al., 2009), inteligência artificial para jogos (CHASLOT et al., 2017), finanças (BOYLE et al., 1997), estatística (DEL MORAL; DOUCET; JASRA, 2006) e em engenharia

O uso de métodos de PS pode multiplicar os lucros enquanto simultaneamente também multiplica os riscos.

eólica (PANIS et al., 2002). As razões pelas quais a simulação em questão tornou-se uma metodologia líder em grande parte da ciência, finanças e engenharias contemporâneas são exibidas em Kroese et al. (2014).

Para tal, foi considerado um sistema de negociação seguidor de tendência lucrativo no mercado de futuros da bolsa de valores brasileira, no qual foram implementados 8 métodos de PS (*fixed size, constant value, fixed fractional, profit risk, fixed amount of equity, percent volatility, fixed ratio, percent of equity*).

O sucesso destes métodos de PS em um sistema de negociação lucrativo está diretamente relacionado à escolha ideal dos seus parâmetros. Assim, neste estudo a escolha dos parâmetros foi fundamentada na simulação de Monte Carlo, com intuito de realizar o controle do risco da negociação. Desta maneira, com base nos resultados alcançados é realizada a comparação do desempenho dos métodos de PS e é apresentado qual destes traz o melhor resultado em função da maximização do lucro e da minimização do risco.

Assim, para analisar o desempenho do sistema de negociação implementado, foi considerado o mercado de futuros da bolsa de valores brasileira, considerando um período de 11 anos (1 de maio de 2005 a 1 de maio de 2016), de modo que possibilite abranger períodos de alta e baixa do mercado.

1 Referencial Teórico

1.1 Métodos de *Position Size* (PS)

O PS caracteriza-se como um dos tópicos em que todo sistema de negociação deve abranger e tem como objetivo determinar o quanto do capital do investidor vai ser colocado em risco na próxima negociação, de modo mais simples, a quantidade de contratos a negociar. Segundo Faith (2007), o PS é um tópico incompreendido ou manipulado indevidamente pelos investidores.

Os métodos de PS subdividem-se em duas categorias: *Antimartingale* e *Martingale*. Os métodos da categoria *Martingale* são aqueles em que o tamanho da posição em negociações futuras aumenta quando a conta do investidor diminui. Enquanto os métodos da categoria *Antimartingale* são aqueles em que o capital colocado em risco em negociações futuras só aumenta quando a conta do investidor também aumenta. A seguir encontra-se a descrição dos métodos de PS que serão considerados no estudo em questão.

1.1.1 *Fixed Size* (Tamanho Fixo)

É um método simples de PS em que o investidor define um número fixo de ações ou contratos e este número é utilizado em todas as negociações.

$$PS = \text{Quantidade de contratos a negociar}$$

1.1.2 *Constant Value* (Valor constante)

Para determinar a quantidade de contratos a negociar, baseado no método *constant value*, o investidor deve especificar o valor total da posição para cada negociação. Neste método o tamanho da posição não é modificado com base na conta do investidor, mas com base no preço total do contrato do ativo negociado.

$$PS = \frac{\text{valor total da posição}}{\text{valor total do contrato}}$$

1.1.3 *Fixed Amount of Equity* (Quantidade fixa da conta)

Para determinar a quantidade de contratos a negociar baseado no método *fixed amount of equity* é necessário que o investidor estabeleça o valor da conta necessário para negociar um contrato.

$$PS = \frac{\text{conta}}{\text{valor da conta para negociar um contrato}}$$

1.1.4 *Percent Volatility* (Volatilidade percentual)

O método em questão utiliza em sua fórmula o indicador *average true range* (ATR), este representa a volatilidade dos preços de

determinado ativo em um período de tempo arbitrário (WILDER, 1978). A quantidade de contratos a negociar, com base neste método, é dada pela equação:

$$PS = \frac{\text{Volatilidade da posição} * \text{Conta}}{\text{ATR (20)} * \text{Point Value}}$$

Neste método através do parâmetro volatilidade da posição o investidor assume a oscilação diária permitida em sua conta.

1.1.5 Fixed Fractional (Fração fixa)

Para determinar a quantidade de contratos a negociar, com base no método *fixed fractional*, é levado em consideração o risco máximo que o investidor está disposto a assumir em cada negociação, assim como o risco por contrato negociado. O número de contratos a negociar é determinado com base na equação:

$$PS = \frac{\text{Risco da posição} * \text{Conta}}{\text{Risco por Contrato} * \text{Point Value}}$$

Este método de PS arrisca a mesma porcentagem da conta em cada negociação. Deste modo, se a conta do investidor reduz, o tamanho da posição reduz proporcionalmente, caso a conta aumente, o investidor aumenta do modo proporcional ao tamanho da posição negociado.

1.1.6 Fixed Ratio

Este método foi desenvolvido por Ryan Jones e sua base está ancorada na relação da quantidade de contratos a serem negociados com o montante dos lucros necessários para aumentar em um contrato adicional, e tal relação deve permanecer fixa ao longo das negociações (WÓJTOWICZ, 2016).

Assim, a medida que o número de contratos aumenta, a quantidade de capital necessário para adição de mais contratos aumenta proporcionalmente. A fórmula a seguir determina o número de contratos a negociar com base nos fundamentos do método *fixed ratio*.

$$PS = \frac{1}{2} * \sqrt{(2 * N_o - 1)^2 + 8 * \frac{P}{\text{delta}}} + 1$$

Nesta equação, o N_o é a quantidade de contratos a serem negociados inicialmente, P o lucro das negociações fechadas e o delta a única variável da equação. Esta variável determina a dinâmica do resultado, assim como o grau de conservadorismo ou agressividade do método. Quanto mais baixo o valor atribuído à variável delta mais agressiva a aplicação entretanto, quanto mais alto seu valor, mais conservadora será a aplicação.

1.1.7 Percent of Equity

O número de contratos a negociar, de acordo com o método *percent of equity*, é determinado para que o tamanho da posição seja correspondente à porcentagem selecionada da conta pelo investidor. O cálculo da quantidade de contratos a negociar é expresso na equação a seguir, onde f corresponde à porcentagem selecionada da conta pelo investidor.

$$PS = \frac{f * Conta}{\text{Valor de margem do contrato}}$$

1.1.8 Profit Risk

O método *profit risk* é similar ao método *fixed fractional*. No método *fixed fractional* o valor em dinheiro arriscado em cada negociação é uma porcentagem da conta do investidor. Para o *profit risk*, o valor arriscado em dinheiro em cada negociação corresponde a uma porcentagem da conta inicial mais uma porcentagem do lucro total das negociações fechadas até o momento.

Assim, o cálculo da quantidade de contratos a negociar de acordo com o método *profit risk* é expresso na equação a seguir, onde PC corresponde à porcentagem da conta inicial a ser arriscada, PL a porcentagem dos lucros das negociações fechadas a ser arriscada, e o *stop* por contrato corresponde ao risco assumido por cada contrato negociado.

$$PS = \frac{PC * Conta Inicial + PL * \text{Lucro das negociações fechadas}}{\text{Stop por contrato} * \text{Pont Value}}$$

1.2 Simulação de Monte Carlo

Define-se como simulação uma técnica utilizada para representar um processo ou construção física, usando um modelo abstrato a fim de estudar e entender tal representação.

A aplicabilidade da simulação em questão é aplicada em diferentes áreas do conhecimento

A aplicabilidade da simulação é aplicada em diferentes áreas do conhecimento.

como finanças, jogos, análises de sistemas de negociação, engenharia, entre outras. A aplicabilidade desta simulação para a análise do sistema de negociação segue as etapas descritas a seguir:

1. Inicialmente realiza-se um *backtest* do sistema de negociação para produzir o conjunto original de N negociações.
2. Repetidamente 2.1 a 2.3 (1000 vezes ou mais)
 - 2.1 Seleciona-se aleatoriamente negociações da lista de negociação original para produzir um novo conjunto aleatório de N negociações.

Obs.: como trata-se de amostragem aleatória com substituição, vale ressaltar que apesar deste conjunto aleatório ser composto pela mesma quantidade de negociações (N) da sequência original, algumas negociações originais podem ser ignoradas e algumas utilizadas mais de uma vez.

- 2.2 Na sequência são realizados os cálculos de ganhos e perdas para cada uma das negociações escolhidas aleatoriamente, utilizando o mesmo método de PS e seu respectivo parâmetro definido para geração da sequência inicial.

- 2.3 Registra-se a conta do sistema com as negociações geradas aleatoriamente em uma distribuição.
- 3 Ao finalizar a etapa 2, os dados desse processo são utilizados para gerar distribuições estatísticas e gráficos.

Ao realizar a última execução da etapa 2, a simulação em questão dispõe de um grande número de resultados separados e independentes, onde cada um destes representa uma possibilidade de direção que o sistema de negociação pode seguir, em outras palavras, um possível resultado.

Como o processo computacional da simulação de Monte Carlo considera a aleatoriedade para formar as novas sequências de negociações a partir da sequência original, é necessário dispor de uma fonte de alta qualidade para geração de números randômicos. Dependendo da situação que a simulação de Monte Carlo para a análise do sistema for aplicada, a possibilidade de ordenação do sistema em estudo pode atingir a casa dos milhões e nem todas serão levadas em consideração para a realização da simulação. Assim, com uma fonte de alta qualidade de números randômicos, as escolhas que serão realizadas aleatoriamente apresentam uma boa representatividade sobre todas as sequências de negociação possíveis.

Ao final do processo algorítmico da simulação de Monte Carlo são exibidos ao usuário distribuições estatísticas baseadas na inversa da função de distribuição cumulativa, pois tal representação favorece a interpretação dos resultados da simulação.

2 Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram considerados os seis ativos de maior liquidez no mercado futuro para serem negociados

na BM&FBovespa, no período de 01 de maio de 2005 a 01 de maio de 2016. Os ativos escolhidos abrangem as categorias de *commodities* (boi gordo, café arábica, soja e milho), índices (minicontrato do Ibovespa) e moedas (minicontrato de dólar americano).

O sistema de negociação seguidor de tendências implementado foi fundamentado em Krausz (1998), Gomes e Saiz (2012), Queji e Schier (2016) e Santos e Rodrigues (2018). Este sistema foi implementado para operações compradas (*long*) e vendidas (*short*), com capital inicial de R\$ 100.000,00, levando em consideração os custos de negociação. Neste sistema foram adaptados os oito métodos de PS que terão seus desempenhos comparados (*fixed size, constant value, fixed fractional, profit risk, fixed amount of equity, percent volatility, fixed ratio, e percent of equity*).

No sistema implementado, a ordem de entrada na negociação, seja ela *long* ou *short*, leva em consideração a ocorrência simultânea de duas condições. A primeira tem como base o indicador *HiLo activator*, o qual considera a média móvel simples das máximas e mínimas do preço de um ativo; a segunda o cruzamento de médias móveis para identificação de tendências.

Para a saída da negociação, seja ela *long* ou *short*, há duas possibilidades: a primeira é baseada no indicador *HiLo activator* e a segunda é fundamentada no *stop loss* variável candelabro, ou *stop loss* fixo (dependendo da dinâmica do método de PS). A saída da negociação é determinada pela condição que ocorrer primeiro.

O período considerado para o desenvolvimento da pesquisa, 01/05/2005 a 01/05/2016, fragmentado em duas partes: *in-sample* (01 de maio de 2005 a 01 de maio de 2010) e *out-sample* (01 de maio de 2010 a 01 de maio de 2016). O período *in-sample* foi utilizado para otimizar as variáveis do sistema de

negociação com apenas um contrato, de modo a ser um sistema lucrativo.

O período *out-sample* foi considerado para a aplicação da configuração dos parâmetros dos oito métodos de PS que terão seus desempenhos comparados neste estudo.

O êxito dos métodos de PS está diretamente relacionado à escolha dos seus parâmetros. Assim, o procedimento utilizado para determinar o melhor parâmetro de cada um dos métodos de PS é baseado na metodologia proposta por Bryant (2001), a qual é fundamentada na simulação de Monte Carlo.

A ideia central da simulação de Monte Carlo é considerar uma sequência de negociações geradas no *backtest* por um sistema de negociação com um parâmetro específico do método de PS. Nesta sequência original, altera-se aleatoriamente a ordem das negociações, determinando assim para cada alteração realizada uma nova taxa de retorno e um novo *drawdown*, pois estes indicadores são determinados pela ordem que ocorrem as perdas e ganhos na sequência.

Foram realizadas 1000 iterações, ou seja, a quantidade de vezes que a sequência original é alterada aleatoriamente para fundamentar a escolha dos parâmetros.

Assim, foi definido como melhor parâmetro de cada método de PS aquele que dispõe de 95% de probabilidade do *drawdown* não exceder 23%, tal condição é validada ao analisar a curva de distribuição acumulada do *drawdown* resultante da simulação de Monte Carlo. Posteriormente, foi considerado o mesmo procedimento metodológico, aumentando a limitação do *drawdown* para 40% para verificar o efeito do aumento do risco no desempenho dos métodos de PS.

A probabilidade de 95% como nível de significância é comum em cálculos estatísticos. A

limitação do *drawdown* em 23% está relacionada com a porcentagem necessária do capital restante para a recuperação da perda ocorrida e reflete um nível de tolerância comum entre os investidores. Por outro lado, a limitação de 40% do *drawdown* é feita com intuito de analisar o comportamento dos métodos de PS ao assumirem riscos maiores.

Assim, para a escolha dos parâmetros dos métodos de PS, inicialmente foi escolhido um parâmetro qualquer como ponto de partida, para a realização do *backtest* e aplicação da simulação de Monte Carlo. Concluída a simulação de Monte Carlo, é realizada a análise da curva de distribuição acumulada do *drawdown* para identificar se o parâmetro do método de PS escolhido satisfaz a condição estabelecida para o risco aceito. Caso satisfaça, classifica-o como melhor parâmetro; caso contrário, determina-se um outro parâmetro e repete o processo. O procedimento descrito é realizado até detectar o melhor parâmetro baseado nos critérios descritos para a classificação deste.

**A probabilidade de 95%
como nível de significância
é comum em cálculos
estatísticos.**

Para a comparação do desempenho dos métodos de PS em um sistema de negociação seguidor de tendência, foram levadas em consideração as curvas de distribuição do *drawdown* e do retorno, resultantes da simulação de Monte Carlo, assim como a relação retorno e risco. Os valores utilizados para o cálculo da relação retorno e risco foram o CAR5 e o DD95, estes extraídos das curvas de distribuição acumulada do retorno e do *drawdown* resultantes da simulação de Monte Carlo.

O CAR5 corresponde ao valor do retorno anual CAR (%) (*compound annual return*) que não foi excedido por 5% das iterações realizadas na simulação de Monte Carlo, o que implica dizer que em 95% das iterações realizadas os valores do CAR são superiores ao atribuído ao CAR5. O DD95 corresponde ao valor do *drawdown* que não foi excedido em 95% das iterações realizadas, isto é, apenas 5% das iterações realizadas excedem ao valor atribuído ao DD95.

Assim, ao fazer a razão entre o CAR5 e o DD95 é considerado o valor mínimo do CAR que poderia ser alcançado em 95% das iterações, e o valor máximo do *drawdown* obtido em 95% das iterações realizadas, ou seja, considera-se estatisticamente o menor caso de CAR e o maior caso de *drawdown*.

3 Apresentação dos Resultados

3.1 Período *In-Sample*

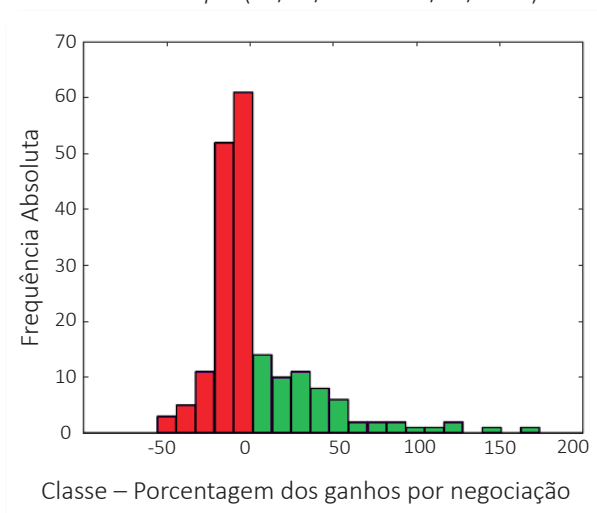
O sistema de negociação seguidor de tendências implementado para o desenvolvimento

da pesquisa em questão foi fundamentado em Krausz (1998), Gomes e Saiz (2012), Queji e Schier (2016), Santos e Rodrigues (2018). Este sistema não faz uso de métodos de PS mas caracteriza-se como lucrativo, após sua configuração, com base nos valores do retorno anual (CAR) e máximo *drawdown* (MDD), que correspondem a 2,10% e - 5,74%, respectivamente. A relação retorno risco (CAR/MDD) é equivalente a 0,40.

Ao analisar o histograma de frequência absoluta destes retornos na FIG. 1 é perceptível que os retornos compreendem o intervalo entre -50% e 170%, com uma frequência maior de retornos entre -20% e 0%. Porém, apesar dos retornos negativos (cor vermelha na FIG. 1) apresentarem uma frequência maior comparado aos retornos positivos (cor verde na FIG. 1), estes apresentam porcentagens superiores, atingindo até 170%. Desta forma, os lucros compensam as perdas, resultando em um sistema lucrativo como comprovado pelo CAR. Além disso, fica evidente o quão comum são as ocorrências de perdas no investimento, sendo a persistência neste o diferencial para dispor de um investimento lucrativo.

Além desses dados, destaca-se que o conjunto dos retornos alcançados nas negociações realizadas no período *in-sample* não correspondem a uma distribuição normal e esta informação é fundamentada nos valores de *kurtosis*, *skewness* e o *p-value* exibidos na TAB. 1. Este resultado corrobora com os de Santos e Rodrigues (2018) ao afirmar que os retornos provenientes de uma estratégia de negociação seguidora de tendências no mercado de renda variável não seguem uma distribuição normal.

FIGURA 1 – Histograma de retornos no período *in-sample* (01/05/2005 a 01/05/2010)



FONTE: Resultados da pesquisa

TABELA 1 – Indicadores estatísticos para o sistema de negociação implementado, sem uso de métodos de PS, no período *in-sample*

Média	0.04
Erro padrão	0.02
Mediana	-0.06
Moda	-0.14
Desvio padrão	0.33
Variância da amostra	0.11
Kurtosis	6.44
Skewness	2.20
Jarque Bera – <i>p-value</i>	1.29
Intervalo	2.30
Mínimo	-0.56
Máximo	1.74
Contagem	193
Número de negociações ganhadoras	66 (34.2%)
Número de negociações perdedoras	127 (65.8%)

FONTE: Resultados da pesquisa

3.2 Período *Out-Sample*

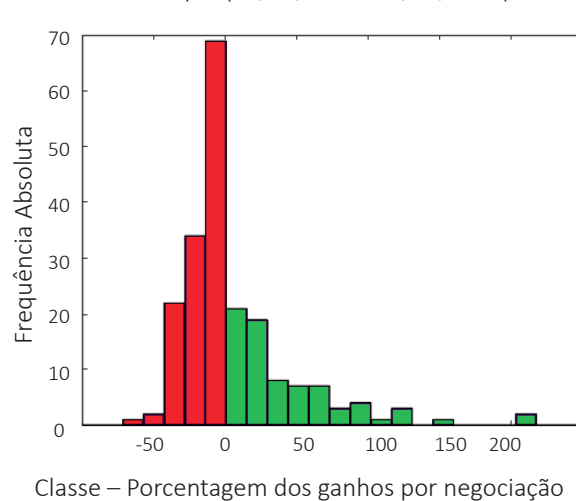
Vale ressaltar que no período *out-sample* o sistema de negociação sem uso de método de PS, negociando apenas 1 contrato a cada sinal de

entrada, permanece lucrativo apresentando um retorno anual (CAR) de 5,69% e um *drawdown* de -7,95%, resultando em uma relação CAR/MDD igual a 0,72.

O histograma de retornos das negociações realizadas no período *out-sample* é exibido na FIG. 2, o qual dispõe de uma representação similar ao histograma de retornos do período *in-sample*. É perceptível uma frequência maior de retornos entre -20% e 0%, porém os retornos positivos (cor verde na FIG. 2) variam de 0% a 210%, enquanto os negativos (cor vermelha na FIG. 2) variam de 0% a -60%. Assim, apesar dos retornos negativos ocorrerem com uma frequência maior comparado aos positivos, as porcentagens atribuídas a eles são bem inferiores ao comparar com as porcentagens atingidas nos retornos positivos, deste modo as perdas ocorridas são compensadas pelos ganhos, confirmando que o sistema de negociação é lucrativo.

Com base nos valores de *kurtosis*, *skewness* e o *p-value* exibidos na TAB. 2, a distribuição de retornos no período *out-sample* não se caracteriza como uma distribuição normal e sim assimétrica à direita mais afunilada com um pico mais alto do que a distribuição normal.

FIGURA 2 – Histograma de retornos no período *out-sample* (01/05/2010- 01/05/2016)



FONTE: Resultados da pesquisa

TABELA 2 – Indicadores estatísticos para o sistema de negociação implementado, sem uso de métodos de PS, no período *out-sample*

Média	0.06
Erro padrão	0.03
Mediana	-0.05
Moda	-0.28
Desvio padrão	0.41
Variância da amostra	0.17
Kurtosis	6.84
Skewness	2.20
Jarque Bera – <i>p-value</i>	1.31
Intervalo	2.89
Mínimo	-0.72
Máximo	2.17
Contagem	204
Número de negociações ganhadoras	76 (37.25%)
Número de negociações perdedoras	128 (66.75%)

FONTE: Resultados da pesquisa

3.2.1 Resultados para a Limitação do Drawdown em 23%

A escolha do melhor parâmetro para cada método de PS foi fundamentada na simulação de Monte Carlo. Assim, define-se como melhor parâmetro aquele que em 95% das 1000 iterações realizadas na sequência de negociação original não excede o *drawdown* em 23%. Esse valor foi escolhido para que houvesse a convergência de todos os métodos de PS para um único valor de *drawdown* e que estivesse em um nível tolerado pelos investidores.

É apresentado na TAB. 3 o melhor parâmetro para cada um dos métodos de PS estudados, com seus respectivos valores de CAR e MDD resultantes da execução do *backtest*, o qual considera as negociações do sistema tomadas sequencialmente na ordem em que ocorreram. Nas duas últimas colunas é apresentada a relação retorno risco para

ambos métodos de PS estudados. A primeira é calculada com base nos valores de CAR e MDD disponíveis ao fim do *backtest* e a segunda tendo como base as distribuições estatísticas do retorno anual e *drawdown* resultante da simulação de Monte Carlo. Quanto maior esta relação, melhor o desempenho do método de PS.

TABELA 3 – Parâmetros dos métodos de PS, no período *out-sample*, fundamentado na simulação de Monte Carlo e limitação do *drawdown* em 23%

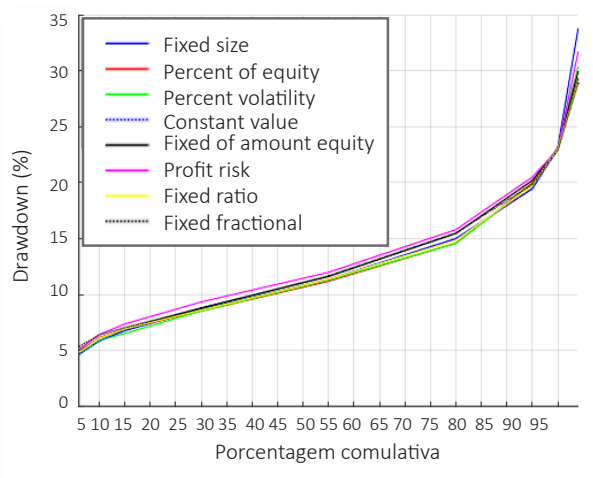
Método	Melhor parâmetro	CAR (%)	MDD (%)
Fixed size	3	13,89	-16,84
Constant value	R\$ 61.000,00	8,18	-12,71
Fixed amount of equity	R\$47.000,00	10,59	-15,31
Percent of equity	4,5%	6,21	-11,10
Percent volatility	0,65%	6,56	-12,71
Fixed fractional	1,05%	4,57	-13,80
Profit risk	PC = 1% PL = 2,7%	6,16	-13,66
Fixed ratio	R\$ 12.800,00	9,75	-14,29

Método	CAR (%)/MDD(%)	CAR (%)/DD95(%)
Fixed size	0,82	0,26
Constant value	0,64	0,09
Fixed amount of equity	0,69	0,16
Percent of equity	0,56	-0,01
Percent volatility	0,51	0,01
Fixed fractional	0,33	*0,05
Profit risk	0,45	0,01
Fixed ratio	0,68	0,13

FONTE: Resultados da pesquisa

Ao analisar as curvas de distribuição do *drawdown* (FIG. 3) para os 8 métodos levados em consideração neste estudo, todas elas convergem em 95% e além disso é perceptível também uma variação estreita entre as mesmas. Desta forma, não existe uma diferença significativa entre estes métodos quanto ao risco, sendo qualquer um deles apropriados para o sistema de negociação utilizado.

FIGURA 3 – Simulação de Monte Carlo. Curvas de distribuição do *drawdown* limitado em 23% em 95% dos casos



FONTE: Resultados da pesquisa

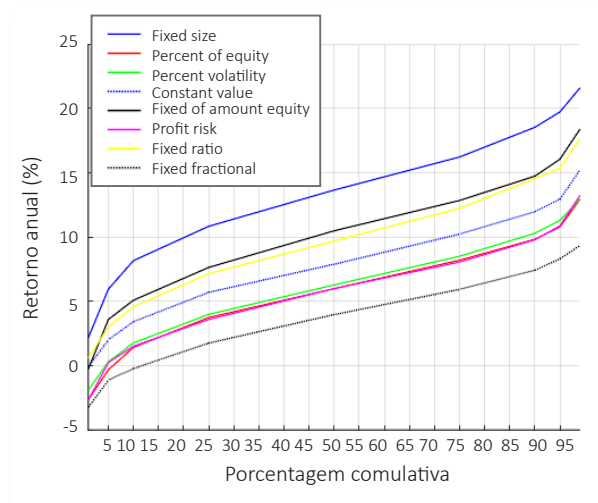
Porém, como o objetivo é identificar o método de *position size* que apresenta a melhor relação retorno risco, é necessária a análise e comparação das curvas de distribuição dos retornos anuais (FIG.4) para os métodos considerados na pesquisa. Ao analisar estas curvas, exibidas na FIG.4, é perceptível uma variação considerável entre si. Assim, quando o *drawdown* é limitado em 23% para a escolha do parâmetro o método *fixed size* apresenta um melhor desempenho comparado aos demais considerando a minimização do risco e a maximização do lucro.

Considerando a métrica de desempenho baseada na relação retorno risco (CAR5/DD95), exibida na TAB.3 coluna 5, o método *fixed size* apresenta o melhor desempenho seguido dos métodos *fixed amount of equity*, *fixed ratio*, *constant value*, *percent volatility*, *percent of equity*, *profit risk* e *fixed fractional*.

Ao relacionar as curvas de distribuição do retorno anual dos métodos de PS estudados com as métricas de desempenho fundamentadas na relação retorno e risco CAR/MDD e CAR5/DD95, pode-se afirmar que a ordem de desempenho dos métodos de PS é mantida para ambos os indicadores considerados no processo de comparação destes.

O método de position size que apresenta a melhor relação retorno risco.

FIGURA 4 – Simulação de Monte Carlo. Curvas de distribuição do retorno anual para o *drawdown* limitado em 23%



FONTE: Resultados da pesquisa

3.2.2 Resultados para a limitação do *Drawdown* em 40%

Nesta seção é definido como melhor parâmetro aquele que em 95% das 1000 iterações realizadas na sequência original de negociações apresentou a probabilidade de 95% destas não excederem o *drawdown* de 40%. Os parâmetros que satisfizeram tal critério são exibidos na TAB. 4, assim como as métricas de desempenho fundamentadas na relação retorno e risco (CAR/MDD e CAR5/DD95), as quais são um dos recursos utilizados para comparar o desempenho entre os métodos de PS estudados.

Analisando as curvas de distribuição do *drawdown*, resultantes da simulação de Monte Carlo, dos 8 métodos de PS estudados exibidas na FIG. 5, é perceptível a convergência destes em 95% garantindo que o parâmetro escolhido para cada um dos métodos de PS apresenta uma probabilidade de 95% de não exceder o *drawdown* de 40%. Além disto, nota-se uma variação estreita entre estas curvas, onde algumas chegam a se sobreporem não possibilitando diferenciá-las. Desta maneira, quanto ao risco na negociação não existem diferenças consideráveis entre os métodos de PS e assim é pertinente o uso de qualquer um destes.

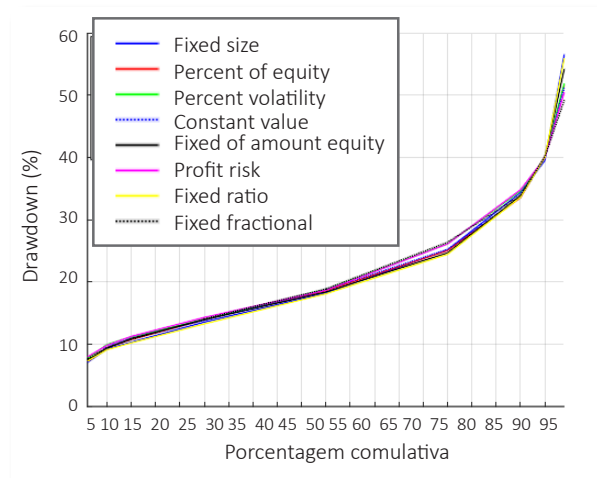
TABELA 4 – Parâmetros dos métodos de PS, no período *out-sample*, fundamentado na simulação de Monte Carlo e limitação do *drawdown* em 40%

Método	Melhor parâmetro	CAR (%)	MDD (%)
Fixed size	6	22,42	-26,34
Constant value	R\$ 130.000,00	16,97	-19,62
Fixed amount of equity	R\$ 35.000,00	15,23	-22,95
Percent of equity	6,5%	11,10	-18,84
Percent volatility	0,9%	9,15	-18,48
Fixed fractional	1,5%	9,76	-19,40
Profit risk	PC = 2% PL = 2%	13,35	-17,48
Fixed ratio	R\$ 6.000,00	14,03	-21,94

Método	CAR (%) / MDD (%)	CAR (%) / DD95 (%)
Fixed size	0,85	0,58
Constant value	0,86	0,18
Fixed amount of equity	0,66	0,13
Percent of equity	0,59	0,03
Percent volatility	0,50	-0,02
Fixed fractional	0,50	-0,05
Profit risk	0,76	0,09
Fixed ratio	0,64	0,09

FONTE: Resultados da pesquisa

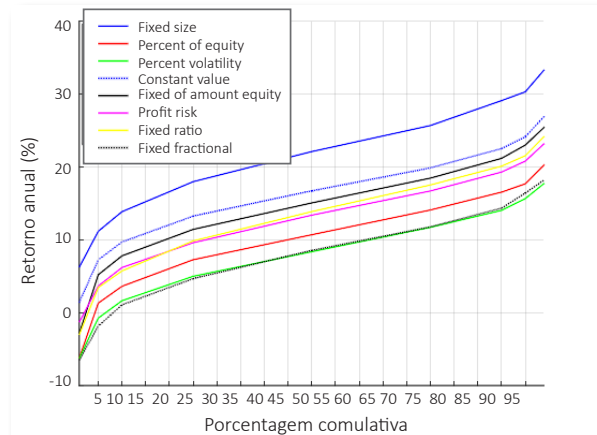
FIGURA 5 – Simulação de Monte Carlo. Curvas de distribuição do *drawdown* limitado em 40% em 95% dos casos



FONTE: Resultados da pesquisa

Como o intuito é identificar o método de PS que apresenta a melhor relação retorno e risco, é necessária a análise da métrica de desempenho (CAR5/DD95) exibida na coluna 5 da TAB. 4 e das curvas de distribuição do retorno anual (FIG. 6). Assim, de acordo com a métrica de desempenho citada, o método *fixed size* também supera o desempenho dos demais métodos de PS, seguido dos métodos *constant value*, *fixed amount of equity*, *profit risk*, *fixed ratio*, *percent of equity*, *percent volatility* e *fixed fractional*.

FIGURA 6 – Simulação de Monte Carlo. Curvas de distribuição do retorno anual para o *drawdown* limitado em 40%



FONTE: Resultados da pesquisa

Fazendo uma análise simultânea da disposição das curvas de distribuição dos retornos anuais das métricas de desempenho fundamentada na relação retorno risco (CAR/MDD e CAR5/DD95), afirma-se que a classificação dos métodos de PS quanto ao seu desempenho é mantida a mesma para ambos indicadores analisados.

Considerações Finais

Considerando as variações realizadas nos parâmetros dos métodos de PS no processo de identificação do melhor parâmetro, tanto para a escolha dos parâmetros com o *drawdown* limitado em 23% quanto em 40%, foi observado que a curva de distribuição do *drawdown*, resultante da simulação de Monte Carlo, sobe e desce com incremento ou decréscimo do tamanho da posição através do parâmetro do método de PS.

Foi observado também que reduzindo o tamanho da posição, isto é, o risco da posição através do parâmetro do método de PS, a curva de distribuição do *drawdown* é rebaixada e a porcentagem do máximo *drawdown* pode ser mantida em um nível escolhido para quaisquer que sejam a probabilidade de ocorrência desejada.

Além disto, o sucesso dos métodos de PS está diretamente relacionado à posição de ocorrência do *drawdown* no decorrer das negociações. A localização mais favorável para esta ocorrência varia em função da dinâmica do método de PS, da sequência e resultado das negociações, dos parâmetros considerados no seu cálculo e das condições do mercado.

Comparando os dois casos de limitações consideradas para o *drawdown*, pode-se observar que ao determinar os parâmetros dos métodos

de PS usando como limite o máximo *drawdown*, aumentando-se este aumenta-se também os retornos anuais, caso o sistema continue a se manter lucrativo.

É perceptível que os métodos estudados apresentam uma variação estreita nas curvas de distribuição do *drawdown* resultantes da simulação de Monte Carlo, o que implica afirmar que ao considerar o risco para subsidiar a escolha do método de PS para integrar o sistema de negociação, não existem diferenças consideráveis entre estes.

Como o estudo tem como objetivo maximização de lucro e minimização de risco, foi necessário considerar outros quesitos para comparar o desempenho entre os métodos de PS, a citar: a disposição das curvas de distribuição dos retornos anuais para ambos métodos estudados e suas respectivas métricas de desempenho fundamentada na relação retorno risco, o CAR/MDD calculado com base nos valores disponibilizados ao fim do *backtest* e o CAR5/DD95 calculado com base nos valores extraídos das distribuições estatísticas de retorno e *drawdown* resultantes da simulação de Monte Carlo.

Baseado nestes quesitos, para ambos casos de limitação do *drawdown*, o método de PS *fixed size* supera o desempenho de todos os outros métodos estudados sendo seus parâmetros 3 e 6 para satisfazer a probabilidade de 95% das iterações realizadas não exceder o *drawdown* de 23% e 40% para esta simulação, respectivamente. É perceptível também que a ordem de desempenho para os demais métodos de PS não é mantida para os dois casos de limitação do *drawdown*, mostrando que estes métodos apresentam comportamentos diferentes ao assumirem riscos diferentes.

Referências

- ANDERSON, J. A.; FAFF, R. W. Maximizing futures returns using fixed fraction asset allocation. **Applied Financial Economics**, Londres, v. 14, n. 15, p.1067-1073, ago. 2004.
- BOWER, G. Money management. **YTE**, Victoria, p. 12-16, Aug./Sep. 2002.
- BOYLE, P.; BROADIE, M.; GLASSERMAN, P. Monte Carlo methods for security pricing. **Journal of Economic Dynamics and Control**, Amsterdã, v. 21, n. 8-9, p. 1267-1321, jun. 1997.
- BRYANT, M. R. Position sizing with Monte Carlo Simulation need to know how much to put on your next trade? You can figure it out with 95% reliability with this technique. **Technical Analysis of Stocks and Commodities**, Seattle, v.19, n. 2, p.18-22, fev. 2001.
- DEL MORAL, P.; DOUCET, A.; JASRA, A. Sequential Monte Carlo samplers. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B., Wiley, v. 68, n. 3, p. 411- 436, jun. 2006.
- FAITH, C. **Way of the turtles**: the secret methods that turned ordinary people into legendary trades. Nova lorque: McGraw-Hill, 2007.
- KRAUSZ, R. The new gann swing chartist. **Technical analysis of stocks and commodities**, Seattle, v. 16, n. 15, p. 44-51, fev. 1998.
- LUNDSTROM, C. et al. Money management with optimal stopping of losses for maximizing the returns of futures trading. **Technical Report**, Uema University, Department of Economics, 2014. Disponível em: < <https://ideas.repec.org/p/hhs/umnees/0884.html>>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- MILERIS, R. Equity investments portfolio risk in different stages of business cycle. **Science and Studies of Accounting and Finance: Problems and Perspectives**, Lithuania, v. 9, n.1, p.163-172, dez. 2014.
- QUEJI, L. M. et al. Operações no mercado futuro de milho utilizando análise técnica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 6., 2016. Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: ABEPRO, 2016.
- SANTOS, G. P.; RODRIGUES, C. A. Sistema de negociação em técnicas seguidoras de tendências: estratégia para apoio à tomada de decisões no mercado de futuros brasileiro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO, 2018., Sucre. **Anais...** Belo Horizonte: Poisson, 2018.
- VINCE, R. Optimal f and the Kelly criterion. **IFTA Journal**, Rockville, v.11, p. 21-28, jan. 2011.
- WILDER, J. W. New Concepts in Technical Trading Systems. **Trend Research**: Greensboro, 1978.
- WU, M. et al. An empirical comparison between Kelly criterion and Vince's optimal f. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART CITY/SOCIALCOM/SUSTAINCOM (SMARTCITY), 2015, Chengdu, **Proceedings...** IEEE, 2015.
- WÓJTOWICZ, M. Money management methods in trading and investing. **Global Management**, Poznań, v. 8, n. 1, p. 40, jan. 2016.
- ZAMANSKY, L. J.; STENDAHL, D. C. Secure fractional money management. **Technical analysis of Stocks and Commodities**, Seattle, v. 16, n. 7, p.318-323, jul. 1998.