



Universidade Estadual de Feira de Santana  
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada

ANÁLISE DE MÉTODOS DE  
*POSITION SIZE* EM UM SISTEMA  
DE NEGOCIAÇÃO EM BOLSA DE  
VALORES PARA A MINIMIZAÇÃO DO  
RISCO

Indiara da Silva Santana Queiroz

Feira de Santana

2018



Universidade Estadual de Feira de Santana  
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada

Indiara da Silva Santana Queiroz

**ANÁLISE DE MÉTODOS DE *POSITION SIZE*  
EM UM SISTEMA DE NEGOCIAÇÃO EM  
BOLSA DE VALORES PARA A  
MINIMIZAÇÃO DO RISCO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Dr. Carlos Alberto Rodrigues

Feira de Santana

2018

### Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

Queiroz, Indiara da Silva Santana

Q44a      Análise de métodos de position size em um sistema de negociação em bolsa de valores para a minimização do risco./ Indiara da Silva Santana Queiroz. – 2018.

66f.: il.

Orientador: Carlos Alberto Rodrigues

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, 2018.

1.Position size. 2.Sistema de negociação – Análise técnica.  
3.Mercado de ações. I.Rodrigues, Carlos Alberto, orient.  
II.Universidade Estadual de Feira de Santana. III.Título.

CDU: 004: 336.761

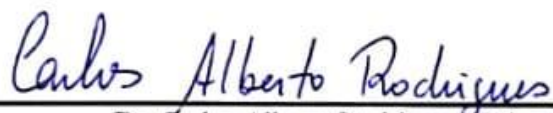
Indiara da Silva Santana Queiroz

**ANÁLISE DE MÉTODOS DE POSITION SIZE EM UM  
SISTEMA DE NEGOCIAÇÃO EM BOLSA DE VALORES PARA  
A MINIMIZAÇÃO DO RISCO**

Dissertação apresentada à Universidade  
Estadual de Feira de Santana como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de Mestre  
em Computação Aplicada.

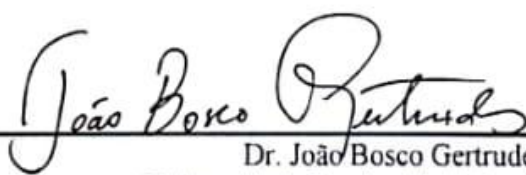
Feira de Santana, 04 de setembro de 2018

**BANCA EXAMINADORA**



---

Dr. Carlos Alberto Rodrigues (Orientador)  
Universidade Estadual de Feira de Santana



---

Dr. João Bosco Gertrudes  
Universidade Estadual de Feira de Santana



---

Dr. Rosembergue Valverde de Jesus  
Universidade Estadual de Feira de Santana

# 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 01/05/2005 to 01/05/2016. As the performance of the PS methods is closely related to the choice of its parameters, two methodologies were implemented: the optimization method and the Monte Carlo (MC) simulation method. 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 profit risk presented the best result for the optimization methodology and the PS fixed size for the methodology using the simulation of MC.

**Keywords:** Position size, trading systems, stock market, Monte Carlo, technical analysis.

# Resumo

Sistemas de negociação lucrativos com alta taxa de acertos podem se tornar perdedores quando o dimensionamento da posição não é feito de forma correta. Na presente pesquisa utilizou-se um sistema de negociação seguidor de tendências lucrativo, no qual foram implementados 8 métodos de *position size* (PS), para ser aplicado ao mercado de futuros da bolsa de valores brasileira, no período de 01/05/2005 à 01/05/2016. Como o desempenho dos métodos de PS está intimamente relacionado à escolha dos seus parâmetros, foram implementadas duas metodologias: o método da otimização e o método baseado na simulação de Monte Carlo (MC). A definição do parâmetro mais adequado foi obtido 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 *profit risk* apresentou o melhor resultado para a metodologia da otimização e o PS *fixed size* para a metodologia utilizando a simulação de MC.

**Palavras-chave:** *Position size*, sistemas de negociação, mercado de ações, Monte Carlo, análise técnica.

# Prefácio

Esta dissertação de mestrado foi submetida a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Computação Aplicada.

A dissertação foi desenvolvida dentro do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PGCA) tendo como orientador o Dr. **Carlos Alberto Rodrigues**.

Esta pesquisa foi financiada pela Capes.

# Agradecimentos

Primeiramente, a Deus, por ter me sustentado dando forças para continuar nos momentos em que me encontrei incapaz de prosseguir, permitindo a conclusão de mais um ciclo.

Ao Prof. Carlos Alberto, pela orientação, competência, profissionalismo e dedicação tão importantes para a conclusão deste ciclo. Tenho certeza que não chegaria a este ponto sem o seu apoio.

Aos membros da banca examinadora, Prof Rosembergue e Prof. João Bosco, que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

A meu amigo, Joubert Ferreira, pelo incentivo constante desde a época da graduação. Sou muito grata pela sua amizade.

Aos meus colegas do PGCA pelos trabalhos e disciplinas realizadas em conjunto, pela preocupação e apoio constante, em especial, Paulo Henrique, Elivelton, Abraão, Felipe Pains, Luís, Jadiane e Samara.

À CAPES, pela concessão de bolsa para realização do mestrado.

A meu amor, Carlos Eduardo, pelo carinho, companheirismo e incentivo.

À minha mãe e ao meu pai deixo um agradecimento especial, por todas as lições de amor, companheirismo, amizade, caridade, dedicação, abnegação, compreensão e perdão que vocês me dão a cada novo dia. Sinto-me orgulhosa e privilegiada por ter pais tão especiais. E aos meus irmãos, Lais e Edu, por todo o amor e carinho.

Aos meus avós, Zenildes e José, por todo o apoio durante toda a minha vida. Nem tenho como agradecer por tudo que fizeram e fazem por mim.

Aos meus tios, Carlos, Getúlio e Meg, pelo exemplo de pessoas e profissionais a seguir. Obrigada por todo o apoio e incentivo.

Aos meus primos, Carla, Enzo e Davi, pela amizade e companhia. Os momentos com vocês são únicos.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização da dissertação, meus sinceros agradecimentos.



# Sumário

Abstract	i
Resumo	ii
Prefácio	iii
Agradecimentos	iv
Sumário	vi
Lista de Tabelas	vii
Lista de Figuras	ix
Lista de Abreviações	x
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo da pesquisa . . . . .	5
1.1.1 Objetivo Geral . . . . .	5
1.1.2 Objetivo Específicos . . . . .	5
1.2 Motivação . . . . .	6
1.3 Organização do Trabalho . . . . .	6
<b>2 Referencial Teórico</b>	<b>7</b>
2.1 Investimentos em renda variável . . . . .	7
2.2 Análise técnica e análise fundamentalista . . . . .	9
2.3 Estratégias de negociação seguidoras de tendência (Trend Following) .	10
2.3.1 Método <i>breakout</i> . . . . .	10
2.3.2 Médias móveis como estratégia de <i>trend following</i> . . . . .	11
2.3.3 <i>HiLo Activator</i> . . . . .	12
2.4 Retorno anual composto - CAR (compound annual return) . . . . .	15
2.5 <i>Average true range (ATR)</i> . . . . .	15
2.6 Máximo <i>drawdown</i> . . . . .	16
2.7 <i>Stop Candelabro</i> . . . . .	17
2.8 Métodos de <i>position size</i> . . . . .	18

2.8.1	Método <i>fixed size</i> . . . . .	19
2.8.2	Método <i>constant value</i> . . . . .	19
2.8.3	Método <i>fixed amount of equity</i> . . . . .	20
2.8.4	Método <i>percent volatility</i> . . . . .	20
2.8.5	Método <i>fixed fractional</i> . . . . .	21
2.8.6	Método <i>fixed ratio</i> . . . . .	21
2.8.7	Método <i>percent of equity</i> . . . . .	22
2.8.8	Método <i>profit risk</i> . . . . .	23
2.8.9	Método Fórmula de Kelly . . . . .	23
2.8.10	Método <i>Optimal F</i> . . . . .	24
2.8.11	Método <i>Secure F</i> . . . . .	25
2.8.12	Método <i>Maximum Drawdown (MMD)</i> . . . . .	25
2.9	Simulação de Monte Carlo . . . . .	26
<b>3</b>	<b>Trabalhos relacionados</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>Metodologia</b>	<b>33</b>
4.1	Componentes do portfólio de negociação . . . . .	33
4.2	Procedimentos . . . . .	34
4.3	Métricas de desempenho . . . . .	37
4.4	Linguagem de programação <i>AmiBroker Formula Language (AFL)</i> orientada à objeto . . . . .	37
4.5	Sistema de negociação proposto . . . . .	39
<b>5</b>	<b>Apresentação e discussão dos resultados</b>	<b>43</b>
5.1	Definição dos parâmetros dos métodos de PS pelo método da otimização	43
5.1.1	Configuração do sistema de negociação . . . . .	43
5.1.2	Otimizações dos métodos de PS no período <i>In-Sample</i> . . . . .	46
5.1.3	Resultados das simulações realizadas no período <i>out-sample</i> . . . . .	52
5.2	Definição dos parâmetros dos métodos de PS pela simulação de MC . . . . .	55
5.2.1	Resultados para limitação do <i>drawdown</i> em 23% . . . . .	56
5.2.2	Resultados para limitação do <i>drawdown</i> em 40% . . . . .	58
5.2.3	Análise geral dos resultados da definição dos parâmetros dos métodos de PS pela simulação de MC . . . . .	60
<b>6</b>	<b>Considerações Finais</b>	<b>63</b>
6.1	Pesquisas Futuras . . . . .	64
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>65</b>

# Lista de Tabelas

2.1	Porcentagem necessária para recuperação de perdas . . . . .	17
4.1	Símbolos dos ativos negociados na BM&FBovespa que constitui a amostra do presente estudo . . . . .	34
4.2	Métodos de PS considerados na presente pesquisa . . . . .	34
4.3	<i>Stop loss</i> utilizado para cada um dos métodos de PS no sistema de negociação implementado . . . . .	42
5.1	Indicadores estatísticos para o sistema de negociação implementado, sem uso de métodos de PS, no período <i>in-sample</i> . . . . .	45
5.2	Resultados da otimização dos métodos de PS no período <i>in-sample</i> . . . . .	51
5.3	Indicadores estatísticos para o sistema de negociação implementado, sem uso de métodos de PS, no período <i>out-sample</i> . . . . .	52
5.4	Resultados da simulação dos métodos de PS no período <i>out-sample</i> . . . . .	53
5.5	Parâmetros dos métodos de PS, no período <i>out-sample</i> , fundamentado na simulação de MC e limitação do <i>drawdown</i> em 23% . . . . .	56
5.6	Parâmetros dos métodos de PS , no período <i>out-sample</i> , fundamentado na simulação de MC e limitação do <i>drawdown</i> em 40% . . . . .	59

# Lista de Figuras

1.1	Comportamento da conta no decorrer das negociações . . . . .	4
2.1	Cruzamento de médias móveis simples como estratégia de <i>trend following</i> . . . . .	12
2.2	Representação do <i>candlestick</i> . . . . .	13
2.3	Representação gráfica do indicador <i>HiLo Activator</i> . . . . .	14
2.4	Identificação do máximo <i>drawdown</i> na curva da conta ao longo das negociações . . . . .	16
2.5	Representação gráfica para o <i>stop candelabro</i> (linha amarela pontilhada) . . . . .	18
2.6	Ilustração do comportamento da conta para 100 das iterações realizadas em uma simulação de MC . . . . .	27
2.7	Ilustração da inversa da função de distribuição cumulativa gerada ao fim da simulação de Monte Carlo para o máximo <i>drawdown</i> . . . . .	28
4.1	Objetos da AFL. (Fonte: <a href="https://www.amibroker.com/guide/a_custombacktest.html">https://www.amibroker.com/guide/a_custombacktest.html</a> ) . . . . .	38
4.2	Parte do código do método de PS <i>profit risk</i> . . . . .	39
4.3	Visão geral do sistema de negociação . . . . .	40
4.4	Ilustração dos sinais de entrada e saída de acordo com o sistema de negociação implementado no <i>amibroker</i> . . . . .	41
5.1	Histograma dos retornos no período <i>In-Sample</i> . . . . .	44
5.2	Processo de otimização dos métodos de PS <i>fixed size</i> (a) e <i>constant value</i> (b) . . . . .	47
5.3	Processo de otimização dos métodos de PS <i>percent volatility</i> (a) e <i>percent of equity</i> (b) . . . . .	48
5.4	Processo de otimização dos métodos de PS <i>fixed amount of equity</i> (a) e <i>fixed fractional</i> (b) . . . . .	49
5.5	Processo de otimização dos métodos <i>profit risk</i> (a) e <i>fixed ratio</i> (b) . . . . .	50
5.6	Histograma dos retornos no período <i>out-Sample</i> . . . . .	53
5.7	Curva da conta ao longo das 204 negociações realizadas no período <i>out-sample</i> (01/05/2010 à 01/05/2016) . . . . .	54
5.8	Escolha do melhor parâmetro, baseado na simulação de MC, para o método <i>percent of equity</i> quando o <i>drawdown</i> é limitado em 23% . . . . .	57
5.9	Simulação de Monte Carlo - <i>drawdown</i> limitado em 23% . . . . .	58
5.10	Simulação de Monte Carlo - <i>CAR</i> para o <i>drawdown</i> limitado em 23% . . . . .	59

5.11 Simulação de Monte Carlo - <i>drawdown</i> limitado em 40% . . . . .	61
5.12 Simulação de Monte Carlo - <i>CAR</i> para o <i>drawdown</i> limitado em 40%	62

# Lista de Abrebiações

<b>Abreviação</b>	<b>Descrição</b>
CDB	Certificado de depósito bancário
CAR	<i>Compound annual return</i>
MDD	Máximo <i>drawdown</i>
EMA	<i>Exponential moving average</i>
SMA	<i>Simple moving average</i>
PS	<i>Position size</i>

# Capítulo 1

## Introdução

Os investimentos se subdividem em duas categorias: investimentos em renda fixa e investimentos em renda variável. A primeira categoria compreende os investimentos em poupança, títulos públicos, certificados de depósito bancário (CDB), enquanto a segunda abrange investimento em ações, futuros e câmbio.

Os investimentos em renda variável apresentam um risco maior, comparado aos de renda fixa, uma vez que no momento da aplicação não existem fórmulas predeterminadas para determinar a remuneração final do investimento, característica esta do investimento em renda fixa, a sua remuneração final é determinada com base na movimentação dos preços do ativo, desta forma são recomendados para investidores de perfil dinâmico. Assim, apesar dos investimentos em renda variável serem mais arriscados que os em renda fixa, eles podem apresentar retornos superiores, tornando-se mais atraentes para os investidores visto que a rentabilidade é um dos critérios levados em consideração quando se decide realizar um investimento.

Os investimentos de renda variável são negociados na bolsa de valores de modo online com auxílio de uma corretora e a forma mais conhecida é o investimento em ações. Porém existem outros investimentos pertencentes a esta categoria, a citar o mercado de futuros que corresponde a um dos tipos de negociações que integra o mercado de derivativos.

O mercado de futuros possui algumas características que torna-o um tipo de investimento atraente, dentre as quais destacam-se: para negociar neste mercado o investidor não precisa dispor do valor total correspondente ao contrato negociado, visto que seus preços são bem elevados, mas de uma margem de garantia, por sua vez estabelecida pela bolsa de valores, para arcar com as oscilações no preço do ativo.

Além disto dispõe de alto poder de alavancagem do capital, isto é, os rendimentos são contabilizados em cima de um capital superior ao investido, ou seja, pode estar investindo R\$ 3.000,00 e seus lucros e perdas contabilizados em cima de um capital de R\$ 30.000,00 o que corresponderia estar alavancado 10 vezes.

Considera-se também, como uma das vantagens em investir em mercados futuros a baixa correlação entre os ativos, ou seja, o movimento de seus preços não apresentam uma mesma direção. Neste sentido, a teoria moderna do portfólio de Markowitz afirma que ao preencher uma carteira de investimentos o investidor deve optar por ativos que apresentem a menor correlação possível, onde os lucros vão compensando as perdas proporcionando uma rentabilidade significativa a longo prazo de acordo com [Vince 1992].

Na bolsa de valores brasileira existem cerca de 20 contratos disponíveis para negociação, destes apenas alguns são acessíveis ao pequeno investidor por dispor de valor de margem inferior a R\$5000,00 e uma alta liquidez. Assim, os contratos que apresentam altos valores de margem são negociados por bancos, fundos de investimentos e grandes investidores.

Apesar das vantagens apresentadas referentes ao investimento em questão, sobre o mercado futuro, é necessário que o investidor esteja ciente que devido a alavancagem a medida que a expectativa do lucro aumenta, o risco aumenta na mesma proporção, desta forma quando os preços se movimentam a favor do investidor este tipo de investimento pode ser bastante lucrativo e em consequência bastante atraente. Em contrapartida, caso os preços se movimentem contra as expectativas do investidor acarretaria perdas no seu capital. Dependendo da oscilação no preço poderá produzir perdas catastróficas, levando a perda total do capital, ou seja, a ruína.

Encontram-se relatos de experiência de investidores bem sucedidos e frustrados com os investimentos em renda variável, sejam eles em ações ou contratos. Estes descrevem a trajetória do autor no mundo da negociação apresentando seus altos e baixos mostrando que as perdas fazem parte do jogo do mercado [Jones 1999], [Williams 2003]. Porém o número de pessoas que perdem ao investirem em renda variável é significativo em média 90% das pessoas [Jones 1999]. Neste tipo de investimento é comum o investidor dispor de uma considerável série de perdas, porém a persistência em se manter no investimento é o diferencial para que este seja lucrativo.

Considerando o grande número de perdedores nos investimentos em renda variável é importante destacar a preocupação excessiva que os investidores detém com a obtenção de lucros não dando a devida atenção, às vezes nenhuma, aos riscos inerentes a negociação, ambos são os aspectos chave para o investidor considerar na formação de uma carteira de investimentos [Mileris 2014]. O mesmo autor afirma que as atitudes do investidor em relação ao risco, as informações disponíveis e o processamento das mesmas são fatores que variam entre os investidores o que possibilita que alguns apresentem ganhos sistemáticos e outros perdas consistentes.

Nesta perspectiva, a primeira preocupação que o investidor deve possuir como operador é de não perder dinheiro, uma vez que, recuperar o dinheiro perdido é muito mais difícil que ganhar [Correia 2008].

Assim, para investir em renda variável e lograr de êxito nas negociações é necessário que o investidor disponha de um sistema ou estratégia de negociação que abranja



todos os seus componentes e estes sejam bem fundamentados em suas respectivas teorias, para que o investidor não faça parte das estatísticas dos perdedores e nem se frustrem com os investimentos da categoria em discussão. Um sistema de negociação completo deve integrar os seguintes tópicos: mercado, *position size* (PS), entradas, saídas, *stops*, táticas [Krausz 1998], [Faith 2007]. Alguns destes tópicos podem ter como suporte na sua tomada de decisão duas teorias: a análise técnica e a fundamentalista, porém os investidores utilizam a primeira como principal ferramenta de negociação na qual a atenção é voltada à série histórica de preço do ativo [Mileris 2014].

Dentre estes tópicos o PS, também referenciado por alguns autores como gerenciamento de dinheiro (Money Management - MM), é um tópico fundamental no sistema de negociação uma vez que seu adequado uso possibilitará sucesso na negociação. Este tópico é responsável por determinar quantos contratos/ações o investidor comprará na negociação, ou seja, quanto do capital do investidor será colocado em risco. Existem uma série de métodos de PS, cada um deles leva em consideração parâmetros diversos para a determinação da quantidade de contratos a negociar [Covel 2014], [Jones 1999], [Jaekle e Tomasini 2009], [Tharp 2008].

Mesmo ratificado por diversos autores o quão importante é a utilização de um método adequado de PS em uma estratégia de negociação a maioria dos negociadores iniciantes não utilizam métodos de PS para gerenciar seu investimento e acabam arriscando demais a cada negociação uma vez que acreditam que quanto maior o risco maior o retorno aumentando assim suas chances de ir à falência [Faith 2007].

O efeito do uso do método de PS em um sistema de negociação é ilustrado na figura 1.1, que apresenta o comportamento na conta do investidor, ao negociarmos contratos de café considerando o mesmo cenário da negociação, mas levando em consideração duas situações: a linha vermelha representa a conta em um sistema de negociação utilizando o método de PS *percent of equity*, de acordo com este a cada negociação é investido 1,2% da conta disponível, enquanto a linha preta corresponde a conta com um sistema de negociação sem método de PS, ou seja, 1 contrato para cada negociação.

O primeiro gráfico apresenta vantagem em função do lucro ao utilizar métodos de PS em uma estratégia de negociação e corroboram com os resultados encontrados nos artigos de [Wójtowicz 2016], [Anderson e Faff 2004]. Como foi apresentado anteriormente o investidor deve preocupar-se com o risco do investimento, assim um outro fator, além do lucro, para ser considerado na análise do desempenho de um sistema é o máximo *drawdown*, o qual representa a maior perda registrada na conta em uma período de negociação.

Ao utilizar o sistema de negociação considerando duas simulações uma com método de PS e outra sem, resultante da curva de retornos apresentadas na figura 1.1, observando os *drawdowns* resultantes de cada simulação percebe-se que apesar deste ser superior na negociação com o uso do método de PS ao analisar, neste caso o *percent of equity*, o mesmo pode ser controlado de modo que influencie positivamente

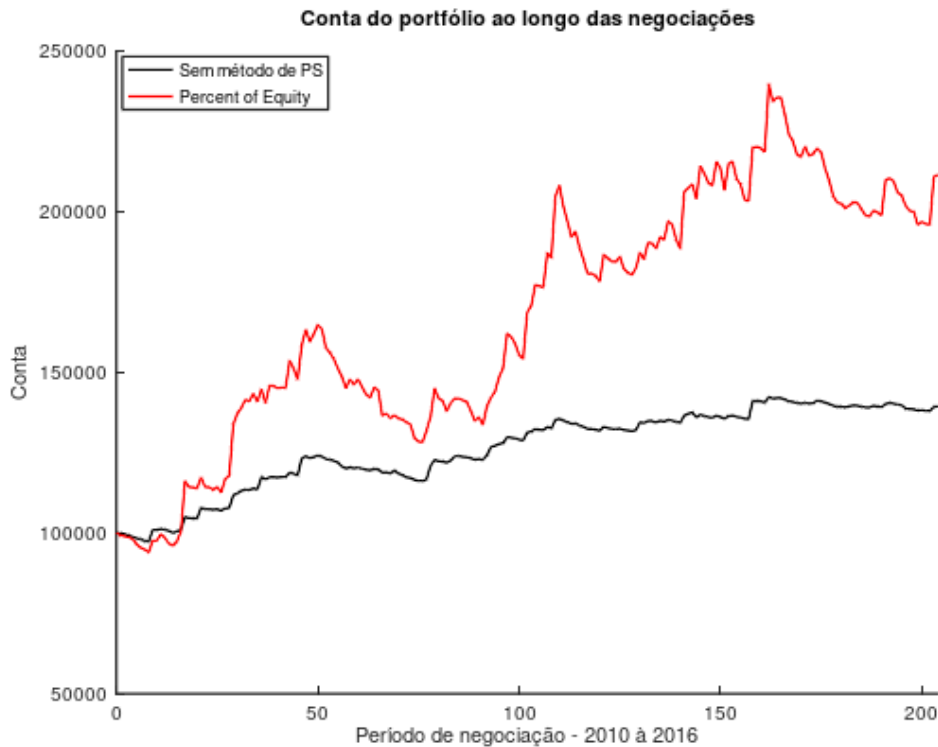


Figura 1.1: Comportamento da conta no decorrer das negociações

o desempenho do sistema de negociação ao compará-lo com o desempenho de um sistema que não faça uso de nenhum método de PS.

Apesar da importância que os autores direcionam ao tópico PS em um sistema de negociação, muitos estudos desenvolvidos referentes ao mercado de futuros buscam identificar as melhores estratégias de negociação, quando investir, em que mercado investir, dentre outros fatores ignorando ou realizando uma abordagem superficial do tópico em discussão.

Encontra-se na literatura discussões sobre métodos de PS, algumas limitam-se a abordagem mais teórica de métodos, outras utilizam exemplos baseados no jogo de moedas para demonstrar o desempenho dos métodos de PS através de situações que não simulam a negociação real [Bower 2002], [Vince 2011]. Enquanto outras fazem análise dos métodos de PS baseado em sua aplicabilidade em uma estratégia de negociação [Wójtowicz 2016], [Anderson e Faff 2004], [Zamansky e Stendahl 1998], [Lundström et al. 2014]. Com base nos estudos realizados foi constatado a relevância dos métodos de PS em um sistema de negociação, assim utilizou-se neste trabalho um sistema de negociação lucrativo seguidor de tendências no qual foi implementado 8 métodos de PS descritos na literatura para a realização de simulações.

Como o sucesso destes métodos de PS em um sistema de negociação lucrativo está diretamente relacionado a escolha dos seus parâmetros, utilizou-se dois procedimentos

para determiná-los: a otimização dos parâmetros e a simulação de monte carlo.

Assim, baseado nos resultados obtidos a partir dos procedimentos citados, pretende-se realizar a comparação entre estes métodos de PS e mostrar qual destes apresenta os melhores resultados em função da minimização do risco e maximização dos lucros.

Para as simulações, as negociações foram realizadas no mercado de futuros na bolsa de valores brasileira, em virtude da existência de trabalhos desenvolvidos sobre métodos de PS levando em consideração diversos mercados, exceto o brasileiro, considerando uma variação temporal de 10 anos de modo que possibilite abranger os momentos bons e ruins do mercado.

Assim, acredita-se que este trabalho seja relevante para os investidores, instruindo-os sobre a importância do PS no sistema de negociação, ao fornecer o desempenho de cada um dos métodos de PS utilizados na pesquisa e a comparação destes proporcionará condições de escolha quanto ao método de PS que poderá ser utilizado pelo investidor em suas negociações de acordo com suas preferências.

Além disto, apesar de considerar procedimentos metodológicos já descritos na literatura para determinar a escolha dos parâmetros dos métodos de PS, na presente pesquisa é realizada a comparação de oito métodos de PS baseada no desempenho destes em um sistema de negociação. Desta maneira, a quantidade de métodos de PS considerados nesta pesquisa diferencia-a das demais sobre a temática, uma vez que foi identificado nos estudos já desenvolvidos a comparação do desempenho entre, no máximo, três métodos de PS em [Bandy 2011].

## 1.1 Objetivo da pesquisa

### 1.1.1 Objetivo Geral

Demonstrar que o uso controlado de métodos de PS em um sistema de negociação pode ser utilizado para o controle do risco e influenciar positivamente a performance do mesmo no mercado de futuros na bolsa de valores brasileira.

### 1.1.2 Objetivo Específicos

- Implementar um sistema de negociação seguidor de tendências e neste adaptar diferentes métodos de PS para operar no mercado de futuros da bolsa de valores brasileira;
- Analisar a importância da escolha dos parâmetros dos métodos de PS para a rentabilidade e risco do sistema;
- Comparar o desempenho do sistema de negociação com e sem o uso de métodos de PS para verificar a importância deste tópico em um sistema de negociação;

- Identificar qual o procedimento mais favorável para a escolha dos melhores parâmetros dos métodos de PS;
- Analisar como o controle do risco interfere na escolha dos parâmetros dos métodos de PS e na maximização da relação retorno risco;
- Comparar a performance dos métodos de PS entre si para identificar qual destes minimiza o risco em um sistema de negociação;
- Comparar os resultados obtidos no estudo em questão com os trabalhos de mesma temática já realizados para reiterar ou refutar a importância dos métodos de PS em um sistema de negociação.

## 1.2 Motivação

Dentre as diversas formas de investimentos existentes os investimentos em renda variável apesar de apresentarem um risco maior em virtude de sua rentabilidade acompanhar o movimento dos preços são mais atraentes que os de renda fixa uma vez que pode proporcionar retornos superiores. Para o desenvolvimento da pesquisa foi considerado o investimento em mercado futuro, um dos componentes do investimentos em renda variável, em virtude das possibilidades de alavancagem e proporcionar uma baixa correlação devido a variedade de mercados envolvidos.

É perceptível uma grande quantidade de trabalhos desenvolvidos considerando os investimentos em mercado futuro porém com enfoques diversificados. Desta forma, a pesquisa em questão aborda um dos tópicos que integram um sistema de negociação completo, o PS, que as vezes é discutido de modo superficial em alguns estudos e outras nem chega ser abordado.

Como o risco em um sistema de negociação que utiliza métodos de PS pode ser controlado baseado na escolha dos parâmetros destes métodos, a presente pesquisa busca identificar qual o método de PS que possibilita a melhor relação entre retorno e risco, uma vez que estes são os aspectos chave para levar em consideração ao se realizar um investimento, considerando o mercado de futuros na bolsa de valores brasileira.

## 1.3 Organização do Trabalho

No capítulo 2 apresenta-se a fundamentação teórica. No capítulo 3, aborda os trabalhos relacionados. No capítulo 4 é apresentado a metodologia utilizada na presente pesquisa para a escolha dos parâmetros dos métodos de PS. No capítulo 5 é exposto os resultados alcançados ao longo da pesquisa, seguidos de suas análises e discussões. Finalmente, no capítulo 6, é realizada as conclusões a respeito do estudo desenvolvido.

# Capítulo 2

## Referencial Teórico

### 2.1 Investimentos em renda variável

Os investimentos em renda variável são aqueles em que os rendimentos futuros não são determinados no momento da aplicação, pois acompanham a movimentação dos preços do ativo, deste modo são mais recomendados para investidores com perfil dinâmico em virtude da exposição aos riscos do mercado. Comparado aos investimentos em renda fixa apresentam um risco maior, porém podem apresentar retornos superiores tornando-os mais atraentes para os investidores visto que a rentabilidade é um dos critérios levados em consideração quando decide-se realizar um investimento.

O investimento em ações é um dos tipos de investimentos em renda variável mais conhecidos pelas pessoas, mas além deste os investimentos em renda variável compreendem também o mercado de derivativos, no qual o preço dos instrumentos financeiros que são negociados derivam de um ativo subjacente.

Existem quatro tipos de mercados de derivativos: mercado a termo, mercado de futuros, mercado de *swap* e mercado de opções. Operar no mercado de derivativos pode-se ter em vista objetivos diversos, porém é possível elencar os 4 principais: proteção, alavancagem, arbitragem e especulação.

No mercado de futuros os contratos são negociados apenas na bolsa de valores, por intermédio de uma corretora de investimentos. A bolsa de valores é caracterizada como um ambiente que oferece condições e sistemas necessários para a realização de negociação de compra e venda de títulos e valores mobiliários de forma transparente. Trata-se de uma atividade auto regulada o que visa preservar elevados padrões éticos de negociação, como também divulgar as operações com rapidez, amplitude e detalhes [Correia 2008].

Neste mercado tais ativos são negociados com a nomenclatura de contratos futuros e seus preços variam conforme a oferta e a demanda. É necessário ressaltar que existem padronizações específicas para cada um destes ativos, a citar: lote mínimo

para ser negociado, vencimentos, margem de garantia dentre outras. Vale ressaltar que a maioria das negociações realizadas no mercado futuro não levam a entrega do ativo subjacente, pois muitos investidores recorrem a este tipo de investimento não para a entrega do bem, mas como instrumento de cobertura ou para especulação sobre o movimento dos preços.

Assim, para o investimento no mercado de futuros não é necessário o dinheiro referente ao valor total do contrato, mas sim de uma margem de garantia, definida pela bolsa de valores, esta proporcionará a garantia que o investidor está apto a arcar com as oscilações do mercado. O valor da margem varia bastante, dependendo do ativo subjacente e do mercado, esta é usualmente menor que 10% do valor do contrato [Murphy 1999].

Exemplificando a afirmação, considere um contrato de boi gordo, o qual equivale a 330 arrobas. Para determinar o valor deste é necessário o valor da cotação do contrato do boi, caso esta corresponda a R\$ 140,00, basta multiplicar este valor por 330 (quantidade de arrobas referente a um contrato), deste modo o valor total do contrato do boi corresponde à R\$ 46.200,00, mas para negociá-lo o investidor não precisa dispor de todo capital e sim uma margem de garantia correspondente a aproximadamente R\$ 3.000,00.

O parâmetro utilizado no exemplo descrito no parágrafo anterior como a quantidade de arrobas equivalente a um contrato de boi, o 330, representa um fator multiplicativo utilizado para converter o preço da cotação do contrato no seu preço real, por sua vez é denominado de *point value*. Vale ressaltar que o valor do *point value* varia de contrato para contrato em virtude das suas características.

Neste mercado, todos os dias são apuradas as variações de preços dos contratos, ou seja, é realizado o ajuste diário das posições, creditando o lucro daqueles que foram bem sucedidos no dia anterior e debitando o prejuízo na conta daqueles cuja posições foram contra o esperado.

Caso o capital disponível na conta do investidor no decorrer destes ajustes diários decresça para um valor inferior à margem exigida, o investidor é comunicado pela corretora que é necessário adicionar capital à conta para atingir o nível exigido, caso contrário, o investidor será forçado deixar a posição. O investidor também possui a opção de realizar uma retirada de capital na conta, caso a mesma ultrapasse a margem.

Assim, destaca-se algumas vantagens ao investir em mercado de futuros, o modo de negociar é semelhante a negociação de ações, o preço destas por sua vez são fortemente impactados por notícias, balanços e relatórios da empresa emitidora da ação, fatores políticos, econômicos, o que raramente acontece com as *commodities agrícolas*, que se caracterizam como uma das possibilidades de investimento no mercado futuro. Pode-se citar também a diversificação, a qual possibilita o investidor a não ficar preso as ações, investindo também em bens de consumo importantes,

assim como em índices de mercado de ações, os quais são compostos pelas principais empresas de um determinado setor ou de um país.

O baixo valor de margem requerido para a negociação de contratos futuros proporciona um enorme poder de alavancagem. O qual possibilita ao investidor impulsionar seus resultados mesmo com pouco dinheiro, uma vez que a rentabilidade é apreciada sobre um capital superior ao investido, mas é importante que o investidor esteja ciente dos riscos inerentes a este tipo de investimento, pois a medida que a possibilidade de ganho cresce a de perda cresce na mesma proporção [Murphy 1999].

Além deste mercado apresentar um alto volume de negociações e liquidez, possibilita ao investidor tomar dois tipos de posições na negociação: posição comprada (*long*) e posição vendida (*short*). Na posição comprada o investidor lucrará com a alta no preço do ativo, enquanto na posição vendida a operação consiste em lucrativa caso ocorra a baixa no preço do ativo que está sendo negociado [Covel 2014], [Queji e Schier 2016].

Nesta última, também referenciada por alguns como venda à descoberto, o investidor começa o processo vendendo o contrato, sem efetivamente possuí-lo. Ao fim de determinado período, o investidor compra o contrato vendido, fechando assim a posição, caso o preço de compra seja menor que o preço de venda, obtém-se o lucro com a diferença ([Queji e Schier 2016]).

## 2.2 Análise técnica e análise fundamentalista

Para negociar no mercado de futuros, assim como qualquer outro mercado de renda variável, é de suma importância que o investidor possua conhecimento das teorias existentes relacionadas a negociação de modo que estas sirvam como subsídios em suas tomadas de decisões tornando-o um investidor bem sucedido, evitando as frustrações com os investimentos em renda variável.

Existem duas teorias básicas utilizadas para operar no mercado [Covel 2014], [Murphy 1999]. A primeira chamada de análise fundamentalista consiste no estudo de fatores externos a citar clima, política governamental, política externa e interna, eventos econômicos, taxas de preço, lucros, balanços patrimoniais que possam interferir na oferta e demanda de determinado ativo, de modo que estes servirão como norteadores para as decisões de compra ou venda do ativo.

A segunda teoria chamada de análise técnica contrapõe diretamente com os fundamentos da análise fundamentalista, nesta abordagem acredita-se que os preços do mercado refletem todos os fatores que afetam a oferta e a demanda de um determinado ativo. Assim, ao invés de monitorar todos os fatores que possam interferir no preço, a análise técnica tem como foco de estudo as séries históricas de preço dos ativos e os negociadores que utilizam desta acreditam que uma análise cuidadosa das

séries históricas, isto é, da cotação diária dos preços, é um meio eficaz para negociar e obter lucro [Covel 2014] .

Existem duas formas de análise técnica: a análise técnica preditiva que tem como base a leitura de gráficos e a utilização de indicadores para a predição de preços e direção do mercado e a análise técnica reativa que consiste na reação ao movimento dos preços permitindo que o investidor não se envolva emocionalmente com a tentativa de prever direção ou duração do movimento dos preços [Covel 2014] .

## 2.3 Estratégias de negociação seguidoras de tendência (Trend Following)

Estratégia de negociação de *trend following* tem como ideia elementar seguir tendências, seguindo-as até que o preço realize um movimento inverso a tendência em questão. Estas se encaixam na teoria da análise técnica reativa, definida na seção anterior, pois não buscam prognosticar o movimento do mercado, mas reagir aos movimentos de um mercado sempre que ocorram.

O conceito central da estratégia de *trend following* é o movimento sistemático nas séries temporais de preço de um instrumento financeiro, assim, o conceito básico não é entrar na posição no ponto mais baixo de uma tendência ou sair exatamente no mais elevado, mas sim capitalizar sobre os preços no movimento a longo prazo [Covel 2014].

Existem inúmeros modelos de *trend following*, umas mais conhecidas e utilizadas que outras em virtude da sua simplicidade de interpretação [Covel 2014]. Dentre estas encontra-se o cruzamento de médias móveis e o *breakout* em [Krausz 1998], encontra-se também uma outra estratégia baseada no indicador técnico *HiLo Activator*.

Assim, os sistemas mecânicos de operações, que possuem como base o *trend following*, baseiam-se em um conjunto de regras objetivas e automatizadas. Estas regras são seguidas rigorosamente de modo que o operador não tome decisões sujeitas a distorções comportamentais, pois a violação destas regras predeterminadas leva à quebra do seu sistema [Covel 2014].

### 2.3.1 Método *breakout*

O método *breakout*, ou "rompimento", como estratégia de *trend following*, corresponde em olhar para trás 'N' dias, este corresponde ao número de dias das negociações anteriores que serão levadas em consideração, incluindo o dia da negociação em curso. Os dados sobre a série histórica serão os preços de fechamento para o referido instrumento financeiro. O método em questão pode ser utilizado tanto para



determinar uma tendência de alta, quanto uma tendência de baixa na série temporal dos preços.

A entrada da posição tendo como estratégia de negociação o método *breakout* é realizada sobre os seguintes critérios: se o preço de fechamento para o presente dia é o mais alto para os últimos ‘N’ dias levados em consideração, uma tendência de alta é sinalizada e uma posição comprada no instrumento financeiro deve ser tomada. Caso o preço de fechamento para o presente dia é o mais baixo para os últimos ‘N’ dias levados em consideração, uma tendência de baixa é sinalizada e uma posição vendida no instrumento financeiro deve ser tomada.

### 2.3.2 Médias móveis como estratégia de *trend following*

Antes de apresentar de qual maneira as médias móveis podem ser utilizadas como uma estratégia de *trend following*, é importante conceituá-las. As médias móveis caracteriza-se por uma série criada a partir da média dos preços para um subconjunto de tamanho ‘n’ da série de tempo integral. Deste modo pode-se afirmar que estas tem como intuito fornecer o valor médio do preço num determinado período de tempo.

Existem diferentes tipos de médias móveis, variando do movimento mais básico da média aos mais sofisticados. Estes variam em função da complexidade para o seu cálculo. Apesar dos diversos tipos, vale ressaltar que a média móvel simples, *simple moving average* (SMA) é amplamente utilizada em aplicações financeiras como indicador de tendência nos preços de fechamento de um instrumento financeiro, a quantidade de dias anteriores que devem ser levados em consideração podem variar de meses a anos, tal escolha é respaldada pelo perfil do investidor. No cálculo das médias móveis, independente do seu tipo, para cada dia que passa o preço do novo dia é adicionado para a realização do cálculo e o preço do último dia é desconsiderado.

Desta forma, calcula-se a SMA adicionando os preços do fechamento ( $x_i$ ) de um determinado período e dividindo-se este valor pelo número do período considerado (n), veja a 2.1 abaixo:

$$\frac{1}{n} \sum x_1 + x_2 + \dots + x_n \quad (2.1)$$

Neste tipo de média móvel, a SMA, todos os preços anteriores apresentam o mesmo peso o que não ocorre no cálculo das médias móveis exponenciais, ou *exponential moving average* (EMA), uma vez que quanto mais antigo for o preço no período considerado para o cálculo menor o seu peso, um dos fatores importantes que diferenciam ambas [Murphy 1999].

O uso de médias móveis simples (SMA) como estratégia de *trend following* pode ser determinado pelo cruzamento das médias móveis. A forma como elas se cruzam é que

determina se o ativo esta em tendência de alta ou de baixa. Para a exemplificação desta estratégia considere duas médias móveis simples uma com o período de 20 dias e a outra período de 200 dias, representadas na figura 2.1 pela cor vermelha e azul, respectivamente. Ambas utilizam no seu cálculo o preço do fechamento.

Quando a média mais rápida (20 dias) cruza para cima a média mais lenta (200 dias) detecta-se uma tendência de alta, identificada pelo círculo amarelo na figura 2.1, e uma posição comprada deve ser tomada. Entretanto quando a média mais rápida (20 dias) cruza para baixo a média mais lenta (200 dias) caracteriza-se uma tendência de baixa nos preços do ativo, identificada pelo círculo azul na figura 2.1, neste caso deve-se tomar uma posição vendida.



Figura 2.1: Cruzamento de médias móveis simples como estratégia de *trend following*

Vale ressaltar a existência de diversos modos, além do descrito, apresentados em [Murphy 1999] para se utilizar as médias móveis como estratégia de negociação de *trend following*,

### 2.3.3 *HiLo Activator*

O indicador *HiLo Activator*, *HiLo* é a sigla em inglês para *High Low* (alto e baixo) caracteriza-se como um indicador de tendências, assim como as médias móveis e o *breakout*. Este proposto por [Krausz 1998] utilizado no ponto de ação do seu sistema de negociação.

Segundo o autor o ponto de ação compreende as regras de entrada/saída, que é um dos componentes mínimos para um sistema de negociação ser válido.

Para o desenvolvimento desta ferramenta identificadora de tendências, o *HiLo Activator*, assim como para o seu sistema de negociação, referenciado por *New Gann*

*Swing Chartist*, [Krausz 1998] teve como inspiração os cursos originais de negociação propostos por William D. Gann. A aquisição dos cursos aconteceu em 1998 através de Joe Rondinone que comprou-os em 1955 na mão do próprio William.

Existem muitos negociadores que foram bem sucedidos ao utilizarem dos conhecimentos propostos nos cursos de negociação ministrados por William. E que estes eram mais diretos e objetivos que os livros de sua autoria, pois nestes ele escondia o significado real por trás de uma explicação superficial [Krausz 1998] .

O indicador *HiLo Activator* pode ser utilizado para identificar tantos os pontos de entrada, quanto os pontos de saída de uma determinada negociação. O indicador leva em consideração a média móvel simples das máximas e mínimas do preço de um ativo em determinada janela temporal e tem como finalidade a identificação de tendência de alta ou baixa de determinado ativo [Krausz 1998], [Gomes. F. e Saiz 2012], [Queji e Schier 2016].

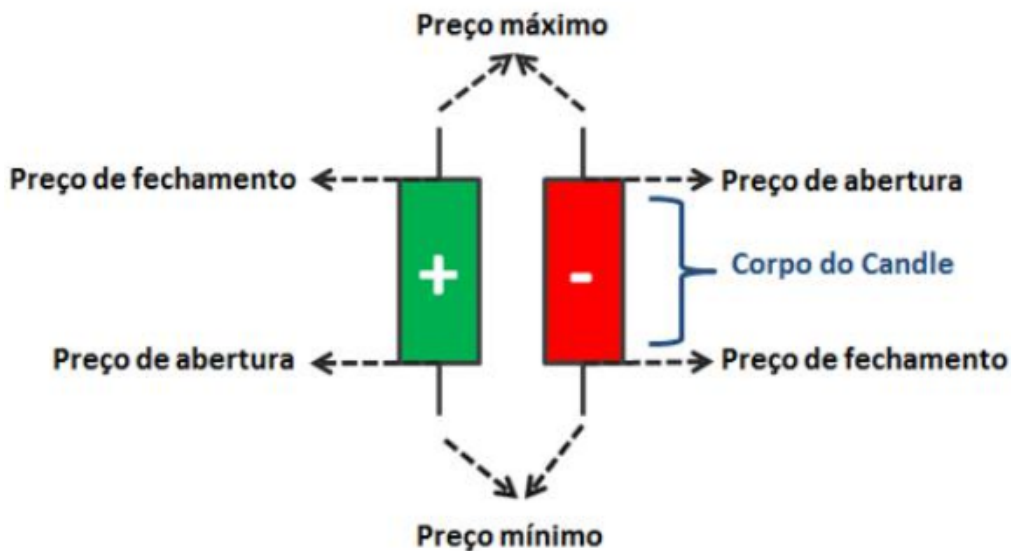


Figura 2.2: Representação do *candlestick*

Este pode ser considerado como progresso das médias móveis, uma vez que utiliza desta para realização do seu cálculo e representação gráfica, a qual é dada por linhas horizontais que se assemelham a escadas, abaixo ou acima dos *candles* <sup>1</sup>.

Na figura 2.3 é exibida a representação gráfica do indicador *HiLo*. Para a realização desta é preciso realizar o cálculo e o respectivo traçado na série temporal da média das máximas e das mínimas, com base em uma variável "N" a qual determina o número do período levado em consideração para o cálculo da média.

<sup>1</sup> *Candlestick* corresponde a uma representação gráfica que representa a variação nos preços de mínimo, máximo, abertura e fechamento de um contrato no decorrer de um período de tempo (i.e. um minuto, um dia, etc), este é ilustrado na figura 2.2 [Murphy 1999], [Queji e Schier 2016]. Sua representação na cor verde, indica que o preço fechou acima do preço de abertura. Enquanto na cor vermelha indica que o preço de fechamento ficou abaixo do preço de abertura.



Figura 2.3: Representação gráfica do indicador *HiLo Activator*

A parte da inteligência do indicador é determinar quando traçar o *HiLo* acima ou abaixo dos *candles*, a qual obedece os seguintes critérios: *HiLo* acima dos *candles* após um fechamento abaixo da média deslocada das mínimas, representado pela linha em formato de escada na cor vermelha na figura 2.3 ; *HiLo* abaixo dos *candles* após um fechamento acima da média deslocada das máximas, representado pela linha em formato de escada na cor azul na figura 2.3.

É perceptível, com base na visualização gráfica, que a cada período somente um sentido do *HiLo* é traçado, o qual modifica-se conforme os critérios que definem seu traçado, descrito no parágrafo anterior, o que possibilita uma análise significativa por parte do operador.

Desta maneira, pode-se fazer a seguinte interpretação para o indicador descrito: tendência de alta, traçado abaixo dos *candles*, nesta é pertinente entrar com uma posição comprada, visto que o objetivo deste tipo de posição é lucrar com a alta no preço do ativo. Em contrapartida, a tendência de baixa *HiLo Activator* é identificada quando o traçado é realizado acima dos *candles*, a qual é favorável entrar em uma posição vendida, visto que a mesma possui como finalidade a obtenção do lucro com base na queda no preço do ativo.

Outro fator que merece destaque é que o indicador leva em consideração um único parâmetro, o qual refere-se a quantidade de períodos levados em consideração para realização do seu cálculo, e não existe um número padrão para tal. Pode-se levar em consideração diferentes períodos para o cálculo das médias para as máximas e mínimas, uma vez que os ativos apresentam comportamentos distintos entre as tendências de altas e baixas.

Este indicador técnico pode ser utilizado para definir as estratégias de negociação,

a citar: identificação de entrada e saída de uma posição, seja ela comprada e/ou vendida, como citado no início da seção. Pode-se também aumentar a complexidade deste adicionando *stop* de ganho e/ou perda, sejam eles fixos ou móveis, como também a associação com outros indicadores para as regras de entrada e saída da negociação, dentre outras diversas possibilidades de regras operacionais.

## 2.4 Retorno anual composto - CAR (compound annual return)

O retorno anual composto (CAR) é uma das métricas consideradas na presente pesquisa utilizada para avaliar a lucratividade do sistema de negociação. Esta métrica representa a taxa de retorno do investimento, levando em consideração o efeito de composição do investimento para cada ano. Assim, interpreta-se o valor atribuído a essa métrica como a taxa que um investimento teria crescido ao final de cada ano se tivesse crescido a uma taxa constante. A fórmula para seu cálculo é expresso na equação 2.2 .

$$CAR = \left( \frac{\text{Valor do investimento no final do período}}{\text{Valor inicial do investimento}} \right)^{\frac{1}{\text{Tamanho do período do investimento (ANOS)}}} - 1 \quad (2.2)$$

## 2.5 Average true range (ATR)

O indicador ATR, desenvolvido por [Wilder 1978], representa a volatilidade nos preços do ativo num determinado período. O ATR corresponde a uma média móvel suavizada, para uma determinada quantidade de dias, dos valores da verdadeira variação (*true range* (TR)) no preço do ativo.

O *true range* é o maior valor, entre:

- a distância entre a máxima e mínima do recente período;
- valor absoluto da distância entre a máxima do recente período e o fechamento anterior;
- o valor absoluto da distância entre a mínima do recente período e o fechamento anterior;

Desta maneira o cálculo do ATR para um determinado período de dias (t) é dado pela equação 2.3, onde  $ATR_t$  é o valor do ATR para o período t;  $ATR_{(t-1)}$  é o valor do ATR para o período (t-1); n é o número de períodos considerados para o cálculo do ATR;  $TR_{(t)}$  é o *true range* calculado no período t [Wilder 1978].

$$ATR_t = \frac{ATR_{t-1} * (n - 1) + TR_t}{n} \quad (2.3)$$

O primeiro valor do ATR na equação 2.3 é determinado pela média aritmética das TR (ver equação 2.4).

$$ATR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n TR_i \quad (2.4)$$

## 2.6 Máximo *drawdown*

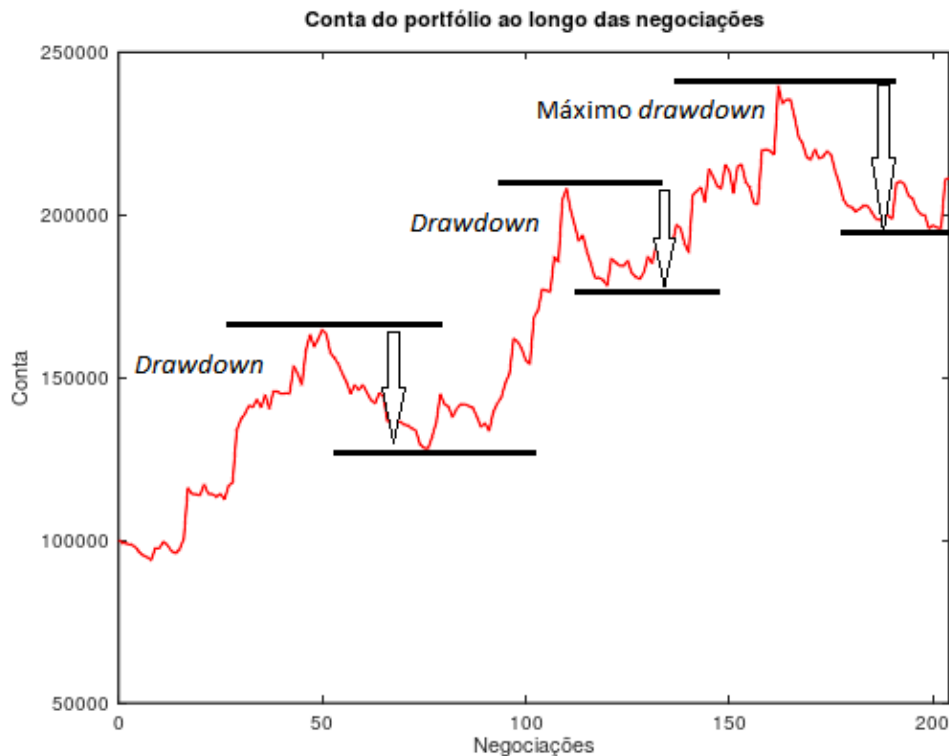


Figura 2.4: Identificação do máximo *drawdown* na curva da conta ao longo das negociações

Para analisar o desempenho de um sistema de negociação além de considerar o lucro é fundamental a análise do máximo *drawdown* na conta durante as negociações. Este indicador é ilustrado na figura 2.4, o qual representa a maior perda detectada desde um ponto de alta (pico) até um ponto de mínima (vale) na conta ao longo das negociações num determinado período.

Com base nestas considerações, é apresentada na tabela 2.1 a porcentagem perdida da conta e a porcentagem da conta restante necessária ganhar para se recuperar, o

Tabela 2.1: Porcentagem necessária para recuperação de perdas

Porcentagem perdida	Porcentagem do capital para a recuperação
10%	11,11%
20%	25,00%
30%	42,85%
40%	66,66%
50%	100%
60%	150%
70%	233%
80%	400%
90%	900%
100%	FALENCIA

que vem confirmar a preocupação que deve-se ter com as perdas durante as negociações uma vez que é difícil recuperar o dinheiro perdido.

## 2.7 *Stop Candelabro*

Em um sistema de negociação completo além das regras de entradas da posição é fundamental definir-se também as regras de saída, principalmente as saídas para o momento que o comportamento do mercado caminhe contra o esperado. As saídas são fundamentais uma vez que são elas que determinam o dinheiro ganho na posição, não as entradas [Elder 2006]. Este autor aconselha que o *stop loss* deve ser colocado imediatamente após a entrada da posição e deslocá-lo na direção da posição assim que ela começar avançar a seu favor.

O *stop candelabro* foi desenvolvido e apresentado por Chuck LaBeau em Trade's Camp de janeiro de 2000 e em março de 2001 no Caribe e no Pacífico, respectivamente. Este *stop* tem como base para o seu cálculo o ATR.

As regras do *stop candelabro* podem ser aplicadas tanto para tendências de alta, quanto para tendências de baixa. Nas tendências de alta, a medida que os preços sobem o *stop candelabro*, pendente do ponto mais alto da tendência, também sobe. No seu cálculo, expresso na equação 2.5, o *stop candelabro* subtrai do ponto mais alto alcançado pela tendência o valor do ATR multiplicado por um coeficiente [Elder 2006].

Na equação 2.5 PMA corresponde ao ponto mais alto de um número de dias escolhidos, coef o coeficiente selecionado pelo operador e o ATR a média da faixa verdadeira para o número de dias escolhidos.

$$\text{Stop Candelabro} = PMA - \text{coef} * ATR \quad (2.5)$$

Levando em consideração as tendências de baixa o cálculo desse *stop* é apresentado na equação 2.6 onde, PMB é o ponto mais baixo de um número de dias escolhidos, coef o coeficiente selecionado pelo operador e o ATR a média da faixa verdadeira para o número de dias escolhidos.

$$\text{Stop Candelabro} = \text{PMB} + \text{coef} * \text{ATR} \quad (2.6)$$

Na presente pesquisa o *stop candelabro* para posição comprada (*long*) é mantido dois ATR's abaixo do ponto mais alto alcançado pela tendência no período de 20 dias, enquanto para a posição vendida (*short*) o *stop candelabro* é mantido dois ATR's acima do preço mais baixo alcançado pela tendência no período de 20 dias. Assim, o *stop candelabro* sobe e desce conforme o movimento dos preços nas tendências de alta e baixa e a variação do ATR. Na figura 2.7 é exibida a representação gráfica do *stop candelabro* para uma posição *short*.



Figura 2.5: Representação gráfica para o *stop candelabro* (linha amarela pontilhada)

## 2.8 Métodos de *position size*

O *position size* (PS) caracteriza-se como um dos tópicos que todo sistema de negociação completo deve abranger e tem como objetivo determinar o quanto do seu capital o investidor vai colocar em risco na próxima negociação, de modo mais simples, a quantidade de contratos a negociar.



A chave do sucesso em uma estratégia de negociação está relacionado ao uso adequado do PS [Covel 2014], [Jones 1999], [Jaekle e Tomasini 2009], [Tharp 2008]. Segundo [Covel 2014] o PS é um tópico incompreendido ou manipulado indevidamente pelos investidores, em [Jones 1999] ele já afirmava que este tópico caracterizava com um ponto crítico da negociação pela incompreensão do que realmente entendia-se por PS.

Existe uma grande variedade de métodos de PS e a maioria destes de acordo com [Jones 1999] subdividem-se em duas categorias: os métodos *martingale* e os métodos *antimartingale*.

Os métodos *martingale* são aqueles que o tamanho da posição em negociações futuras aumenta quando a conta do investidor diminui, assim de acordo com a dinâmica do método a conta vem sofrendo perdas e esta aumenta a possibilidade de equilíbrio das perdas ou permanecem as mesmas. A justificativa para o uso de tais métodos é que quando os preços retornarem para a tendência de negociação o lucro compensará as perdas.

Tendo em vista métodos desta categoria os investidores não estão tentando mudar as probabilidades ao fazerem uso destes visto que a esperança matemática da negociação é positiva, uma vez que não existe método de PS que transforme um cenário de expectativa matemática negativa em positiva segundo, mas tentando tirar vantagem da situação [Jaekle e Tomasini 2009], [Vince 1992].

Entretanto, os métodos que compõem a categoria *antimartingale*, contrapõe-se as características dos métodos *martingale*, ou seja, são aqueles que o capital colocado em risco em negociações futuras só aumenta quando o patrimônio do investidor também aumenta.

Deste modo, é exposto a seguir alguns dos métodos de PS da categoria *antimartingale* e suas definições, uma vez que os métodos *martingale* não são recomendados para negociações de futuros que é o foco de estudo para a presente pesquisa.

### 2.8.1 Método *fixed size*

O *Fixed size* (tamanho fixo) é um método simples de PS, em que o investidor designa um número fixo de ações ou contratos e este número é utilizado em todas as negociações.

$$PS = \text{Quantidade de contratos a negociar} \quad (2.7)$$

### 2.8.2 Método *constant value*

Para determinar a quantidade de contratos a negociar, com base neste método de PS, o investidor deve especificar o valor total da posição para cada negociação. Este

método, assim como o anterior, não modifica a tamanho da posição com base na conta, mas, o tamanho da posição modificará apenas com o preço total do contrato do ativo negociado. A equação 2.8 determina a quantidade de contratos a negociar (PS) baseado no método em questão.

$$PS = \frac{\text{Valor constante da posição}}{\text{Valor total do contrato}} \quad (2.8)$$

A seguir, encontra-se um exemplo de sua aplicabilidade.

Suponha que o investidor está disposto a negociar contrato de dólar, cuja cotação e *point value* correspondem à R\$ 3.800,00 e 10, respectivamente. Assim, o valor total do contrato de dólar é R\$ 38.000,00. Caso o investidor determine que o valor total da posição por negociação é R\$ 100.000,00, com base no equação 2.8, o investidor pode negociar 2 contratos de dólar.

### 2.8.3 Método *fixed amount of equity*

Neste método de PS, segundo [Tharp 2008], para determinar a quantidade de contratos a negociar é necessário que o investidor estabeleça o valor da conta necessário para negociar um contrato.

$$PS = \frac{\text{Conta}}{\text{Valor da conta para negociar um contrato}} \quad (2.9)$$

Exemplo: O investidor possui uma conta de R\$ 100.000,00, e estabelece negociar um contrato de dólar para cada R\$ 5.000,00 em conta. Assim, de acordo com a equação 2.9 do método *Fixed Amount of Equity*, ele negociaria 20 contratos.

### 2.8.4 Método *percent volatility*

O método em questão utiliza em seu cálculo o indicador *ATR*, definido na seção 2.7, o qual representa a volatilidade dos preços de determinado ativo ao longo de um período de tempo arbitrário [Tharp 2008]. Assim, de acordo com Clenow (2013), a quantidade de ações/contratos a negociar, com base neste método, é dada pela equação 2.10. Neste método de PS o investidor assume, através do parâmetro volatilidade da posição, a oscilação diária permitida em sua conta.

$$PS = \frac{\text{Volatilidade da Posição} * \text{Conta}}{\text{ATR}(20) * \text{Point Value}} \quad (2.10)$$

Exemplo: Suponha que o investidor dispõe de um capital de R\$ 100.000,00 e decide-se negociar contrato de dólar, cujo *point value* corresponde a 10. Considerando que

a oscilação máxima permitida na conta equivale a 1%, ou seja R\$ 1.000,00, e o *ATR* de 20 dias medido em R\$ 6,00, baseado na equação 2.10, o método *percent volatility*, permite negociar 16 contratos. ( $1\% * 100.000,00 / R\$ 6,00 * 10 = 16$ ).

### 2.8.5 Método *fixed fractional*

Para determinar a quantidade de contratos a negociar, com base no método *Fixed Fractional*, leva-se em consideração o risco máximo que o investidor está disposto a assumir em cada negociação [Jones 1999], [Jaekle e Tomasini 2009], [Tharp 2008]. Define-se como o risco a quantidade máxima de dinheiro que seria perdido caso a negociação fosse contra o esperado.

Assim, este método de PS arrisca a mesma porcentagem da conta em cada negociação [Jones 1999], [Jaekle e Tomasini 2009], [Tharp 2008]. Desta maneira, se a conta do investidor reduz, o tamanho da posição reduz proporcionalmente, caso a conta aumente, o investidor aumenta de maneira proporcional o tamanho da posição.

Este método apresenta uma natureza interessante, uma vez que não utiliza números e sequências ou resultados anteriores, além disto é o único que incorpora diretamente o risco da negociação. Vale ressaltar que a quantia arriscada não deve ser confundida com o valor investido no método em questão.

Assim, a fórmula matemática que determina a quantidade de contratos a negociar com base no método *Fixed Fractional* é expressa na equação 2.11, para realização do cálculo o investidor deve determinar o risco que está disposto a assumir em cada negociação e o *stop loss* por contrato.

$$PS = \frac{\text{Risco da Posição} * \text{Conta}}{\text{stop por contrato} * \text{Point Value}} \quad (2.11)$$

Exemplo: Supondo que o capital disponível de um investidor é R\$ 100.000,00. Este deseja negociar contrato de dólar, cujo *point value* corresponde a 10, arriscando 1% do capital disponível em cada negociação e assumindo o *stop* por contrato, baseado no *ATR* de 20 dias, de R\$ 5,00. Desta maneira, baseado na equação 2.11, o método *Fixed Fractional* permite ao investidor negociar 20 contratos ( $1\% * R\$ 100.000,00 / R\$ 5,00 * 10 = 20$ ).

### 2.8.6 Método *fixed ratio*

Este método é um avanço do método *Fixed Amount of Equity*, foi desenvolvido por Ryan Jones sua base está ancorada na relação do número de contratos a serem negociados com o montante dos lucros necessários para aumentar em um contrato adicional, e tal relação deve manter-se fixa ao longo da negociação [Wójtowicz 2016],

[Jaekle e Tomasini 2009] [Jones 1999]. Assim, a medida que o número de contratos aumenta, a quantidade de capital próprio necessário para adição de mais contratos, aumenta proporcionalmente.

A fórmula expressa na 2.12 é definida em [Jaekle e Tomasini 2009] para determinar o número de contratos a negociar de acordo com os fundamentos do método *fixed ratio trading*, por sua vez derivada da equação descrita por [Jones 1999]. Onde  $N_o$  é a quantidade de contratos a negociar inicialmente,  $P$  lucro das negociações fechadas e  $\delta$  a única variável da equação.

$$PS = \frac{1}{2} * \sqrt[2]{(2 * N_o - 1)^2 + 8 * \frac{P}{\delta}} + 1 \quad (2.12)$$

Quanto a variável da 2.12 o investidor tem liberdade para alterá-la visando a adaptação a um método ou estratégia particular. Esta por sua vez determina a dinâmica do resultado, assim como o grau de agressividade ou conservadorismo do método *fixed ratio*. Quanto mais baixo o valor atribuído a variável  $\delta$  mais agressiva a aplicação, entretanto, quanto mais alto seu valor mais conservadora a aplicação.

Quanto a este método algumas observações são pertinentes, a citar: o lucro,  $P$ , é o lucro acumulado sobre todos as negociações até aquela para o qual você deseja calcular o número de contratos a negociar, conseqüentemente o número de contratos a negociar na primeira negociação é igual a  $N_o$  por que o lucro fechado,  $P$ , é sempre zero [Jaekle e Tomasini 2009].

### 2.8.7 Método *percent of equity*

Neste método (porcentagem da conta) o número de contratos a negociar é determinado para que o tamanho da posição seja correspondente a porcentagem selecionada da conta, pelo investidor. O cálculo da quantidade de contratos a negociar é expresso na equação 2.13, onde  $f$  corresponde a porcentagem da conta selecionada pelo investidor.

$$PS = \frac{f * \text{Conta}}{\text{Valor de Margem do Contrato}} \quad (2.13)$$

Para compreender a dinâmica deste método considere a seguinte situação hipotética: o investidor dispõe de um capital de R\$ 100.000,00, deste ele decide arriscar 8% para negociar contrato de dólar, cujo valor de margem equivale à R\$ 4.830,00. De acordo com a equação 2.13, o método *percent of equity* permitiria ao investidor negociar 1 contrato.

### 2.8.8 Método *profit risk*

O método *Profit Risk* (Risco de Lucro) é similar ao método *Fixed Fractional*. No método *Fixed Fractional* o valor em dinheiro arriscado em uma negociação é uma porcentagem da conta do investidor. Enquanto no método descrito nesta seção, o valor arriscado em dinheiro em uma negociação corresponde a uma porcentagem da conta inicial mais a porcentagem do lucro total das negociações fechadas até o momento. A equação 2.14 determina a quantidade de contratos a negociar baseado no método *profit risk*, onde PC corresponde a porcentagem da conta inicial e PL a porcentagem do lucro.

$$PS = \frac{PC * \text{Conta Inicial} + PL * \text{Lucro das negociações fechadas}}{\text{stop por contrato} * \text{Point Value}} \quad (2.14)$$

Para entender a dinâmica deste método considere a seguinte situação: Suponha que ao iniciar uma negociação o investidor apresentou como capital disponível R\$ 100.000,00 e atualmente dispõe de um capital R\$ 145.000,00. Assim, pode-se concluir que o lucro total das negociações fechadas corresponde à R\$ 45.000,00.

Caso o investidor decida negociar contrato de dólar arriscando 1% do seu capital inicial e 2% do lucro acumulado ele arriscaria na próxima negociação o valor correspondente à R\$ 1.900,00. Ao considerar um *stop*, baseado no ATR de 20 dias correspondente à R\$ 6,00, por contrato negociado. Baseado na equação 2.14, de acordo com o método *profit risk*, a quantidade de contratos a negociar corresponde à 31.

### 2.8.9 Método Fórmula de Kelly

O surgimento desta fórmula apresenta relação com uma solução que os engenheiros do laboratório Bell System, propuseram a um ruído nas linhas de longa distância, este ruído aparentemente aleatório e inevitável o qual interferia na transmissão [Williams 2003]. Deste modo, [Vince 1992] afirma a existência de semelhanças entre o problema de transmissão de dados e o problema de crescimento geométrico relacionado com gerenciamento de recursos, uma vez que ambos problemas são frutos de um ambiente de incerteza favorável.

A equação 2.15 caracteriza a primeira fórmula de Kelly, onde,  $f$  é a fração fixa ótima;  $P$  a probabilidade de ocorrência de uma negociação vencedora e  $Q$  a probabilidade de ocorrência de uma perda.

$$f = P - Q \quad (2.15)$$

A equação 2.15 não nos forneceria a resposta correta para negociações na qual o valor pago às vencedoras sejam diferentes do valor pago às perdedoras [Vince 1992]. A fórmula de Kelly que satisfaça o cenário descrito é representada pela equação 2.16.

$$f = ((A + 1) * P - 1) / A \quad (2.16)$$

As variáveis que compõem a 2.16 correspondem a :  $f$  é a fração fixa ótima;  $P$  probabilidade de ocorrência de um negociação vencedora; e o  $A$  corresponde a razão entre valor ganho em uma negociação vencedora e o valor perdido em uma negociação perdedora. A mesma apresenta uma limitação, uma vez que só irá nos fornecer o valor correto do  $f$  caso os valores de ganhos sejam sempre iguais e os valores de perdas também. Assim, afirma que tais fórmulas de Kelly são aplicáveis apenas a resultados que apresentam uma distribuição de Bernoulli, ou seja, é uma distribuição com dois resultados discretos possíveis [Vince 1992].

A aplicação das fórmulas de Kelly a uma distribuição não-Bernoulli (como o mercado de futuros que dispõe de uma variabilidade de possíveis resultados) é um erro, esta não produzirá o  $f$  verdadeiramente ótimo [Vince 1992]. Entretanto, diante destas considerações vale a pena ressaltar que Larry Williams ao utilizar tal fórmula como subsídio às suas negociações logrou de um êxito significativo em seu capital [Williams 2003].

### 2.8.10 Método *Optimal F*

O método *Optimal F* foi desenvolvido por Ralph Vince tentando solucionar as inconsistências encontradas no método Fórmula de Kelly, este busca determinar a fração fixa ótima para a negociação em qualquer cenário. Deste modo, define como fração fixa ótima a que produzirá maiores retornos que qualquer outra fração aplicada ao mesmo cenário, uma vez que cada cenário apresentará uma fração ideal diferente [Vince 1992].

Essa fração fixa ótima ( $f^*$ ), com base no método *Optimal F*, é o resultado da diferença entre a habilidade de um sistema produzir lucros e seu risco. Para calcular  $f^*$  baseado neste método é necessário substituir o  $f$  na equação 2.17, ou na equação 2.18, variando-o de 0,01 ate 1,0 em intervalos de 0,1. O  $f$  que resulta no mais alto retorno relativo (RR) ou na mais alta média geométrica (G) é o  $f^*$ . Isso é possível pois ambos são maximizados para um mesmo valor de  $f$  [Vince 1992].

Na equação 2.17 RR representa o retorno relativo e na equação 2.18 G representa a média geométrica. As descrições a seguir servem para ambas equações:  $f$  representa o valor que está sendo atribuído a  $f$ , -Negócio<sub>*i*</sub> o lucro ou perda no iésimo negócio (o sinal negativo é para que as perdas apareçam como número positivo e os lucros, como número negativo), maior perda corresponde ao resultado da maior perda (deve sempre ser um número negativo) e  $N$  número total de negócios.

$$RR = \prod_{i=1}^N \left( 1 + f * \left( \frac{-\text{Negócio}_i}{\text{Maior Perda}} \right) \right) \quad (2.17)$$

$$G = \sqrt{\prod_{i=1}^N \left( 1 + f * \left( \frac{-\text{Negócio}_i}{\text{Maior Perda}} \right) \right)} \quad (2.18)$$

Porém, o  $f^*$  não caracteriza-se como a porcentagem do montante total que deve ser apostada, ele é o divisor de sua maior perda, o valor resultante dessa divisão é chamado de capitalização por contrato (ver 2.19).

$$\text{Capitalização por contrato} = \frac{\text{Maior perda observada}}{-f^*} \quad (2.19)$$

A capitalização por contrato, é o valor pelo qual deve-se dividir o montante total para descobrir a quantidade de contratos a negociar (ver equação 2.20).

$$PS = \frac{\text{Conta}}{\text{Capitalização por contrato}} \quad (2.20)$$

### 2.8.11 Método *Secure F*

De acordo com [Jones 1999], o método em questão é uma extensão na teoria do método *Optimal F*, no sentido de utilizar o maior *drawdown* esperado como divisor da fração fixa ótima ao invés de utilizar a maior perda potencial (ver equação 2.21).

$$\text{Capitalização por contrato} = \frac{\text{Drawdown esperado}}{-f^*} \quad (2.21)$$

E a fórmula 2.22 é utilizada para determinar quantidade de contratos a negociar baseado neste método, que é a mesma do método *optimal f*.

$$PS = \frac{\text{Conta}}{\text{Capitalização por contrato}} \quad (2.22)$$

### 2.8.12 Método *Maximum Drawdown (MMD)*

Este método de PS foi descrito e utilizado por Larry Williams e sua ideia central é derivada da gestão de riscos: certeza que possui capital próprio suficiente para suportar o pior caso de *drawdown*, este refere-se a maior perda, ocorrido na conta no passado, para tal seria necessário capital suficiente para cobrir o pior caso de *drawdown* mais a existência da margem [Jaekle e Tomasini 2009].

Desta maneira, Larry Williams recomenda, dispor de 150% do pior *drawdown* acrescido da margem para negociar o primeiro contrato. Para a adição do contrato subsequente é necessário que o capital aumente em 150% do pior caso de *drawdown*. Assim, isso deve garantir que o investidor disponha de capital suficiente para evitar perder tudo, mesmo que o pior caso de *drawdown* se reproduza [Jaekle e Tomasini 2009].

Assim, a fórmula matemática que determina a quantidade de dinheiro necessário para negociar um contrato, com base no método *Maximum Drawdown* (MDD) é expressa na equação 2.23 [Williams 2003].

$$\text{Quantidade de dinheiro} = \text{Margem} + (\text{Maior drawdown} * 1,5) \quad (2.23)$$

Para a exemplificação do método, considere que um investidor deseja negociar contrato de dólar considerando o método descrito. Sabendo que este dispõe de margem igual a R\$ 4.830,00 e o maior *drawdown* registrado corresponde à R\$ 5.000,00. Assim, para negociar um contrato de dólar seria necessário dispor de R\$ 12.330,00 [R\$4.830,00 + ( R\$ 5.000,00 \* 1,5)] [Williams 2003].

## 2.9 Simulação de Monte Carlo

Simulação é uma técnica para representar um processo ou construção física usando um modelo abstrato a fim de estudar e entender tal representação [Bandy 2011] .

A aplicabilidade da simulação em discussão ocorre em diversas áreas, como finanças, jogos, análises de sistemas de negociação, engenharia, entre outras. O processo algorítmico computacional desta simulação utiliza amostragem aleatória com substituição. Considerando a sua aplicabilidade para análise de sistema de negociação seguem as etapas descritas a seguir:

1. Realiza um *backtest* do sistema de negociação para produzir o conjunto original de N negociações.
2. Repetidamente 2.1 à 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.

Observação: como trata-se de uma amostragem aleatória com substituição, vale ressaltar, que apesar deste conjunto aleatório ser composto da mesma quantidade de negociações que o original, algumas negociações originais podem ser ignoradas e algumas utilizadas mais de uma vez.
  - 2.2 Na sequência são realizados os cálculos de ganho/perda para cada negociação escolhida aleatoriamente, utilizando o mesmo método de PS e respectivo parâmetro definido para a geração da sequência original.



2.3 Registra 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 ela dispõe de um grande número de resultados separados e independentes, em que cada um representa uma possibilidade de direção que o sistema de negociação pode seguir, isto é, um possível resultado.

Ao fim da execução da simulação de MC, é apresentado ao usuário a imagem 2.6, que exibe a conta ao longo das negociações para 100 das iterações realizadas durante a simulação.

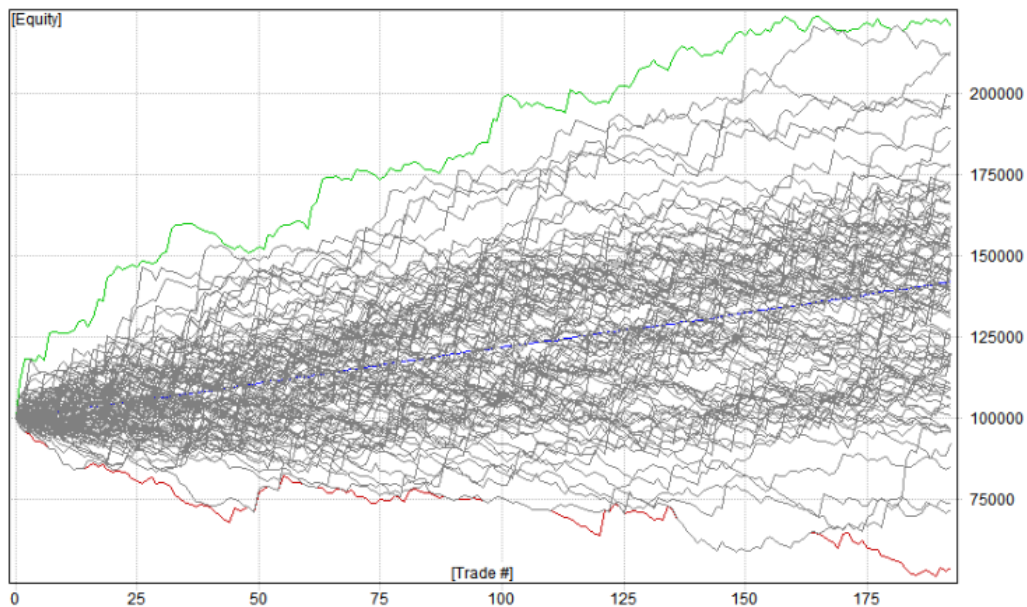


Figura 2.6: Ilustração do comportamento da conta para 100 das iterações realizadas em uma simulação de MC

Ao considerar a aleatoriedade no processo algorítmico da simulação de MC é necessário que esta disponha de uma fonte de alta qualidade para a geração de números randômicos. Pois, dependendo da situação que a simulação de MC for aplicada a possibilidade de ordenação do sistema em estudo pode chegar a casa dos milhões e nem todas serão levadas em consideração para a realização da simulação. Dentre todas as possibilidades disponíveis serão escolhidas aleatoriamente as que irão integrar o processo de simulação, assim é necessário gerar números randômicos de qualidade de modo que as escolhas realizadas aleatoriamente tenham uma boa representatividade sobre todas as escolhas possíveis.

As distribuições estatísticas geradas após o processo algorítmico de MC que são exibidas para o usuário são baseadas na inversa da função de distribuição cumulativa (ver figura 2.7).

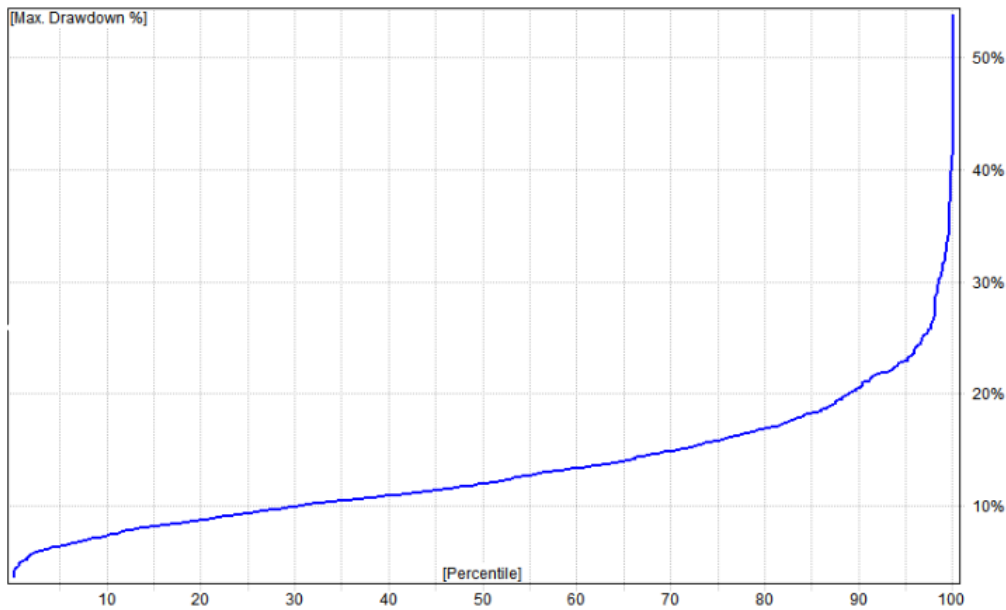


Figura 2.7: Ilustração da inversa da função de distribuição cumulativa gerada ao fim da simulação de Monte Carlo para o máximo *drawdown*

Analisando a figura 2.7 é possível afirmar que em 30% das iterações realizadas o máximo *drawdown* não excede 10%, deste modo em 70% das iterações realizadas o máximo *drawdown* é superior à 10%.

Porém, para chegar nesta representação é necessário considerar duas outras funções: inicialmente a função de densidade de probabilidade que exibe a porcentagem de ocorrência observada para uma instância específica de uma variável; a partir desta determinada-se a função de densidade cumulativa, na qual a porcentagem de ocorrência de cada ponto corresponde a soma de todas as porcentagens de ocorrência dos pontos mais baixos, incluindo a sua, da função de densidade de probabilidade. A inversão desta função é realizada com intuito das porcentagens de ocorrência estarem no eixo x, tornando-as em variáveis independentes, favorecendo a interpretação dos resultados da simulação [Bandy 2011].

# Capítulo 3

## Trabalhos relacionados

Como já exposto nos capítulos anteriores a maioria dos trabalhos teóricos referentes à bolsa de valores buscam determinar no que investir, os melhores momentos para investir, as melhores estratégias para entrada e saída da negociação, deixando de lado, ou muitas vezes negligenciando, um tópico que deve integrar todo sistema de negociação completo, o *position size*. A importância deste tópico é elucidada nos resultados dos artigos que utilizam de diversos métodos PS nos seus sistemas de negociação. Apesar da importância o tema é ignorado, o que é comprovado pela pouca quantidade de artigos publicados que aborda este tema, o que pode ser justificado por ser uma das decisões menos compreendidas num sistema de negociação.

A importância deste tópico é vislumbrada em [Lundström et al. 2014], ao propor um método de PS que incorpora um stop loss (parada de perda), para tal, tomou como ponto de partida dois métodos existentes na literatura, o método de Kelly e o método de Vince *Optimal F*, ambos visam determinar o fator de alavancagem ideal para maximização do lucro. Utilizou-se os ativos S&P500 e petróleo bruto para realizar simulações com base na estratégia de negociação para futuros de Rotando e Thorp (2012) adicionando-a o método *Optimal F* e o uso de *stop loss*. Assim, as simulações realizadas da estratégia de negociação compreendem os seguintes casos: sem uso do método *Optimal F* e sem *stop loss*; uso apenas do *stop loss*; uso apenas do método *Optimal F*; e por fim, uso de ambos. Os resultados mostraram que o uso apenas do *stop loss* já apresenta efeitos moderadamente positivos nos retornos ao comparar os resultados da implementação da estratégia sem uso do método de PS e sem *stop loss*. Adicionando a estratégia além do *stop loss* o método *Optimal F* os retornos são substancialmente incrementados.

[Anderson e Faff 2004] apresenta a rentabilidade de uma estratégia de negociação simples bem conhecida, o método dos *turtles*, em 5 mercados futuros, S&P500, UST – Bonds British, Pound, Comex Ouro e Milho. Nesta estratégia os autores incorporaram a capacidade de reinvestimento de lucros via método de PS *Optimal F*, onde os valores da fração fixa ótima são testados para determinar a capitalização por contrato e o número de contratos a negociar, as quais variam entre 0,05 e 1 em incrementos

de 0,05 apresentando os resultados destes testes com base no terminal de riqueza relativa (TWR). Ao analisar os resultados mostrou a importância da capitalização e do reinvestimento para os retornos das negociações futuras, o método *Optimal F* mostrou sua eficácia em alguns mercados apresentando que retornos substancialmente consideráveis eram viáveis, porém se mostraram ineficazes nos mercados que apresentam perda com a aplicação do modelo dos *turtles*, pois não existe nenhum método de PS que converta as negociações não lucrativas em vencedora.

Existem também trabalhos teóricos que realizam comparação entre os métodos de PS utilizando exemplos simples para a compreensão da temática abordada, nesta perspectiva cita-se [Vince 2011], em que ele distingue o método de Kelly e o método *Optimal F* uma vez que eles são confundidos erroneamente por possuírem uma representação matemática bem similar, e oferecem meios para transitar entre eles. No decorrer do estudo afirma que o método Kelly não determina uma fração ótima para o risco levando em consideração uma negociação, exceto em caso especial, porém a fração fixa ótima para arriscar, determinada pelo método *Optimal F*, é válida para todos os casos (jogo, apostas, negociação). A discussão e comparação sobre os métodos é realizada com base na aplicabilidade de ambos em jogos de moedas e em situações reais simples, simuladas pelo autor, desprovidas de uma estratégia de negociação e muito distantes das negociações reais, só com o intuito de mostrar os parâmetros utilizados em ambos os métodos e o cálculo que deve ser realizado para determinar o quanto negociar.

A discussão teórica dos métodos de PS também é vislumbrada em [Bower 2002], o qual apresenta o gerenciamento de dinheiro como um tema comum entre todos os investidores, independentemente de sua maneira de negociar de suas experiências, filosofias e perspectivas, assim cita de modo breve três métodos de PS e seus respectivos cálculos, a citar: *fixed amount of equity*, *fixed fractional* e *optimal F*. Estes são exemplificados através de exemplos simples de apostas com moedas, afirmando que entre os métodos descritos o método *Optimal F* apresenta os melhores resultados e seus benefícios estão exclusivamente relacionados com a precisão dos parâmetros levados em consideração no seu cálculo.

Além de discussão teórica, [Zamansky e Stendahl 1998], apresenta resultados empíricos entre os métodos de PS *optimal F* e o *Secure F*. O método *Secure F* é uma variação do *optimal F*, tal variação consiste ao levar em consideração no seu cálculo o máximo *drawdown* esperado pelo investidor, enquanto o *optimal F* leva em consideração a maior perda histórica, para determinar a quantidade de contratos a negociar. Utilizou-se um sistema de negociação simples em que as ordens de compra e venda são feitas com base em uma estratégia de negociação *breakout* (rompimento) para negociar no mercado alemão. Com base nos resultados ambos os métodos aumentaram o lucro líquido em comparação a estratégia sem o uso de métodos de PS, mas apresentando diferenças significativas no máximo *drawdown* (percentual máximo de queda a partir do último ponto máximo de lucro cumulativo). Além disto, mostram que apesar do método *optimal F* apresentar lucro líquido superior, a taxa de lucro líquido/menor *drawdown* para o *Secure F* é sete vezes maior do que a mesma razão

para o *Optimal F*.

Na mesma perspectiva do trabalho anterior, [Wójtowicz 2016], compara seis métodos de PS na bolsa de valores da Varsóvia, estes foram aplicados na ação da *Pekão SA*, no período 05/09/2013 à 16/09/2016. A estratégia de negociação (compra e venda) com base no indicador *momentum*, e um capital inicial de 1 milhão na moeda da Polônia. Este período de tempo foi subdividido em dois, em que o primeiro serviu para a coleta dos melhores parâmetros levados em consideração para o cálculo de cada método, para ser aplicado no período posterior, vale ressaltar que as comparações entre os métodos de PS foram realizadas levando em consideração lucro e *drawdown*. Sem o uso de métodos de PS, só com o uso da estratégia, no primeiro período obteve um lucro de 45,94% e no segundo de 51,18%. Ao utilizar os parâmetros ótimos alcançados via primeiro período, os lucros estabelecidos por cada método no segundo período, ficou constituído da seguinte maneira: 1731% método Martingale, 1453% método *optimal F* Vince, 878% método de Thorpe, 216% à 575% métodos de Tharp e 52% Ryan Jones. Assim, os resultados demonstram que o uso de métodos de PS podem multiplicar os lucros enquanto simultaneamente multiplicam os riscos.

Ainda levando em consideração comparação entre métodos, cita-se o trabalho de [Wu et al. 2015] que compara os métodos de Kelly e o *optimal F* através do cálculo da fração ótima que maximiza o lucro, com base em transações reais utilizando uma estratégia de negociação de *momentum* negociando o índice futuro de pesos Taiwan. Operou tanto em comprado quanto vendido, no período de 4/01/2010 à 25/03/2015. Aplicou-se a estratégia de *momentum*, sem os métodos, com o intuito de coletar os parâmetros utilizados para efetuar o cálculo da fração ótima dos dois métodos.

Assim, com estes parâmetros determinados para cada conjunto de 100 negociações, foram realizados os cálculos da fração ótima para ambos os métodos considerando também cada conjunto de 100 negociações. Com base nos resultados, os autores concluíram que o grau de semelhanças entre os valores atribuídos a fração ótima por ambos os métodos estudados é muito alta, afirmando que é quase 90% de chances que o intervalo de diferença entre as taxas de negociação recomendadas pelos métodos Kelly e o *Optimal F* está dentro de 2%. Assim, ao invés de computar a fração ótima pelo *Optimal F* poderia determiná-la com menos recursos computacionais através do método de Kelly.

Percebe-se que a maioria dos trabalhos tem como foco de estudo os métodos de Vince, *Optimal F*, e o de Kelly, porém o uso destes não é recomendado, segundo [Bandy 2011], por dois motivos: os valores ótimos de PS de acordo com a teoria para os parâmetros destes métodos serão muito agressivos e levará a *drawdowns* superiores aos aceitáveis. Além disto, o parâmetro ótimo consiste em apenas um único número, tipicamente a média, o que é muito arriscado pois não leva em consideração a variabilidade existente nos resultados das negociações.

Uma abordagem diferente das expostas até então é identificada em [Strub 2012], neste estudo são considerados três algoritmos de métodos de PS: os dois primeiros visam manter um nível estável de risco ao longo do tempo, onde um baseia-se na

volatilidade histórica e o outro na teoria do valor extremo, enquanto o terceiro tem como foco o controle do máximo *drawdown* e baseia-se no *drawdown* condicional em risco. Para o desenvolvimento desta pesquisa foi utilizada uma estratégia de negociação seguidora de tendências, considerando o período de 2001 à 2010, aplicadas aos pares de moeda EURUSD e NDZMXN. Nesta aplicação os algoritmos dos métodos de PS foram implementados nos retornos diários gerados pela estratégia de negociação utilizada.

De acordo com o autor, estes métodos distinguem dos existentes da literatura uma vez que tem como objetivo o controle do risco ou *drawdown* não a maximização dos retornos. Comparando os métodos de PS que visam manter um nível de risco estável ao longo do tempo o que baseia-se na teoria do valor extremo superou o que baseia-se na volatilidade histórica. Quanto ao método de PS que possui como foco o controle do máximo *drawdown*, este atinge o seu objetivo quando aplicado em ambos pares de moedas, uma vez que o máximo *drawdown* para cada ano permanece em torno ou abaixo do nível desejado.

Mendes e Lavrado (2017), [Mendes e Lavrado 2017], definem o máximo *drawdown* em risco como um percentil da distribuição do MDD e utiliza 5 modelos de estimativas semiparamétricas baseados na simulação de Monte Carlo para computar esse valor. No primeiro momento, o passo paramétrico, é realizado o ajuste aos dados do fundo PPY US para determinar o modelo que fornece estimativas mais precisas para o máximo *drawdown* em risco. Para a validação empírica da pesquisa o modelo que forneceu as estimativas mais precisas para a métrica em questão foi aplicado em 8 índices de ações. Concluindo que é esta ferramenta de estimar o máximo *drawdown* em risco fornece mais precisão ao controle de risco.

# Capítulo 4

## Metodologia

No presente capítulo encontra-se a descrição do sistema de negociação seguidor de tendência implementado e dos ativos do mercado futuro que integram o portfólio de negociação, como também os precedimentos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa.

### 4.1 Componentes do portfólio de negociação

Para o desenvolvimento da pesquisa foram considerados os ativos do mercado futuro negociados na BM&FBovespa no intervalo temporal de 01 de maio de 2005 à 01 de maio de 2016.

Existem cerca de 20 ativos no mercado futuro disponíveis para negociação na BM&FBovespa, mas foram selecionados apenas 6 destes por apresentarem as séries históricas de preços completas no período determinado para o desenvolvimento da pesquisa, liquidez e o valor de margem acessível ao pequeno investidor.

Os seis ativos do mercado futuro que integraram o portfólio de negociação foram:

- *Commodities*: boi gordo, café arábica, soja e milho;
- Índices : mini-Ibovespa
- Moedas: Mini contrato do dólar americano.

Estes ativos dispõem de uma série de informações técnicas, a citar valor de margem, *point value*, lote mínimo, vencimentos dos contratos, disponíveis no site oficial da BM&FBovespa <sup>1</sup> e são negociados através dos símbolos expressos na tabela 4.1 .

---

<sup>1</sup>Site oficial da BM&FBovespa: <http://www.bmfbovespa.com.br/>

Tabela 4.1: Símbolos dos ativos negociados na BM&amp;FBovespa que constitui a amostra do presente estudo

Símbolos	Ativos correspondentes
<b>BGI</b>	Boi gordo
<b>CNI</b>	Milho
<b>CCM</b>	Milho
<b>ICF</b>	Café
<b>SJC</b>	Soja
<b>WDL</b>	Mini Dólar
<b>WDO</b>	Mini Dólar
<b>WIN</b>	Mini Índice Bovespa

## 4.2 Procedimentos

Definidos os ativos do mercado futuro que integram o portfólio de negociação e o intervalo temporal utilizado para o desenvolvimento da pesquisa realizou-se o levantamento das séries históricas de preços destes ativos no pacote de dados disponibilizados pelo QuoteBr<sup>2</sup>.

Após um levantamento bibliográfico a respeito da temática discutida na presente pesquisa foram definidos os 8 métodos de PS, citados na tabela 4.2 e descritos na seção 2.8, que foram utilizados para análises, estudos e comparações entre si.

Tabela 4.2: Métodos de PS considerados na presente pesquisa

Métodos de PS	Variável
<b>Fixed size</b>	Quantidade de contratos
<b>Constant value</b>	Valor constante da posição
<b>Percent of equity</b>	Porcentagem da conta
<b>Fixed amount of equity</b>	Valor da conta para negociar 1 contrato
<b>Percent volatility</b>	Volatilidade da posição (% da conta)
<b>Fixed fractional</b>	Porcentagem da conta a arriscar e <i>stop</i> por contrato
<b>Profit risk</b>	Porcentagem da conta e do lucro
<b>Fixed Ratio</b>	Delta (Parcela do lucro)

Com o intuito de atingir o objetivo da pesquisa utilizou-se o *software Amibroker* tanto para a implementação do algoritmo do sistema de negociação quanto para a realização de otimizações e simulações. Este *software* caracteriza-se como ferramenta que além de possuir os recursos básicos da análise técnica (linhas de tendência, fibonacci, média móvel, etc.) permite a criação de indicadores próprios do usuário, permite também criar e testar sistemas de negociação, *backtest*, utilizando uma sintaxe própria de programação. A sua complexidade de programação varia conforme

<sup>2</sup>www.quotebr.com



a abordagem levada em consideração no seu processo de *backtest*, a qual se subdivide em três níveis: alto, médio e baixo.

Baseado na estratégia de negociação utilizada por [Krausz 1998], [Gomes. F. e Saiz 2012], [Queji e Schier 2016], [Santos e Rodrigues 2018] foi implementado no *Amibroker* o sistema de negociação seguidor de tendências que foi considerado para o desenvolvimento da pesquisa este inicialmente sem nenhum método de PS. Posteriormente neste código, foi adicionada a implementação de cada um dos 8 métodos de PS que foram estudados (ver tabela 4.2).

Na sequência, foi fragmentado o intervalo temporal considerado para o desenvolvimento da pesquisa em dois períodos: *in-sample* que corresponde à 01 de maio de 2005 até 01 de maio de 2010 e o *out-sample* o qual compreende 01 de maio de 2010 à 01 de maio de 2016.

Como o sucesso dos métodos de PS, objeto de estudo da pesquisa, está diretamente relacionado a escolha do melhor parâmetro para suas variáveis foram utilizados dois procedimentos metodológicos para determiná-los.

O primeiro procedimento tem como base a metodologia utilizada por [Wójtowicz 2016]. Assim, o período *in-sample* foi utilizado para realizar as configurações das variáveis do sistema de negociação, sem método de PS, para que este seja lucrativo e na sequência a otimização dos parâmetros levados em consideração no cálculo de cada um dos métodos de PS.

A ideia em configurar o sistema de negociação para torná-lo vencedor antes de realizar as otimizações do parâmetro dos métodos de PS, é fundamentada em [Vince 1992], onde o autor afirma, que não existe nenhum método de PS que transforme uma estratégia de negociação perdedora em lucrativa, em contrapartida o contrário é possível. Vale ressaltar que a sua caracterização como um sistema de negociação vencedor foi respaldada em indicadores estatísticos e na relação ganho/perda.

Quanto ao processo de otimização utilizado foi realizado através de uma ferramenta disponível no próprio *Amibroker* via função *optimize*, neste processo foi estabelecido como melhor parâmetro de controle do método de PS o que proporcionou o maior retorno anual e *drawdown* inferior a 20% na negociação considerando o período *in-sample*. O *drawdown* limitado em 20% é justificado pela porcentagem próxima sobre o capital restante para a recuperação das perdas (ver tabela 2.1).

Assim, o segundo período, o *out-sample*, foi utilizado para realização de simulações verificando se o comportamento dos métodos de PS com base nos melhores parâmetros determinados via otimização, no primeiro período, permaneceram os mesmos ou modificaram-se ao se deparar com um cenário de negociação diferente.

Foi adotado também uma outra metodologia para a definição do parâmetro do método de PS. Este procedimento é baseado na metodologia proposta por [Bandy 2011] e [Bryant 2001] que utiliza como fundamento na escolha do melhor parâmetro do método de PS a simulação de Monte Carlo (MC).

A ideia central da simulação de MC é considerar uma sequência de negociações geradas no *backtest* por um sistema de negociação com um parâmetro específico do método de PS. Nesta sequência 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.

Vale ressaltar que o parâmetro do método de PS utilizado para a execução do *backtest* é o mesmo utilizado pra gerar uma nova taxa de retorno e *drawdown* para cada uma das alterações aleatórios realizados na sequência de negociação original. É uma técnica interessante pois permite avaliar o comportamento do parâmetro do método de PS em diversos cenários de negociação, não apenas em um caso isolado.

Assim, nessa segunda metodologia, o período *in-sample* foi utilizado apenas para a configuração do sistema de negociação. Enquanto a escolha do parâmetro de cada um dos métodos de PS foi realizado no *out-sample* tendo como base a simulação de MC, processo este idêntico ao executado por [Bryant 2001] e [Bandy 2011]. Foram utilizados 1000 iterações no processo de geração de sequências aleatórias.

Foi definido como melhor parâmetro de cada método de PS aquele que dispõe 95% de probabilidade do *drawdown* não exceder 23%, tal condição é validada ao analisar a curva de distribuição do *drawdown* resultante da simulação de MC. Posteriormente, utilizou-se o mesmo procedimento metodológico, modificando apenas a limitação do *drawdown*, a qual foi aumentada para 40%.

A escolha da probabilidade de 95% como nível de corte é feita pois uma chance de 5% de erros é aceitável em testes estatísticos, afirma [Bryant 2001], enquanto a limitação de 23% do *drawdown* está relacionado com a porcentagem necessária do capital restante para a recuperação da perda ocorrida, a qual corresponde a aproximadamente 25%, um valor não tão distante do perdido, dado contido na tabela 2.1 no capítulo 1. Enquanto a limitação do *drawdown* em 40% é feita com intuito de estudar o comportamento dos métodos de PS ao assumirem maiores riscos.

Para determinar o melhor parâmetro do método de PS neste segundo procedimento utilizado na pesquisa, inicialmente considera-se um parâmetro qualquer como ponto de partida. Na sequência realiza a simulação através do *backtest* o qual esta configurado para realizar a simulação de MC, com 1000 iterações na sequência de negociação original, e apresentar estes resultados em seu relatório final.

Posteriormente, foi analisado a curva de distribuição do *drawdown* resultante da simulação de MC, esta informação encontra-se disponível em um relatório ao fim da simulação. Caso o parâmetro utilizado nessa etapa satisfaça a condição estabelecida de melhor parâmetro, define-o como, caso contrário determina-se um outro parâmetro e repete o mesmo processo.

O processo acima foi realizado até detectar o melhor parâmetro segundo os critérios estabelecidos e realizado para todos os métodos de PS elencados na tabela 4.2.

Ao determinar os resultados de ambos procedimentos metodológicos considerados, utilizou-se o software *Octave* versão 4.4.0 para a construção de gráficos apresentando os resultados alcançados de forma otimizada de modo que favoreça a análise, comparação e discussão destes.

### 4.3 Métricas de desempenho

Para análise do desempenho de cada um dos métodos de PS foram consideradas duas métricas que representam a relação risco retorno. Quanto maior o seu valor melhor o desempenho do método de PS.

- **CAR(%) / MDD(%)** - O cálculo deste métrica corresponde a divisão entre os valores de CAR(%) e MDD(%) disponibilizados ao final do *backtest* considerando um determinado período.
- **CAR5/DD95** - O cálculo desta métrica é realizado com base nas distribuições estatísticas resultantes da simulação de MC. Porém considera apenas dois valores o CAR5 e o DD95 da distribuição citada.
  - CAR5 corresponde ao valor de CAR que não foi excedido em 5% das iterações realizadas pela simulação de MC, o que implica dizer que em 95% das iterações os valores do CAR serão superiores ao atribuído ao CAR5.
  - Enquanto o DD95 corresponde ao valor do *drawdown* que não foi excedido em 95% das iterações realizadas, isto é o mesmo que dizer que apenas 5% das iterações realizadas excedem o valor atribuído ao DD95.

Então ao realizar a divisão entre os valores do CAR5 e DD95 é considerado o valor mínimo do CAR que poderia ser obtido em 95% das iterações e o valor máximo do *drawdown* obtido para 95% das iterações, isto é, considera-se o pior caso de CAR e o máximo caso de *drawdown* para o cálculo dessa métrica de desempenho.

### 4.4 Linguagem de programação *AmiBroker Formula Language (AFL)* orientada à objeto

A complexidade da implementação de um sistema de negociação na plataforma *AmiBroker* depende da abordagem utilizada no processo do *backtest* a qual é determinada pela aplicação desejada. Esta abordagem subdivide-se em 3: baixo-nível, médio-nível e alto nível.

As abordagens de médio-nível e alto-nível requerem o uso da linguagem orientada a objeto da AFL. O uso desta linguagem possibilita a extração de dados no decorrer

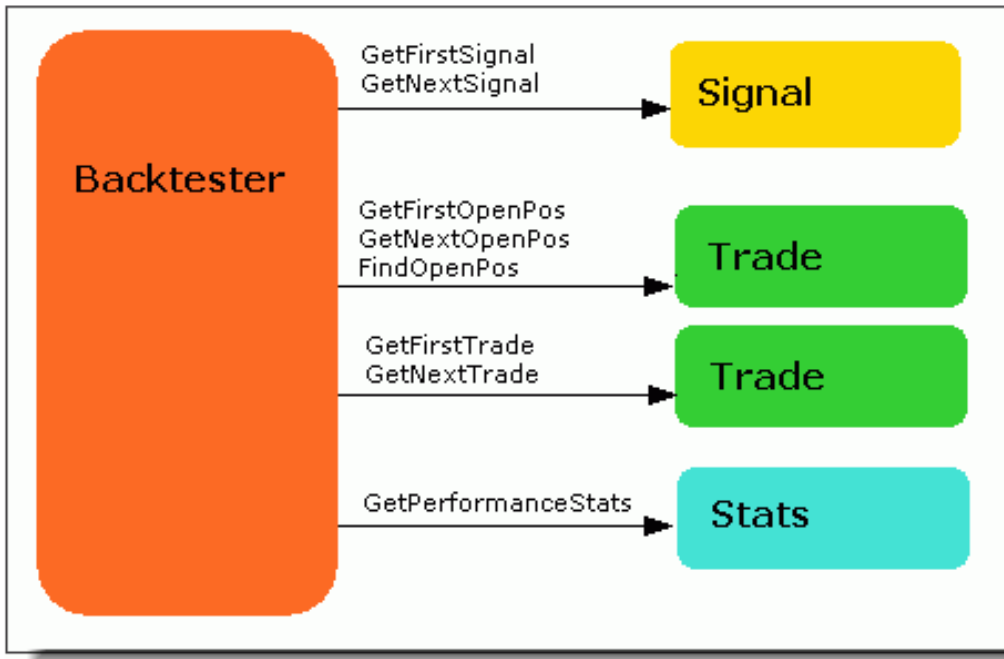


Figura 4.1: Objetos da AFL. (Fonte: [https://www.amibroker.com/guide/a\\_custombacktest.html](https://www.amibroker.com/guide/a_custombacktest.html))

do *backtest* o que não é possível com as funções disponíveis na abordagem de alto nível.

A plataforma dispõe de quatro objetos: *backtester*, *signal*, *trade* e *stats*. Sendo o objeto *backtester* o único diretamente acessível da AFL todos os demais são acessíveis chamando métodos deste objeto. Na figura 4.1 são exibidos os métodos do objeto *backtester* que permite acesso aos demais objetos.

O objeto *backtester* permite controlar os sinais de entradas e saídas da posição, assim como acessar a lista de sinais, as posições abertas, a lista das negociações fechadas e objeto de estatísticas de desempenho. O objeto *signal* representa os sinais de entrada e saída da posição. O objeto *trade* representa as posições em aberto ou as negociações fechadas. O objeto *stats* permite o acesso as métricas e estatísticas, que só seriam disponibilizadas ao fim do *backtest*, durante seu processo.

Na presente pesquisa a abordagem de alto-nível apresentou limitações para a implementação dos métodos de PS, especificamente o *profit risk* e o *fixed ratio*, uma vez que era necessários o acesso a dados atualizados durante a execução do *backtest*. Para ambos os métodos de PS era necessário o valor do lucro acumulado para determinar a quantidade de contratos a negociar na próxima negociação.

Assim, através do objeto *backtest* foi obtido o acesso a informação da conta atual, a qual possibilitava o cálculo do lucro acumulado. E através do objeto *backtest* foi realizado o acesso ao objeto *signal*, utilizando da informação adquirida (lucro acumulado), para determinar a quantidade de contratos a negociar de acordo com o

```

//=====CRUZAMENTO DE MÉDIAS MÓVEIS =====

MAFAST = EMA( Close, 10 );
MASLOW = EMA( Close, 300 );

downtrend = MAFAST < MASLOW;
uptrend = MAFAST > MASLOW;

//=====POSITION SIZE =====

//===== Profit risk=====

SetCustomBacktestProc("");
if ( Status( "action" ) == actionPortfolio ) {
    bo = GetBacktesterObject();
    bo.PreProcess();
    for( bar = 0; bar < BarCount; bar++ )
    {
        InitialEquity = 100000;
        EquityAtual = bo.Equity;
        CumProfit = EquityAtual - InitialEquity;
        for( sig = bo.GetFirstSignal( bar ); sig; sig = bo.GetNextSignal( bar ) )
        {
            PC = Optimize ( "PC", 2, 1, 10, 1);
            PL = Optimize ( "PL", 2, 1, 10, 1);
            Risco = (PC/100) * InitialEquity + (PL/100) * CumProfit;
            symbolATR = StaticVarGet( sig.Symbol + "ATR" );
            QtC = (Risco/(2*symbolATR[bar]*sig.PointValue));
            Dolar = QtC * sig.MarginDeposit;
            sig.PosSize = Dolar;
        }
        bo.ProcessTradeSignals( bar );
    }
}

```

Figura 4.2: Parte do código do método de PS *profit risk*

método de PS para a entrada da posição. A implementação do método de PS *profit risk* em abordagem de médio nível é exibida na figura 4.2.

## 4.5 Sistema de negociação proposto

Nesta seção será apresentado o sistema de negociação que foi implementado, configurado e avaliado para negociações no mercado de futuros em operações *long* e *short*, em negociações diárias, em que as taxas de comissão das negociações foram contabilizadas tornando-as mais próximas da realidade, baseado no estudo de [Santos e Rodrigues 2018]. Na figura 4.3 é exibida uma visão geral do sistema de negociação implementado.

A plataforma *Amibroker* apresenta uma limitação para realizar o cálculo da comissão uma vez que o valor de comissão para cada um dos contratos considerados

na presente pesquisa são diferentes. Vale ressaltar que os valores de comissão são cobrados tanto para as operações de entrada e saída da negociação.

Como o valor da comissão representa um diferencial significativo para o lucro do investimento, foi realizado um procedimento para superar a limitação do *Amibroker* tornando as negociações mais próximas da realidade. Assim, os valores de comissão para o sistema de negociação implementado representam a média dos valores que seriam cobrados por todos os contratos negociados.

Os valores de comissão utilizados para realização do cálculo da média tiveram como referência os valores cobrados pela corretora Xp Investimentos<sup>3</sup>. Assim, os valores de comissão que seriam cobrados por operação em cada um dos contratos considerados variaram de R\$ 30,00 à R\$40,00 entre os métodos de PS, pois a quantidade de contratos negociados e de negociação variavam de acordo com o método de PS.

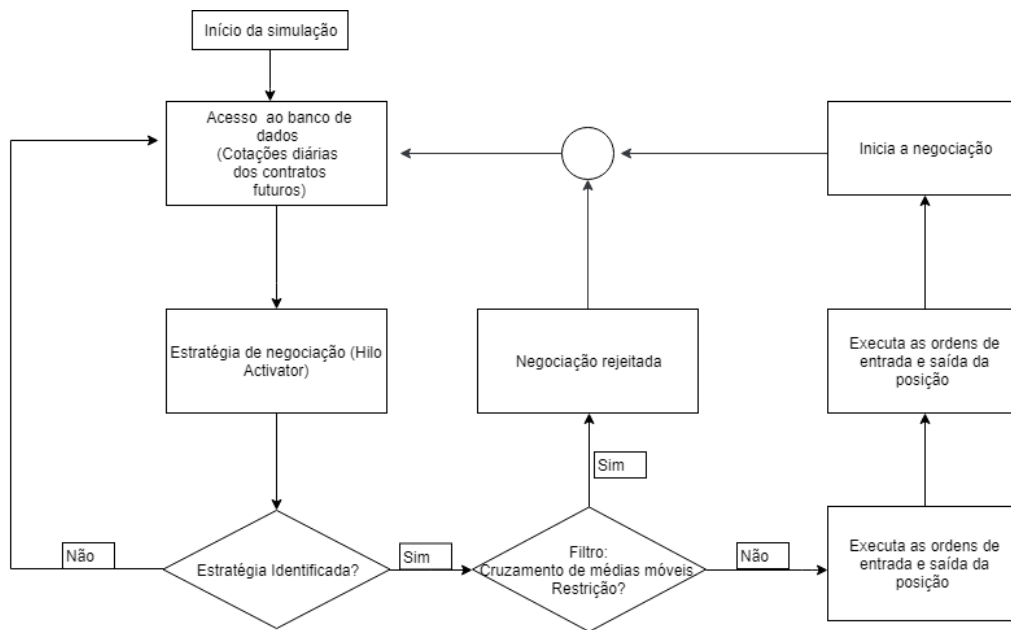


Figura 4.3: Visão geral do sistema de negociação

- **Capital inicial:** R\$ 100.000,00
- **Entrada:** foram consideradas a ocorrência de duas situações simultâneas para conceber o sinal de entrada na negociação. 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 em determinada janela temporal, a qual foi determinada através de otimizações no período *in-sample*. E a segunda tem como base o cruzamento de médias móveis para a identificação de tendências.

Na figura 4.2 é exibido um trecho do código que executa a identificação de tendências com base no cruzamento das médias móveis.

<sup>3</sup><https://investimentos.xpi.com.br/custos-operacionais/>

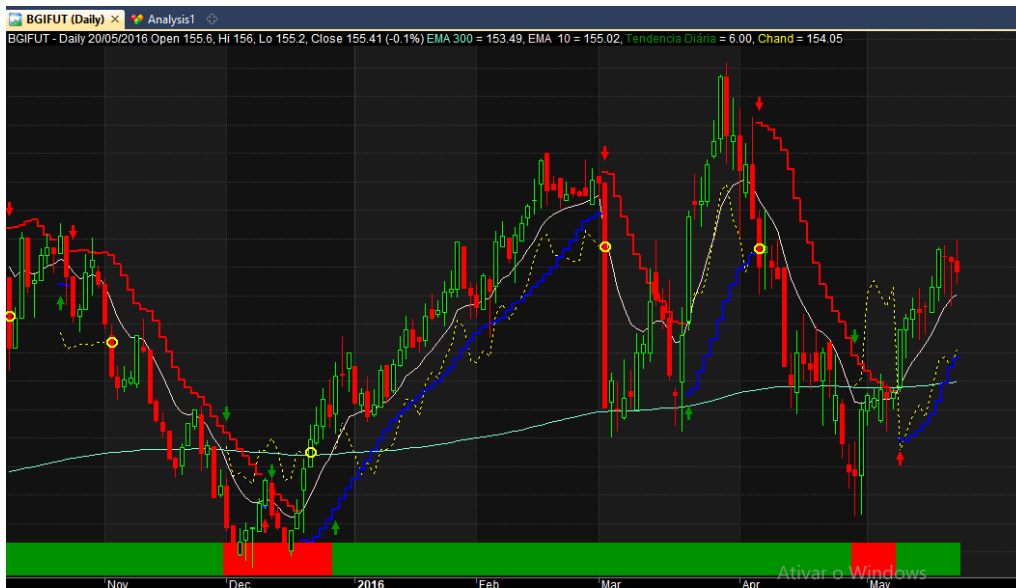


Figura 4.4: Ilustração dos sinais de entrada e saída de acordo com o sistema de negociação implementado no *amibroker*

**Posição *long*:** é tomada quando o preço de fechamento cruza para cima a média móvel simples das máximas neste momento o traçado do indicador passa a ser traçado na cor azul abaixo dos *candles* (ver figura 4.4). Além disto, é necessário que se confirme uma tendência de alta com base no cruzamento das médias móveis, isto acontece quando a média mais rápida (10 dias) cruza para cima a média mais lenta (300 dias), na figura 4.4 este acontecimento é ilustrado pela barra existente na parte inferior na cor verde.

**Posição *short*:** é realizada quando o preço de fechamento cruza para baixo a média móvel das mínimas, quando isto ocorre o traçado do indicador passa a ser realizado na cor vermelha acima dos *candles* (ver figura 4.4). É necessário também que o cruzamento das médias móveis identifiquem uma tendência de baixa, ou seja, quando a média mais rápida (10 dias) cruza para baixo a média mais lenta (300 dias), isto é representado pela barra contida na parte inferior da figura (ver figura 4.4) na cor vermelha.

- **Métodos de PS:** Será considerado no sistema implementado cada um dos métodos de PS expostos na tabela 4.2. Encontra-se na figura 4.2 a implementação referente a um dos métodos de PS, o *profit risk*.
- **Saída:** O presente sistema dispõe de duas possibilidades de saída a primeira com base no indicador *HiLo* e a segunda tem como suporte o *stop loss* variável, Candelabro, descrito em 2.7 ou um *stop loss* fixo. Este é definido baseado no preço de entrada na posição e em dois ATR's de 20 dias, o qual é calculado no dia da entrada. Assim, caso seja uma posição vendida o *stop* fica acima do preço de entrada em dois ATR's de 20 dias. Enquanto em uma posição

comprada o *stop* fica abaixo do preço de entrada em dois ATR's de 20 dias. Assim, em ambos os casos o valor do *stop* é o mesmo para todos os dias da negociação. A dinâmica do método de PS determina o *stop* a ser considerado. A saída da negociação acontece através da possibilidade que primeiro ocorrer e ambas são identificadas na figura 4.4 por um círculo amarelo.

Na tabela 4.3 encontra-se o tipo de *stop loss* utilizado para cada um dos métodos de PS no sistema de negociação.

Tabela 4.3: *Stop loss* utilizado para cada um dos métodos de PS no sistema de negociação implementado

<b>Métodos de PS</b>	<b>Tipo do <i>stop loss</i></b>
<b>Fixed size</b>	<i>stop candelabro</i>
<b>Constant value</b>	<i>stop candelabro</i>
<b>Percent of equity</b>	<i>stop candelabro</i>
<b>Fixed amount of equity</b>	<i>stop candelabro</i>
<b>Percent volatility</b>	<i>stop candelabro</i>
<b>Fixed fractional</b>	<i>stop fixo</i>
<b>Profit risk</b>	<i>stop candelabro</i>
<b>Fixed Ratio</b>	<i>stop candelabro</i>

**Posição *long*:** a saída da posição acontece quando o traçado *HiLo* modifica o seu sentido, isto é passa ser traçado acima dos *candles* na cor vermelha, de acordo com a ilustração da figura 4.4, pois o preço de fechamento cruzou para baixo a média móvel das mínimas ou quando o preço do ativo atinge o *stop loss*.

**Posição *short*:** a saída da posição ocorre quando o traçado do *HiLo* altera o sentido, observando a figura 4.4 ele passa a ser traçado na cor azul abaixo dos *candles* dado que o preço de fechamento cruzou para cima a média móvel das máximas ou quando o preço do ativo atinge o *stop loss*.



# Capítulo 5

## Apresentação e discussão dos resultados

Neste capítulo é descrito o passo a passo da metodologia com seus respectivos resultados alcançados e a discussão destes, dando consistência a pesquisa desenvolvida.

### 5.1 Definição dos parâmetros dos métodos de PS pelo método da otimização

#### 5.1.1 Configuração do sistema de negociação

Como citado o sistema de negociação implementado teve como referência as estratégias de negociação utilizadas por [Krausz 1998], [Santos e Rodrigues 2018] e suas variáveis foram configuradas com o intuito de torná-lo um sistema lucrativo, vale ressaltar que no momento da configuração o sistema não fazia uso de nenhum método de PS, negociava 1 contrato a cada ocorrência do sinal de entrada.

O sistema de negociação, após as configurações realizadas, caracteriza-se como lucrativo para o período em questão baseado nos valores do retorno anual composto, CAR (*Compound annual return*), igual à 2,10% e *drawdown* corresponde à - 5,74%, na relação CAR/MDD equivalente à 0,40. No cálculo dos indicadores estatísticos com base no lucro apresentados na tabela 5.1, como também no histograma de frequência absoluta, exibido na figura 5.1, onde as classes do histograma são compostas pela porcentagem do lucro de cada uma das 193 negociações realizadas no período considerado.

Ao analisarmos o histograma na figura 5.1 é perceptível que a dispersão dos dados é a partir de - 50% à 170%, com uma frequência maior de retornos entre -20% e 0%. Porém, apesar dos retornos negativos (cor vermelha na figura 5.1) apresentarem uma frequência maior comparado aos positivos (cor verde na figura 5.1), estes

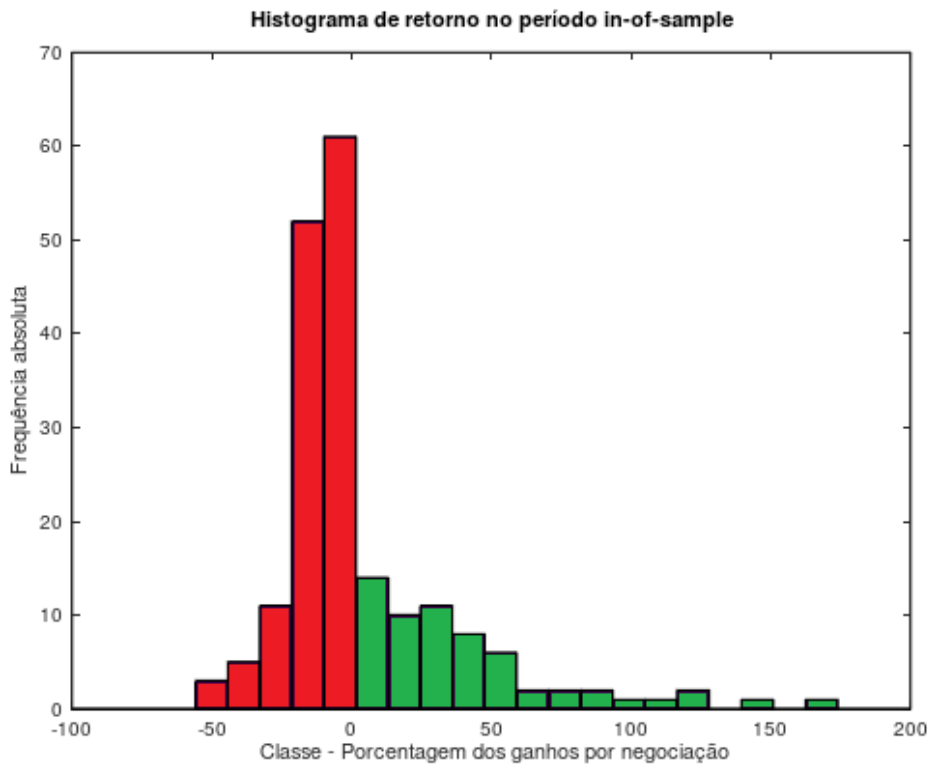


Figura 5.1: Histograma dos retornos no período *In-Sample*

apresentam porcentagens superiores de retornos atingindo até 170%, desta forma os lucros compensam as perdas resultando em um sistema lucrativo como comprovado pelo valor do CAR.

Visualmente os dados do histograma não apresentam uma distribuição simétrica, ou seja, distribuição normal. Assim, aferiu-se as medidas de *skewness* (assimetria), *kurtosis*, e o *p-value* destes dados com o intuito de validar a declaração feita com base na identificação visual.

A medida de *skewness*<sup>1</sup> é utilizada para identificar como e quanto a distribuição dos dados se afastam da condição de simetria. . Quando o valor desta medida é igual a zero representa uma distribuição normal, quando o valor é positivo a distribuição é assimétrica a direita, caso seja negativo tem-se uma distribuição assimétrica à esquerda.

<sup>1</sup>A medida de *skewness* é calculada utilizando a fórmula,

$$\frac{n}{(n-1).(n-2)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{(x_i - \mu)}{\theta} \right)^3$$

onde:  $n$  é o número de observações;  $\theta$  o desvio padrão;  $\mu$  a média aritmética dos dados e o  $x_i$  é o dado na posição  $i$

Tabela 5.1: Indicadores estatísticos para o sistema de negociação implementado, sem uso de métodos de PS, no período *in-sample*

<b>Média</b>	0.04
<b>Erro padrão</b>	0.02
<b>Mediana</b>	-0.06
<b>Moda</b>	-0.14
<b>Desvio padrão</b>	0.33
<b>Variância da amostra</b>	0.11
<b>Kurtosis</b>	6.44
<b>Skewness</b>	2.20
<b>Jarque Bera - <i>p-value</i></b>	1.29
<b>Intervalo</b>	2.30
<b>Mínimo</b>	-0,56
<b>Máximo</b>	1.74
<b>Contagem</b>	193
<b>Número de negociações ganhadoras</b>	66 (34,2%)
<b>Número de negociações perdedoras</b>	127 (65,8%)

Quando a distribuição é assimétrica a esquerda significa que a cauda à esquerda é longa em relação à direita. Do mesmo modo, quando se trata de uma distribuição assimétrica a direita a cauda à direita é longa em relação à esquerda.

Enquanto a medida de *kurtosis*<sup>2</sup>, determina a caracterização do achatamento de uma dada distribuição em relação a uma distribuição normal. Quando o valor dessa medida é igual a 0 possui o mesmo achatamento da distribuição normal.

Caso o valor seja positivo afirma que a distribuição em questão é mais afunilada com pico mais alto que da distribuição normal. Caso o valor da medida seja negativo a função de distribuição é mais achatada que da distribuição normal.

O *p-value* corresponde ao resultado do teste de Jarque-Bera. Este teste é utilizado para identificar se determinada amostra caracteriza-se como uma distribuição normal. Para o cálculo do *p-value* são considerados os valores de *kurtosis* e *skewness* da respectiva amostra. Caso o valor do *p-value* seja inferior a 5% a amostra não representa uma distribuição normal [Jarque e Bera 1980].

Assim, ao observar os valores de ambas medidas exibidas na tabela 5.1, pode-se afirmar que a distribuição de retornos não corresponde a uma distribuição normal,

<sup>2</sup> A medida de *kurtosis* é determinada pela equação,

$$\frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{(x_i - \mu)}{\theta} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

onde:  $n$  é o número de observações;  $\theta$  o desvio padrão;  $\mu$  a média aritmética dos dados e o  $x_i$  é o dado na posição  $i$

sendo uma distribuição assimétrica à direita, mais afunilada com pico mais altos que da distribuição normal. Reiterando a afirmação de [Covel 2014], o qual afirma que os retornos provenientes de uma estratégia de negociação seguidora de tendências no mercado de renda variável não seguem uma distribuição normal.

### 5.1.2 Otimizações dos métodos de PS no período *In-Sample*

Com a garantia que o sistema de negociação seguidor de tendência implementado trata-se de um sistema vencedor com base nos dados apresentados na subseção 5.1.1, utilizou-se os 9 métodos de PS implementados para a realização da otimização dos seus parâmetros para serem aplicados no período *out-sample*.

A otimização é uma ferramenta disponível no *Amibroker* e para sua execução é necessário informar um valor mínimo e um valor máximo e um valor para incremento, o qual será utilizado para aumentar o valor do mínimo até chegar ao valor máximo. Todos os números encontrados nesse processo são considerados parâmetros os quais simularão negociações no período *in-sample*. Ao final desse processo de simulações o *Amibroker* apresenta uma lista com as informações gerais a respeito da simulação para cada um dos parâmetros que foram considerados.

Assim, tendo acesso a essa lista resultante das simulações fica estabelecido como melhor parâmetro o que apresenta o maior retorno anual (CAR) e máximo *drawdown* (MDD) inferior a 20%.

Esse processo de otimização de cada um dos métodos de PS são ilustrados nos gráficos a seguir criados no *software Octave* na versão 4.4.0. O retorno anual (CAR) e o máximo *drawdown* (MDD), ambos apresentados na forma de porcentagem, são representados pela linha azul e vermelha, respectivamente. Estes indicadores variam em função do parâmetro associado ao método de PS.

Inicialmente foram considerados o processo de otimização para os métodos *fixed size* e *constant value*, exibidos na figura 5.2, os quais não consideram a conta do investidor para determinar a quantidade de contratos a negociar, logo não leva em consideração os lucros e perdas envolvidos no decorrer da negociação.

O parâmetro do método de PS *fixed size* é a quantidade fixa de contratos a negociar em cada negociação, este parâmetro foi variado de 1 a 50 em incrementos de 1 unidade. Após a análise dos resultados da otimização ilustrado na figura 5.2, define-se como melhor parâmetro o valor 4 que produz um CAR = 8,18% e MDD = -17,39%.

O método de PS *constant value* teve como melhor parâmetro o valor da posição total corresponde a R\$ 100.000,00. Este valor é obtido no processo de otimização, ilustrado na figura 5.2, ao variar o parâmetro de R\$ R\$ 10.000,00 a R\$ 1.000.000,00 em incrementos de R\$ 10.000,00, o qual proporcionou CAR = 11,46% e MDD = -19,54%.

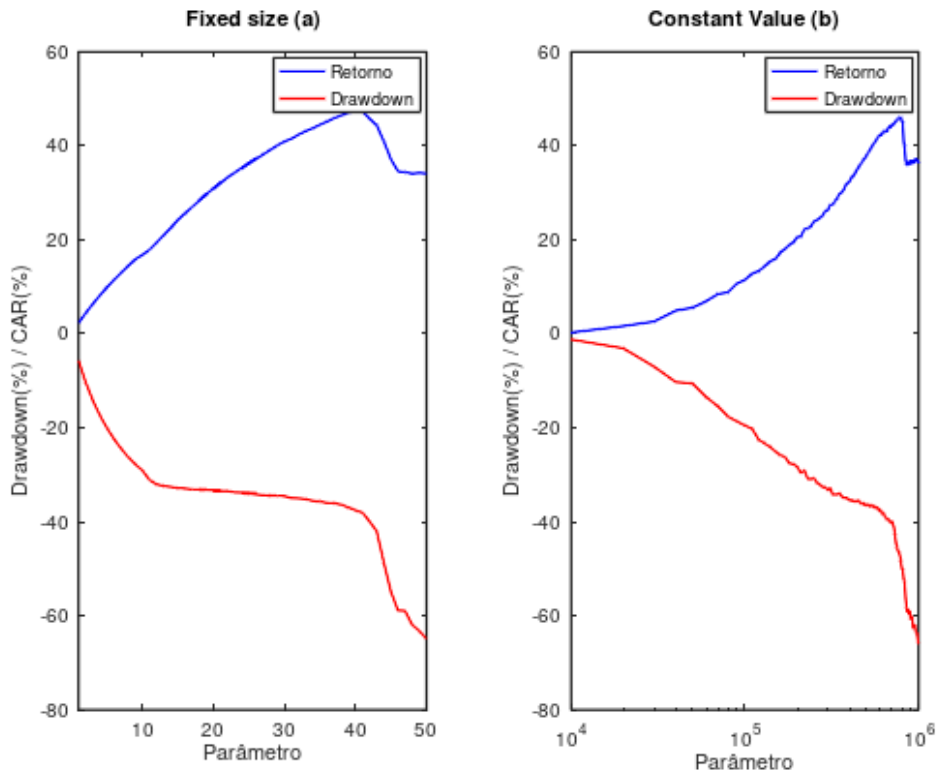


Figura 5.2: Processo de otimização dos métodos de PS *fixed size* (a) e *constant value* (b)

Em ambos métodos de PS a partir de determinado parâmetro o CAR passa a ser reduzido e o *drawdown* não excede 70% para todos os valores testados, apesar de dispor de comportamentos diferentes.

Apresenta-se a seguir os resultados provenientes do processo de otimização dos parâmetros dos métodos de PS no período *in-sample* dos métodos não estáticos. Estes consideram a conta do investidor para determinar a quantidade de contratos a investir em cada negociação, assim os lucros e perdas influenciam na tomada de decisões. O que não ocorre com nenhum dos dois métodos descritos anteriormente. Vale ressaltar que ambos métodos descritos a partir deste momento são considerados *antimartingle*, ou seja, o valor arriscado nas negociações futuras só aumenta quando o patrimônio do investidor também aumenta.

A volatilidade na conta, em termos percentuais, que o investidor está disposto a assumir diariamente é o parâmetro do método de PS *percent volatility*. O processo de otimização deste método, mostrado na figura 5.3, para definir o melhor parâmetro com base nos critérios estabelecidos foi realizado no intervalo de 0,1% à 10% em incremento de 0,1%. Após análise, determina-se como melhor parâmetro para a oscilação permitida na conta o valor 0,8% resultando em 7,29% e -18,21% de CAR e MDD, respectivamente. Analisando o processo de otimização deste método na figura

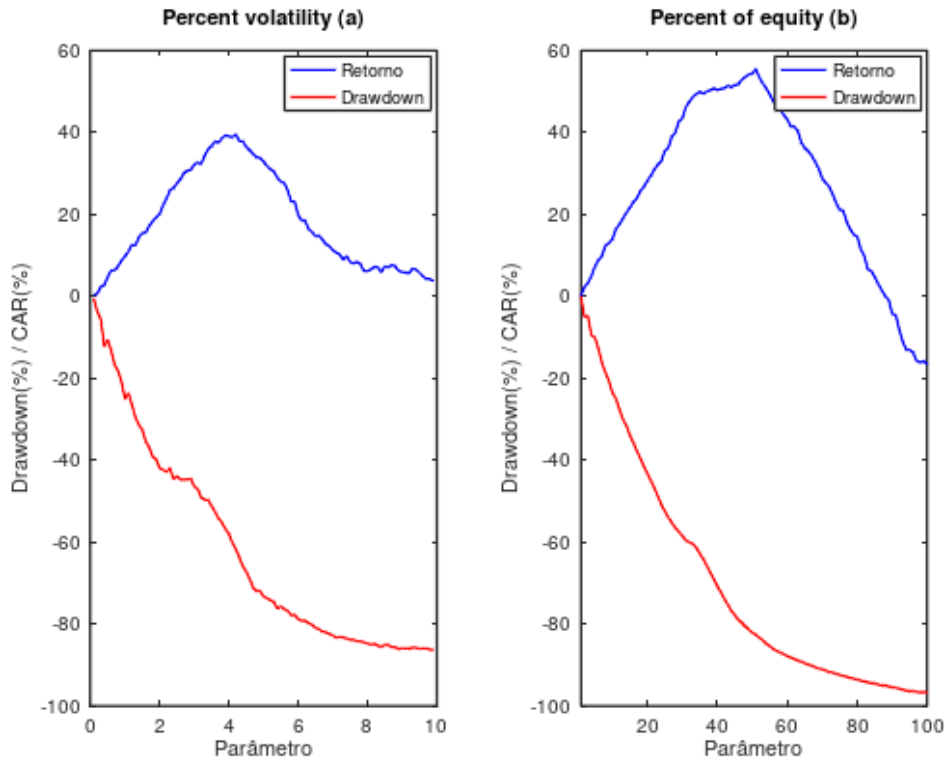


Figura 5.3: Processo de otimização dos métodos de PS *percent volatility* (a) e *percent of equity* (b)

5.3 nota-se que os retornos anuais são positivos para qualquer parâmetro levado em consideração no processo de otimização, porém a partir de um determinado parâmetro os retornos passam a ser decrescentes chegando próximo a 0%. E são esses mesmos parâmetros que conduzem a *drawdowns* superiores a 80%.

Para investir utilizando o método de PS *Percent of Equity* o investidor deve definir qual a volatilidade aceita diariamente na conta, a qual determinará a quantidade de contratos a negociar em cada entrada da posição. Este parâmetro foi variado no processo de otimização, exposto na figura 5.3, de 1% à 100% em incrementos de 1%. Para este método a melhor porcentagem da conta à arriscar corresponde a 8% com CAR e MDD iguais a 12,33% e -18,64%, respectivamente. Ao analisar a processo na figura 5.3 constata-se que a partir de um determinado parâmetro o CAR começa a decrescer obtendo CAR negativo para parâmetros superiores a 80%, e estes proporcionam *drawdowns* aproximados a 100%.

O método de PS *fixed amount of equity* tem seu processo de otimização exposto na figura 5.4, este método tem como parâmetro o valor da conta estabelecido para se negociar um contrato. Quanto menor o valor do parâmetro maior o valor da posição, assim mais arriscada a negociação, quanto maior o valor atribuído ao parâmetro menor o valor da posição obtendo assim uma negociação mais conservadora. No

processo de otimização este parâmetro foi variado de R\$ 1.000,00 à R\$ 100.000,00 incrementando-o em R\$ 1.000,00. Resultando como melhor parâmetro R\$ 27.000,00, isto é, a cada R\$ 27.000,00 em conta negocia-se 1 contrato, com os valores de CAR e MDD correspondendo à 5,74% e - 19,54%, respectivamente.

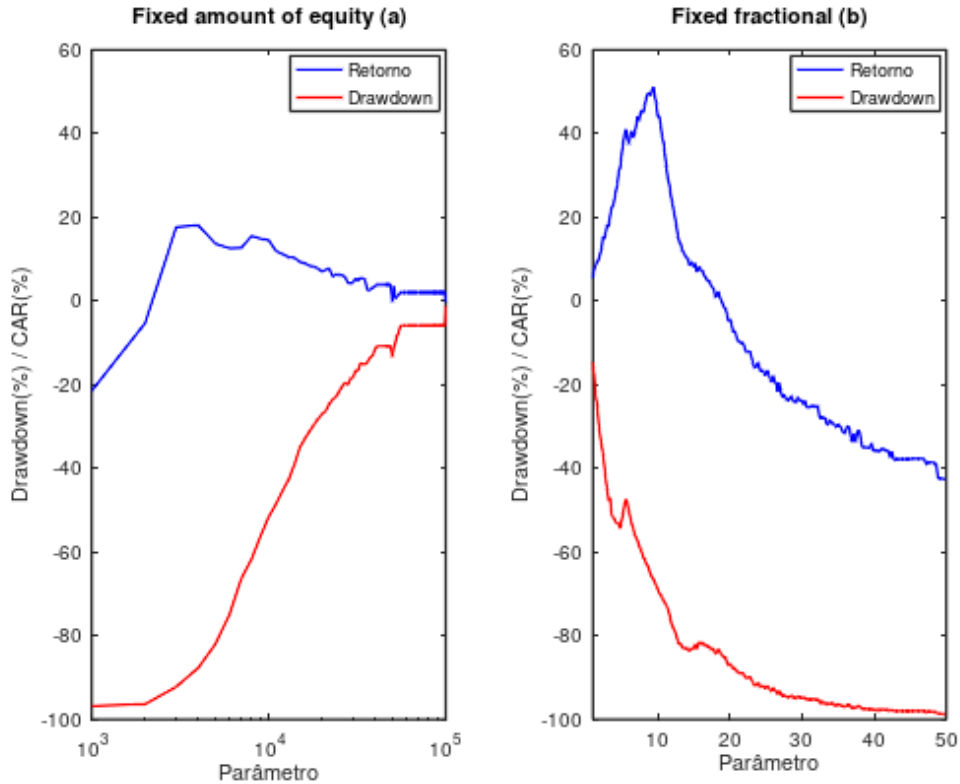


Figura 5.4: Processo de otimização dos métodos de PS *fixed amount of equity* (a) e *fixed fractional* (b)

Analisando o processo de otimização na figura 5.4 os parâmetros que tornam a negociação mais arriscada por aumentar a quantidade de contratos a negociar obtiveram retornos inferiores a 0% e *drawdowns* aproximadamente de 100%. Porém parâmetros que tornam a negociação muito conservadora, onde a quantidade de contratos negociados é pequena, apesar de proporcionarem *drawdowns* inferiores a 5% o valor de seu CAR é próximo de 0%, o que mostra que não deve-se tomar uma posição nem tão arriscada nem tão conservada, é preciso de um equilíbrio entre estes extremos.

Para o cálculo da quantidade de contratos a negociar do método *fixed fractional* é necessário determinar dois parâmetros: o risco da conta disposto a assumir e o *stop loss* fixo por contrato, o qual tem como base o preço de entrada na posição. No processo de otimização o *stop loss* foi mantido fixo em 2 ATR's, como já descrito este indicador mede a volatilidade no movimento dos preços em uma janela temporal, considerado para este método a janela de 20 dias. Otimizou-se apenas o risco da conta que o investidor está disposto a assumir em cada negociação, processo esboçado

no gráfico da figura 5.4, os valores testados para este parâmetro foi de 1% à 50% em incrementos de 0,2%. Com base no resultado das otimizações determina 1,2% como o melhor parâmetro, o qual concebeu  $CAR = 7,57\%$  e  $MDD = -17,86\%$ .

Neste método de PS quando o valor atribuído ao parâmetro é superior a 20% por negociação resulta em retornos anuais negativos com *drawdowns* excedendo 90%.

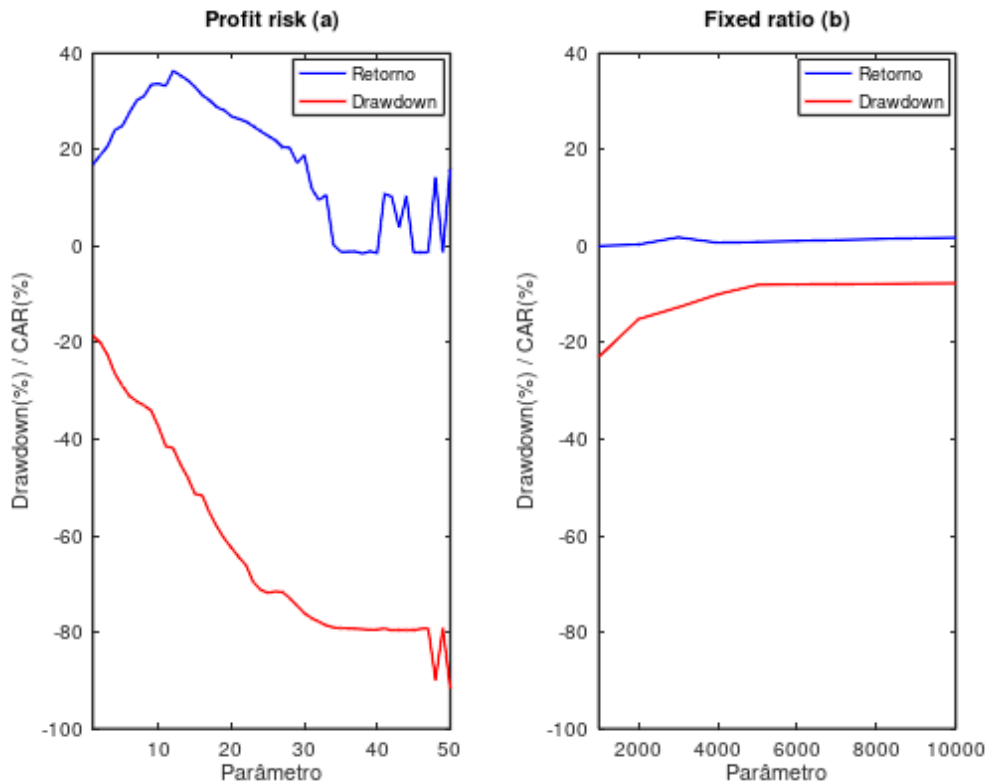


Figura 5.5: Processo de otimização dos métodos *profit risk* (a) e *fixed ratio* (b)

O método de PS *profit risk* leva em consideração três parâmetros para determinar a quantidade de contratos a negociar: a porcentagem da conta inicial (PC) e a porcentagem do lucro acumulado (PL), estes determinam o valor da conta a ser arriscado na negociação e o *stop loss* fixo por contrato baseado no preço do contrato na entrada da posição, possibilitando este variar em até 2ATR's de 20 dias. No processo de otimização a PC e o *stop loss* foram mantidos fixos em 3% e 2ATR(20), respectivamente, variando apenas a PL. O parâmetro PL foi otimizado no intervalo de 1% a 50% em incrementos de 1%. Com base no processo de otimização o que satisfaz a condição estabelecida para a classificação do melhor parâmetro foi:  $PL = 2\%$ . Os valores resultantes de CAR e MDD correspondem a 18,85% e -19,98%, respectivamente.

Considerando o método *fixed ratio*, o qual apresenta como única parâmetro o delta. Neste método assim como no *fixed amount of equity* quanto menor o valor atribuído



ao parâmetro mais arriscada a negociação, quanto maior o seu valor mais conservadora a negociação. No processo de otimização, ilustrado na figura 5.5, este parâmetro foi variado de R\$ 1.000,00 à R\$ 10.000,00 em incrementos de R\$ 1.000,00. Foi detectado como melhor parâmetro para a variável delta R\$ 3.000,00 o qual forneceu  $CAR = 1,84\%$  e  $MDD = -12,69\%$ . Neste método os valores utilizados para o parâmetro delta não excedem *drawdowns* de 25%, porém apresentam retornos pequenos atingindo o valor máximo de 1,84%.

Analisando de modo geral os resultados provenientes do processo de otimização com base nas representações gráficas é notório que para cada método considerado no estudo a medida que aumentamos o tamanho da posição na negociação, isto é, seu risco, através do seu parâmetro o valor do *drawdown* também aumenta, porém este comportamento não é mantido para o retorno que pode ser vislumbrado no gráfico de otimização de todos os métodos considerados no estudo.

Esta análise mostra que nem sempre quanto maior o risco assumido em uma negociação maior será a sua lucratividade. Além disto, possibilita inferir que apesar de dispor de um sistema de negociação lucrativo o sucesso dos métodos de PS está intimamente relacionado a escolha do parâmetro. Infere-se também, com base nos processos de otimização realizados, que a depender do parâmetro escolhido para o método de PS este detém o poder de transformar uma estratégia de negociação lucrativa, em uma estratégia que leve a sérios prejuízos.

Estes resultados confirmam os estudos de [Vince 1992], quando ele afirma que não existe nenhum método de PS que transforme uma estratégia de negociação perdutora em lucrativa, porém o contrário é possível dependendo do valor atribuído ao parâmetro .

Analisando o processo de otimização dos parâmetros para os métodos de PS *percent of equity* e *fixed fractional* é perceptível que existem parâmetros que comprometem o capital investido a partir do momento que o CAR se torna negativo, porém se valores superiores fossem atribuídos aos parâmetros destes métodos eles levariam a conta a ruína, ou seja, a perda de todo o capital.

Tabela 5.2: Resultados da otimização dos métodos de PS no período *in-sample*

Método	Melhor parâmetro	CAR (%)	MDD (%)	CAR(%) / MDD(%)
<i>Fixed size</i>	4	8,18	-17,39	0,47
<i>Constant value</i>	R\$ 100.000,00	11,46	-19,54	0,59
<i>Fixed amount of equity</i>	R\$ 27.000,00	5,74	-19,54	0,29
<i>Percent of equity</i>	8%	12,33	-18,64	0,66
<i>Percent volatility</i>	0,8%	7,29	-18,21	0,40
<i>Fixed fractional</i>	1,2%	7,57	-17,86	0,42
<i>Profit risk</i>	PC = 3% PL = 2% %	18,85	-19,98	0,94
<i>Fixed ratio</i>	R\$ 3.000,00	1,84	-12,69	0,14

### 5.1.3 Resultados das simulações realizadas no período *out-sample*

Vale ressaltar que no período *out-sample* o sistema de negociação sem o uso de método de PS, negociando apenas 1 contrato por negociação, permanece lucrativo apresentando um retorno anual de 5,69% e um *drawdown* de -7,95%, a relação CAR/MDD igual a 0,72, e a distribuição de seus retornos é representado no histograma de frequência absoluta na figura 5.6.

Tabela 5.3: Indicadores estatísticos para o sistema de negociação implementado, sem uso de métodos de PS, no período *out-sample*

<b>Média</b>	0.06
<b>Erro padrão</b>	0.03
<b>Mediana</b>	-0.05
<b>Moda</b>	-0.28
<b>Desvio padrão</b>	0.41
<b>Variância da amostra</b>	0.17
<b><i>Kurtosis</i></b>	6.84
<b><i>Skewness</i></b>	2.20
<b>Jarque Bera - <i>p-value</i></b>	1.31
<b>Intervalo</b>	2.89
<b>Mínimo</b>	-0.72
<b>Máximo</b>	2.17
<b>Contagem</b>	204
<b>Número de negociações ganhadoras</b>	76 (37,25%)
<b>Número de negociações perdedoras</b>	128 (62,75%)

Analisando o histograma dos retornos do sistema de negociação sem método de PS no período *out-sample*, na figura 5.6, com uma frequência maior de ocorrência entre -20% e 0%. Os retornos positivos (cor verde na figura 5.6) variam de 0% a 210%, enquanto os negativos (cor vermelha na figura 5.6) variam de 0% a - 60%. Assim, apesar dos retornos negativos ocorrerem com uma frequência maior as porcentagens atribuídas a eles são bem inferiores comparadas as porcentagens alcançadas nos retornos positivos, desta maneira as perdas ocorridas são compensadas pelos ganhos afirmando que o sistema em questão permanece lucrativo.

Com base nas medidas de *skewness*, *kurtosis* e o valor do *p-value* exibidos na tabela 5.3, e descritas na subseção 5.1.1, a distribuição de retornos no período *out-sample* não caracteriza-se como uma distribuição normal e sim assimétrica à direita mais afunilada com um pico mais alto que o da distribuição normal.

Após verificar que o sistema sem uso de método de PS continua lucrativo no período *out-sample*, foram utilizados os melhores parâmetros para cada um dos métodos de PS, considerados no presente estudo, determinados através do processo de otimização

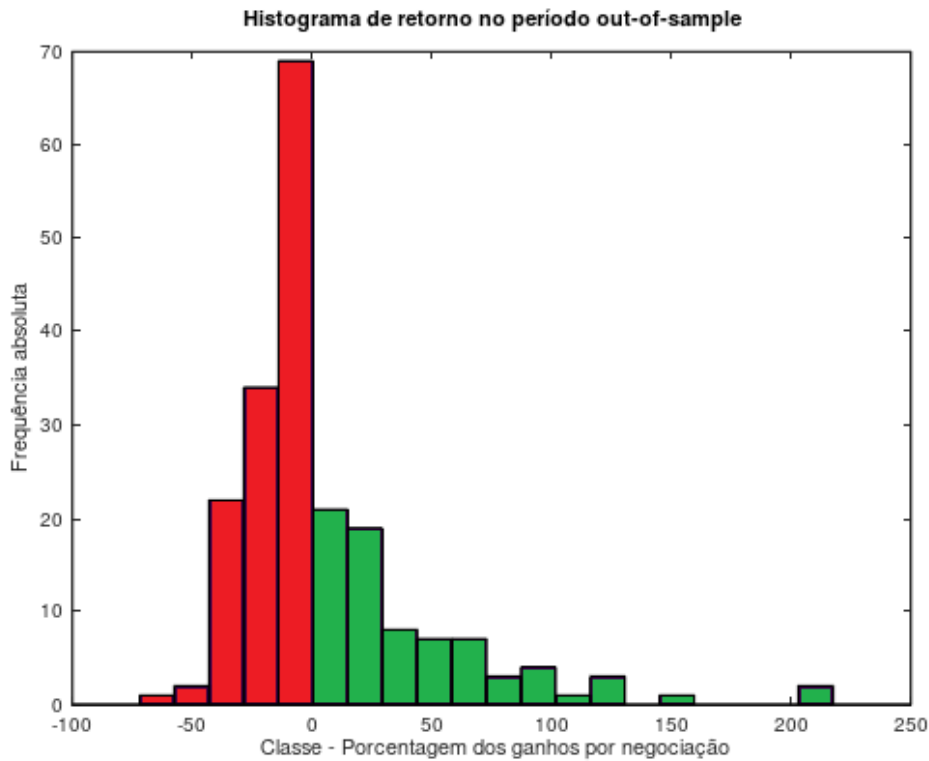


Figura 5.6: Histograma dos retornos no período *out-Sample*

realizado no período *in-sample* e descritos na subseção 5.1.2, para a realização de simulações através da função *backtest* do *software amibroker* no período *out-sample*.

Estas simulações foram realizadas com o intuito de verificar se o comportamento dos parâmetros dos métodos de PS eram mantidos ou modificavam-se ao serem aplicados em um cenário de negociação diferente ao período otimizado. Esta análise foi realizada com base nos valores do CAR (%) e o MDD (%), expressos na tabela 5.4, resultantes da simulação do sistema de negociação para cada um dos métodos de PS estudados.

Tabela 5.4: Resultados da simulação dos métodos de PS no período *out-sample*

Método	Melhor parâmetro	CAR (%)	MDD (%)	CAR(%) / MDD(%)
<i>Fixed size</i>	4	17,09	-19,57	0,87
<i>Constant value</i>	R\$ 100.000,00	14,21	-17,05	0,83
<i>Fixed amount of equity</i>	R\$ 27.000,00	20,55	-29,25	0,70
<i>Percent of equity</i>	8%	13,29	-24,99	0,53
<i>Percent volatility</i>	0,8%	8,07	-16,33	0,49
<i>Fixed fractional</i>	1,2%	6,37	-17,20	0,37
<i>Profit risk</i>	PC = 3% PL = 2% %	19,58	-20,48	0,96
<i>Fixed ratio</i>	R\$ 3.000,00	19,70	-30,64	0,64

Analisando a tabela é perceptível que os parâmetros dos métodos de PS *fixed ratio*, *profit risk*, *percent of equity* e o *fixed amount of equity* modificaram o comportamento

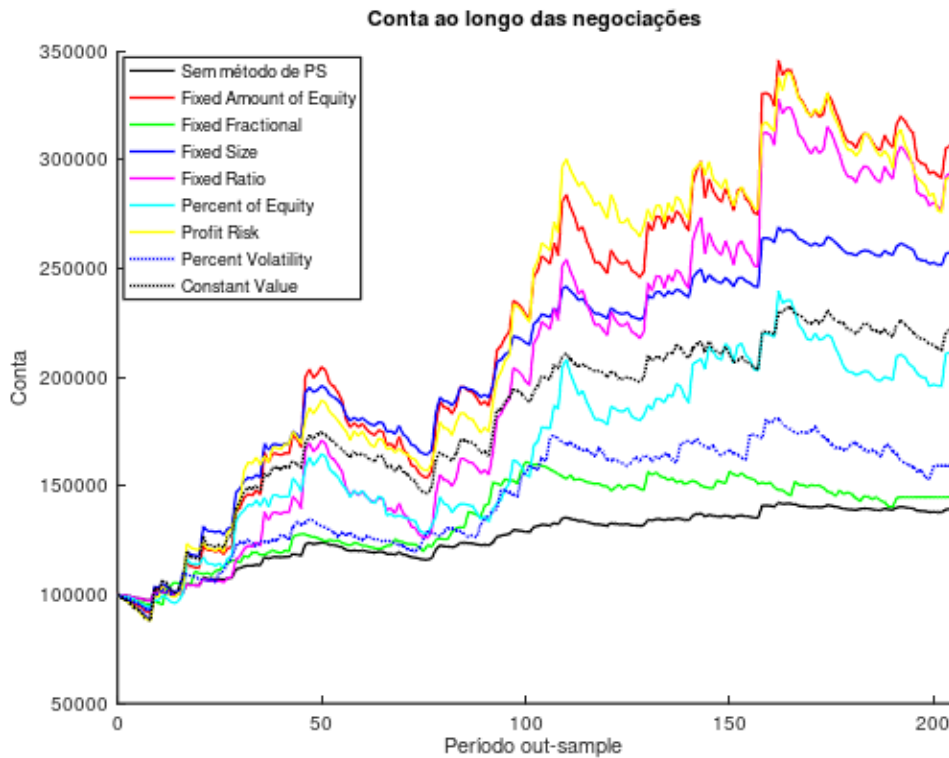


Figura 5.7: Curva da conta ao longo das 204 negociações realizadas no período *out-sample* (01/05/2010 à 01/05/2016)

ao se deparar com um cenário de negociação diferente do qual eles foram otimizados tornando-se mais arriscados, apesar de colaborarem para o aumento do retorno anual excedem o *drawdown* de 20% estabelecido para sua classificação como o melhor parâmetro no período *in-sample*. Os parâmetros dos demais métodos, com exceção do *fixed fractional*, proporcionaram um aumento no retorno anual, mas mantiveram-se dentro do limite determinado para o *drawdown* no processo de otimização.

Apesar dos parâmetros otimizados de alguns métodos de PS não manterem as características estabelecidas para a sua classificação como o melhor parâmetro no período *in-sample*, todos eles proporcionarem retornos para o sistema de negociação superiores ao comparar com o desempenho do sistema sem uso de método de PS. Esta afirmação é ilustrada na figura 5.7 que mostra a conta ao longo das negociações realizadas neste período, tanto para a execução do sistema sem método de PS quanto para a execução do sistema com a inclusão de cada um dos métodos de PS estudados.

Ao analisar a tabela 5.4 pode-se concluir que o método de PS *profit risk* apresentou o melhor resultado na relação retorno risco. No entanto esta estratégia de negociação foi lucrativa e não há indicação de que esse método de PS se mantenha mais vantajoso caso a estratégia se tornasse perdedora.

## 5.2 Definição dos parâmetros dos métodos de PS pela simulação de MC

O método de otimização dos parâmetros dos métodos de PS descrito na seção 5.1 não permite a identificação do comportamento dos parâmetros otimizados dos métodos de PS caso haja uma mudança de tendência da estratégia tornando-se perdedora ou mudanças significativas no mercado. Este não apresenta nenhum mecanismo de controle do MDD. Pois, mesmo havendo o controle do MDD no período *in-sample* não há garantia que a limitação será mantida no período *out-sample*.

Em virtude disso, foi considerada uma outra metodologia, baseado na simulação de MC, a qual permite a análise do comportamento dos parâmetros dos métodos de PS para diversos cenários de negociações diferentes ao que realmente ocorreu naquele período. Além disso, permite a escolha dos melhores parâmetros dos métodos de PS fundamentada na limitação do *drawdown*.

Nesta metodologia, vale frisar que o sistema de negociação foi o mesmo utilizado no procedimento descrito anteriormente, o qual teve como base as estratégias de negociação utilizada por [Krausz 1998] e [Santos e Rodrigues 2018]. Assim para o período *in-sample* do procedimento descrito, foi utilizado a mesma configuração adquirida na calibração do sistema de negociação no período *in-sample* na metodologia descrita na seção 5.1.1, a qual manteve o sistema também lucrativo para o período *out-sample* como apresentado na seção 5.1.3.

Como já citado na metodologia do trabalho a diferença existente entre os procedimentos metodológicos utilizados consiste no processo de otimização dos métodos de PS. No primeiro procedimento os parâmetros são otimizados no período *in-sample* utilizando a função *optimize* disponível no *amibroker*. No procedimento descrito nessa seção a escolha do parâmetro ideal aconteceu no período *out-sample* fundamentado na simulação de MC, que também é uma ferramenta disponível no *amibroker*.

O uso da simulação de MC para a escolha dos parâmetro do método de PS foi embasado nos trabalhos de [Bandy 2011] e [Bryant 2001]. Nesta metodologia vale ressaltar que o *drawdown* e retorno não correspondem a um único valor, como na realizada anteriormente, mas a uma distribuição de probabilidade que representa cenários com sequências de negociações diferentes das que realmente ocorrem naquele período. Isto permite identificar o comportamento dos métodos de PS no sistema caso as sequências da negociação fossem modificadas.

Desta maneira, o melhor parâmetro com base na análise dos resultados de MC é aquele que apresenta probabilidade de 95% das iterações realizadas não exceder o *drawdown* de 23%. O valor de 23% foi determinado empiricamente, por uma questão de convergência para todos os métodos de PS, visto que o limite de 20% não seria possível atingir para o método de PS *fixed size* uma vez que seu parâmetro não possibilita uso de valores intermediários entre 3 e 4.

Na sequência, o mesmo processo é utilizado aumentando o limite de *drawdown* de 23% para 40% para observar se com o aumento do MDD tolerado haveria mudança no comportamento dos resultados dos métodos de PS.

A ferramenta da simulação de MC do *software amibroker* foi configurada para a realização de 1000 iterações com base na sequência original de negociação geradas através do *backtest*. Cada uma destas iterações é resultante da alteração aleatória realizada na sequência de MC a qual gera uma nova curva da conta.

Concluída a simulação é analisada a distribuição estatística do *drawdown*, resultante da simulação de MC. Com base na análise, caso este parâmetro satisfaça os limites estabelecidos será adotado como o melhor parâmetro do método de PS. Caso contrário, será determinado um outro parâmetro e reproduzido o processo até a identificação do melhor parâmetro. O processo exposto foi realizado para todos os métodos de PS considerados no trabalho.

### 5.2.1 Resultados para limitação do *drawdown* em 23%

No figura 5.8 é ilustrado este procedimento baseado nos valores atribuídos ao parâmetro para a identificação do melhor parâmetro do método *percent of equity*. O eixo horizontal representa os valores atribuídos ao parâmetro e o eixo vertical a probabilidade das iterações realizadas durante a simulação de MC não exceder *drawdown* de 23%.

Assim, com base na visualização gráfica é perceptível que o parâmetro 4,5 concebeu a probabilidade de 95% das 1000 iterações realizadas na sequência de negociação original não exceder o *drawdown* de 23%, caracterizando-o como melhor parâmetro. Este ajuste manual é realizado para todos os métodos de PS, como citado na seção anterior.

Tabela 5.5: Parâmetros dos métodos de PS, no período *out-sample*, fundamentado na simulação de MC e limitação do *drawdown* em 23%

Método	Melhor parâmetro	CAR (%)	MDD (%)	CAR(%) / MDD(%)	CAR5(%) / DD95(%)
<i>Fixed size</i>	3	13,89	- 16,84	0,82	0,26
<i>Constant value</i>	R\$ 61.000,00	8,18	- 12,71	0,64	0,09
<i>Fixed amount of equity</i>	R\$ 47.000,00	10,59	- 15,31	0,69	0,16
<i>Percent of equity</i>	4,5%	6,21	- 11,10	0,56	-0,01
<i>Percent volatility</i>	0,65%	6,56	- 12,71	0,51	0,01
<i>Fixed fractional</i>	1,05%	4,57	- 13,80	0,33	-0,05
<i>Profit risk</i>	PC = 1% PL = 2,7%	6,16	- 13,66	0,45	0,01
<i>Fixed ratio</i>	R\$ 12.800,00	9,75	- 14,29	0,68	0,13

Na tabela 5.5 é exibido o melhor parâmetro, o qual teve sua escolha fundamentada na simulação de MC, com seus respectivos valores de CAR e MDD resultantes da execução do *backtest*, onde este considera as negociações do sistema tomadas sequencialmente na ordem em que ocorreram. Nas duas últimas colunas encontra-se a relação retorno risco para ambos métodos de PS, porém a primeira é resultante da

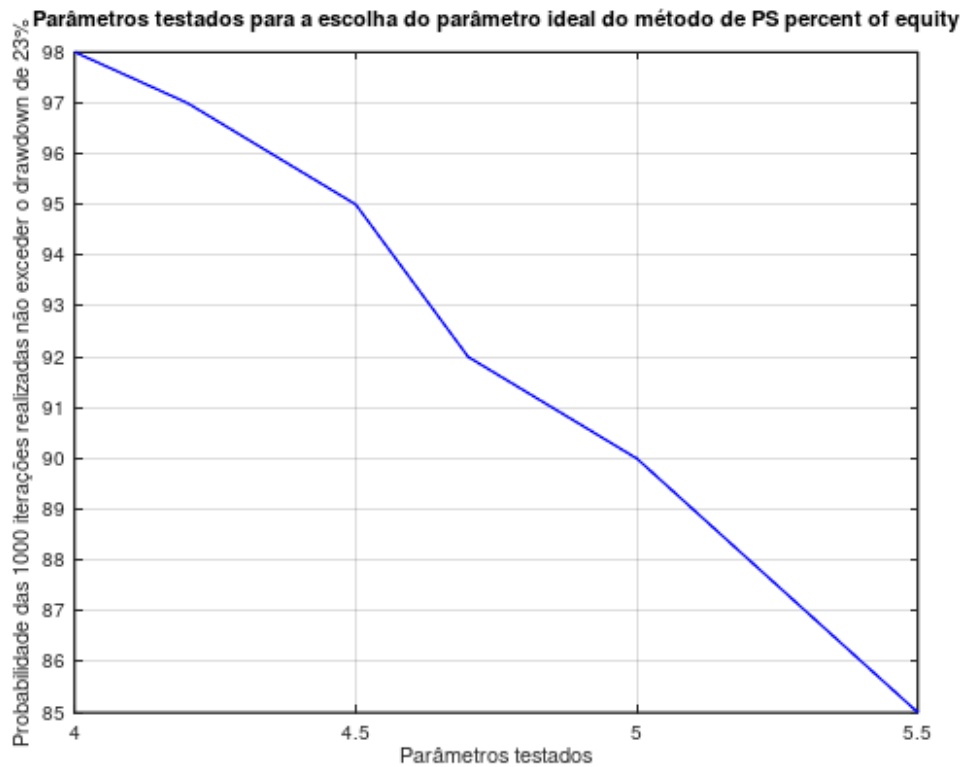


Figura 5.8: Escolha do melhor parâmetro, baseado na simulação de MC, para o método *percent of equity* quando o *drawdown* é limitado em 23%

CAR e *drawdown* gerados ao fim do *backtest* e a segunda é calculada tendo como base as distribuições estatísticas de *drawdown* e retorno anual resultantes da simulação de MC. Quanto maior esta métrica melhor o desempenho do método de PS. As figuras 5.9 e 5.10 mostram as curvas de distribuição estatísticas dos módulos do *drawdowns* e retorno para este determinado parâmetro, respectivamente, para cada um dos métodos de PS.

Analisando a figura 5.9 pode-se perceber a comparação entre as curvas de distribuição do *drawdown* dos 8 métodos considerados neste estudo e mostram todas elas convergindo em 95%. É perceptível uma variação estreita entre estas curvas, assim, não existe uma diferença significativa entre estes métodos, quanto ao risco, sendo qualquer um destes apropriado para o sistema de negociação utilizado.

Porém para determinar o método que apresenta a melhor relação entre risco e retorno, já que o risco é similar entre todos os métodos estudados, é pertinente realizar análise da figura 5.10 a qual dispõe da comparação entre as curvas da distribuição dos retornos anuais para os métodos considerados na pesquisa. É perceptível que estas curvas apresentam uma variação considerável entre si, assim quando o *drawdown* é limitado para não exceder 23% o método *fixed size* supera os demais.

Além da análise visual é importante considerar como métrica de desempenho a

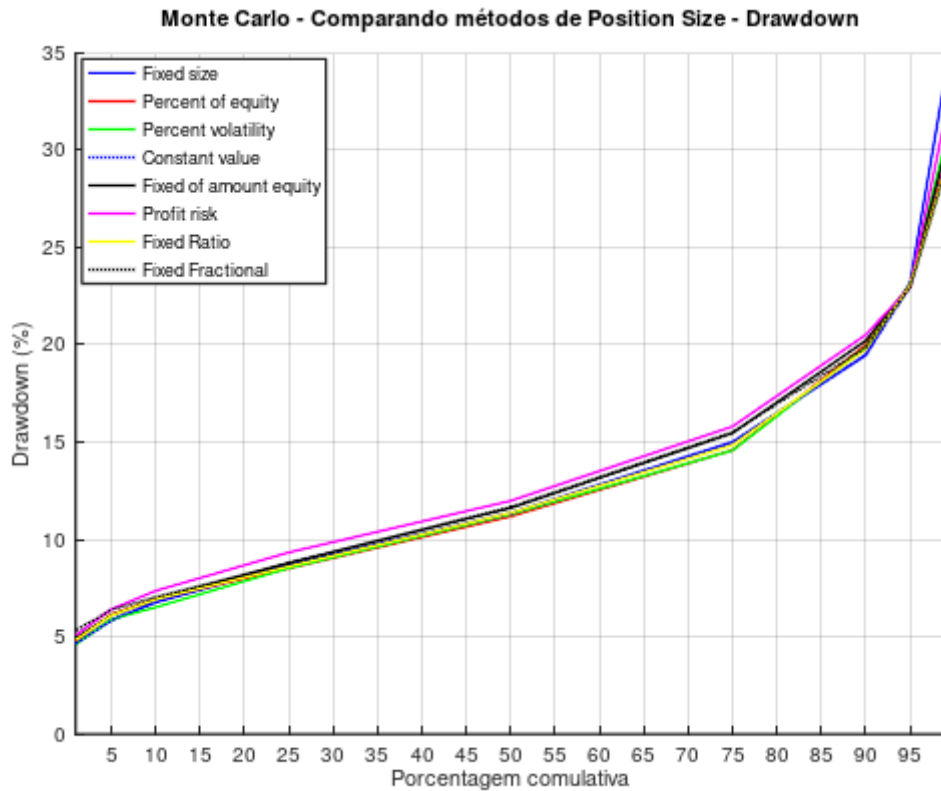


Figura 5.9: Simulação de Monte Carlo - *drawdown* limitado em 23%

relação retorno e risco, expresso na tabela 5.5 na coluna 5, calculada com base nas distribuições estatística do retorno e *drawdown* para cada um dos métodos. Com base nessa métrica o método *fixed size* apresenta o melhor desempenho, seguido dos métodos, *fixed amount of equity*, *fixed ratio*, *constant value*, *percent volatility*, *percent of equity* e *fixed fractional*.

A ordem de desempenho dos métodos baseada na relação retorno risco (CAR5/DD95) calculada de acordo com a distribuição estatística do retorno e *drawdown* geradas como resultado da simulação de MC, é a mesma que apresenta as curvas da distribuição do retorno anual exibidas na figura 5.10 e da relação retorno risco (exibida na tabela 5.5, coluna 4) calculada com base no retorno e *drawdown* geradas ao fim do *backtest*.

### 5.2.2 Resultados para limitação do *drawdown* em 40%

Os resultados apresentados nesta seção foram obtidos com base no processo de otimização fundamentado na simulação de MC descritos na seção 5.2, aumentando apenas o limite do *drawdown*.



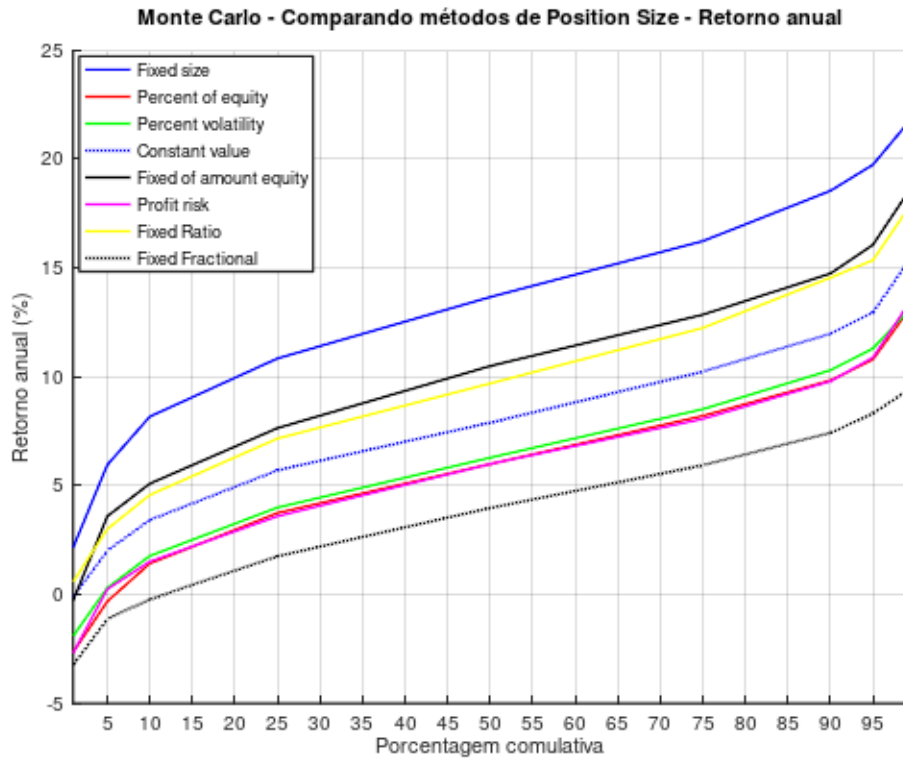


Figura 5.10: Simulação de Monte Carlo - CAR para o *drawdown* limitado em 23%

Para este caso de convergência o melhor parâmetro, identificado também com base nos resultados da simulação de MC, é aquele 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 ao critério exposto são exibidos na tabela 5.6 com seus respectivos valores de CAR e MDD resultantes do *backtest* (este é determinado com base no ordem que as negociações ocorreram no período), a relação retorno /risco calculada com base nos valores de CAR e MDD gerados ao fim do *backtest* (coluna 4) e calculada com base nas distribuições estatística de retorno e *drawdown* geradas ao fim da simulação de MC (coluna 5).

Tabela 5.6: Parâmetros dos métodos de PS , no período *out-sample*, fundamentado na simulação de MC e limitação do *drawdown* em 40%

Método	Melhor parâmetro	CAR (%)	MDD (%)	CAR(%) / MDD(%)	CAR5(%) / DD95(%)
<i>Fixed size</i>	6	22,42	- 26,34	0,85	0,28
<i>Constant value</i>	R\$ 130.000,00	16,97	- 19,62	0,86	0,18
<i>Fixed amount of equity</i>	R\$ 35.000,00	15,23	-22,95	0,66	0,13
<i>Percent of equity</i>	6,5%	11,10	- 18,84	0,59	0,03
<i>Percent volatility</i>	0,9%	9,15	- 18,48	0,50	-0,02
<i>Fixed fractional</i>	1,5%	9,76	- 19,40	0,50	-0,05
<i>Profit risk</i>	PC = 2% PL = 2,%	13,35	- 17,48	0,76	0,09
<i>Fixed ratio</i>	R\$ 6.000,00	14,03	- 21,94	0,64	0,09

Nas figuras 5.11 e 5.12 são apresentadas a comparação entre as curvas de distribuição do *drawdown* e retorno, respectivamente.

Analisando a figura 5.11 encontra-se a comparação entre as curvas de distribuição do *drawdown* dos métodos de PS mostrando a convergência destas 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%. É perceptível também, uma variação estreita entre estas curvas algumas chegam a se sobrepor não possibilitando diferenciá-las. Assim, quanto ao risco na negociação não existem diferenças consideráveis entre os métodos de PS, desta maneira é pertinente utilizar qualquer um destes.

Como intuito é identificar o método que apresenta a melhor relação entre risco e retorno, isto é, minimize os riscos e maximize os retornos, como o risco é similar para todos os métodos, a análise seguinte baseia-se na comparação entre as curvas de distribuição dos retornos, exibidas na figura 5.12 e nos dois cálculos da relação retorno/risco. Tendo como métrica de desempenho a relação retorno risco (CAR5/DD95) calculada com base nas distribuições estatísticas resultantes da simulação de MC o método de PS *fixed size* supera todos os outros métodos, seguido dos métodos *constant value*, *fixed amount of equity*, *profit risk*, *fixed ratio*, *percent of equity percent volatility* e *fixed fractional*.

A ordem de desempenho baseada na métrica retorno/risco calculada com base nas distribuições estatísticas é mantida ao analisar a disposição das curvas da distribuição do retorno de cada método de PS na figura 5.12.

### 5.2.3 Análise geral dos resultados da definição dos parâmetros dos métodos de PS pela simulação de MC

Considerando a variação realizada nos parâmetros no processo de otimização com base em MC, tanto para o caso do *drawdown* limitado em 23% quanto para o limitado em 40%, foi observado que a curva de distribuição do *drawdown*, resultante da simulação de MC, sobe e desce com incremento ou decremento do tamanho da posição através do parâmetro do método de PS.

Foi constatado também que reduzindo o tamanho de cada 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 seja a probabilidade de ocorrência desejada.

Outra característica a destacar, ao comparar os dois casos de limitações consideradas para o *drawdown*, é que quando os parâmetros dos métodos de PS são determinados usando como limite o máximo *drawdown*, aumentando o máximo *drawdown* aumenta também os retornos anuais.

Em ambos os casos de limitações para o *drawdown* considerados nesta pesquisa, pode-se perceber uma variação estreita entre as curvas de distribuição do *drawdown*

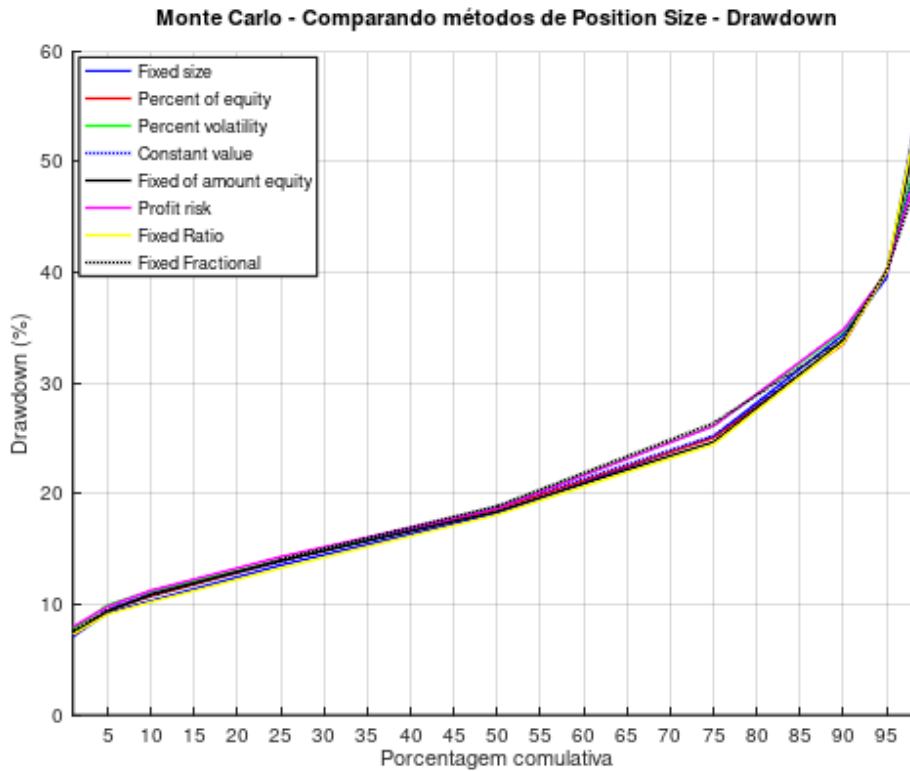


Figura 5.11: Simulação de Monte Carlo - *drawdown* limitado em 40%

para cada um dos métodos de PS. Assim, levando em consideração o risco para a escolha do método de PS para integrar o sistema de negociação não existe diferenças consideráveis entre estes.

Visto que o objetivo da pesquisa é detectar o método de PS que apresente a melhor relação entre risco e retorno, realizou-se o cálculo desta métrica de desempenho considerando as distribuições estatísticas resultantes da simulação de MC, como também os resultados do CAR e MDD disponibilizados ao fim do *backtest*, para complemento da análise considerou a disposição das curvas de distribuições do retorno anual para os métodos de PS estudados.

Analisando os dados expostos acima, para ambos os casos considerados de limitação do *drawdown* o método *fixed size* supera os demais sendo seus parâmetros 3 e 6 para satisfazer a probabilidade de 95% das iterações realizadas não exceder o *drawdown* de 23% e 40%, 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 eles apresentam comportamentos diferentes a depender do valor limitado para o *drawdown*.

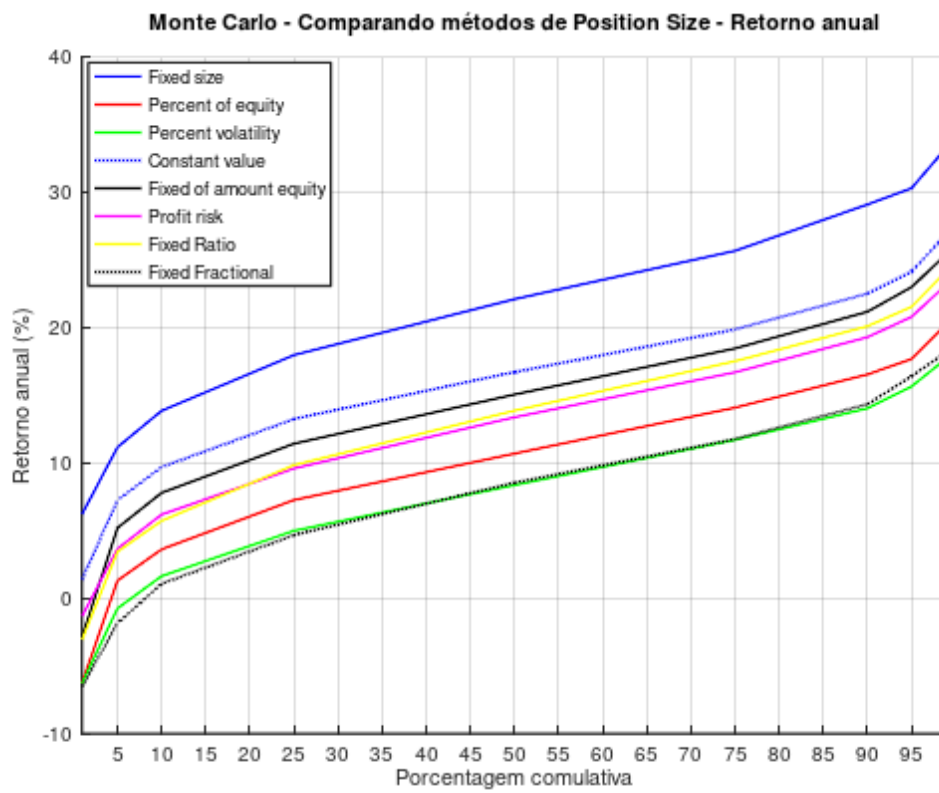


Figura 5.12: Simulação de Monte Carlo - CAR para o drawdown limitado em 40%

# Capítulo 6

## Considerações Finais

A presente pesquisa teve como objetivo demonstrar que o uso controlado de métodos de PS em um sistema de negociação pode ser utilizado para o controle do risco e influenciar positivamente a performance do mesmo no mercado de futuros na bolsa de valores brasileira.

A escolha dos parâmetros dos métodos de PS e uma das métricas utilizadas para avaliar o desempenho destes foi fundamentada em [Bandy 2011]. A pesquisa em questão traz uma grande contribuição em relação ao trabalho de Bandy por considerar uma quantidade maior de métodos de PS para análise e por ser aplicado em um mercado diferente, neste caso o brasileiro.

Ao comparar o desempenho do sistema de negociação seguidor de tendências implementado sem e com uso de métodos de PS, ficou evidente que o uso de métodos de PS apesar de apresentarem *drawdowns* superiores proporcionam uma lucratividade maior.

Como o desempenho dos métodos de PS em um sistema de negociação lucrativo está intimamente relacionado a escolha correta dos seus parâmetros, uma vez que se faça a escolha incorreta isso transformará um sistema de negociação lucrativo em perdedor. Na presente pesquisa foram utilizadas duas metodologias distintas. A primeira consiste na otimização dos parâmetros dos métodos de PS e a segunda baseia-se na simulação de MC.

Ambas metodologias apresentam limitações ao considerar a imprevisibilidade do dia seguinte neste mercado de renda variável. A primeira determina o parâmetro considerando apenas a ordem da negociação como ela realmente ocorreu, tendo o melhor parâmetro apenas para um cenário específico, não garantindo que este permaneça o melhor caso o cenário de negociação se modifique.

A escolha fundamentada na simulação de MC apesar de considerar uma grande quantidade de possibilidades de organização para as negociações, vale ressaltar que estas não são as únicas. Além disto, a análise utilizada pressupõe em seu relatório

de desempenho que são as únicas sequências de negociações possíveis, o que não é realidade. Pois quando são realizadas negociações em tempo real, qualquer resultado é possível para uma negociação particular. E o uso desta metodologia de MC só é pertinente caso cada negociação seja independente da anterior.

Apesar das limitações detectadas na simulação de MC, o investidor dispõe de maior controle sobre o risco assumido na negociação através do parâmetro do método de PS ao comparar com o procedimento de otimização dos parâmetros. Deste modo ao analisar os métodos de PS considerados para o desenvolvimento da pesquisa, quando seus parâmetros são escolhidos pela limitação do *drawdown*, quanto maior o *drawdown* aceito maior serão os retornos e estes apresentam comportamentos similares perante o risco na negociação ao considerarem o mesmo *drawdown* para a escolha do parâmetro, isto é identificado em ambos casos de limitação do *drawdown*.

Para identificar o método de PS adequado para a minimização do risco e maximização do retorno, considerou-se a relação retorno/risco (CAR/MDD) calculada com base nas distribuições resultantes da simulação de MC e a disposição das curvas de distribuição do retorno para os métodos de PS estudados, para ambas as limitações dos *drawdowns*, onde o método de PS *fixed size* supera os demais.

Quanto aos outros métodos de PS considerados na pesquisa a ordem de desempenho é diferente para as limitações de 23% e 40% mostrando que estes métodos apresentam comportamentos distintos a depender do risco assumido.

## 6.1 Pesquisas Futuras

Outros procedimentos podem ser utilizados para determinar os parâmetros dos métodos de PS. Nesta perspectiva, apresenta-se como sugestões para pesquisas futuras o uso do método *walk forward* aplicado à metodologia de MC com diferentes janelas de tempo e a implementação de um método de PS variável e adaptativo de acordo com as oscilações da conta ou da efetividade da estratégia.

# Referências Bibliográficas

- [Anderson e Faff 2004] Anderson, J. A. e Faff, R. W. (2004). Maximizing futures returns using fixed fraction asset allocation. *Applied Financial Economics*, 14(15):1067–1073.
- [Bandy 2011] Bandy, H. B. (2011). *Modeling Trading System Performance*. Blue Owl Press, Inc, 1st edition.
- [Bower 2002] Bower, G. (2002). Money management. *YTE*, Aug-Sep:12–16.
- [Bryant 2001] Bryant, M. R. (2001). Position sizing with monte carlo simulation. *Stocks & Commodities*, 19:2:18–22.
- [Correia 2008] Correia, J. S. (2008). *Operando na bolsa de valores utilizando análise técnica: aprenda a identificar o melhor momento para comprar e vender ações*. Novatec, 1st edition.
- [Covel 2014] Covel, M. W. (2014). *Trend Following: Estratégias para ganhar milhões com mercados de alta ou de baixa*. Editora Fundamental Educacional Ltda.
- [Elder 2006] Elder, A. (2006). *Aprenda a operar no mercado de ações: Come into my trading room*. Elsevier.
- [Faith 2007] Faith, C. (2007). *Way of the turtle: the secret methods that turned ordinary people into legendary trades*. McGraw-Hill.
- [Gomes. F. e Saiz 2012] Gomes. F., V. S. F. A. e Saiz, L. V. (2012). Eficacia do indicador técnico hilo: Estudo sobre a eficacia do indicador hilo para as ações do Índice bovespa e do Índice small cap da bolsa de valores de são paulo. *Encontro Nacional dos Cursos de Graduação em Administração*.
- [Jaekle e Tomasini 2009] Jaekle, U. e Tomasini, E. (2009). *A new approach to system development and portfolio optimisation*. Harriman House Ltd.
- [Jarque e Bera 1980] Jarque, C. M. e Bera, A. K. (1980). Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics letters*, 6(3):255–259.
- [Jones 1999] Jones, R. (1999). *The Trading Game: playing by the numbers to make millions*. Wiley, 1st edition.

- [Krausz 1998] Krausz, R. (1998). The new gann swing chartist. 16(15):57–66.
- [Lundström et al. 2014] Lundström, C. et al. (2014). Money management with optimal stopping of losses for maximizing the returns of futures trading. Technical report, Umeå University, Department of Economics.
- [Mendes e Lavrado 2017] Mendes, B. M. V. e Lavrado, R. C. (2017). Implementing and testing the maximum drawdown at risk. *Finance Research Letters*, 22:95–100.
- [Mileris 2014] Mileris, R. (2014). Equity investments portfolio risk in different stages of business cycle. *Science and Studies of Accounting and Finance: Problems and Perspectives*, 9(1):163–172.
- [Murphy 1999] Murphy, J. J. (1999). *Technical Analysis of the Financial Markets. A comprehensive guide to trading methods and applications*. New York Institute of Finance, rev. ed. of: technical analysis of the futures markets. edition.
- [Queji e Schier 2016] Queji, L. M., V. G. J. C. K. e Schier, C. U. C. (2016). Operações no mercado futuro de milho utilizando análise técnica. *VI Congresso Brasileiro e Engenharia de Produção*.
- [Santos e Rodrigues 2018] Santos, G. P. e Rodrigues, C. A. (2018). Sistema de negociação baseado em técnicas seguidoras de tendências: Estratégia para apoio à tomada de decisão no mercado de futuros brasileiro.
- [Strub 2012] Strub, I. S. (2012). Trade sizing techniques for drawdown and tail risk control.
- [Tharp 2008] Tharp, V. (2008). *Definitive Guide to Position Sizing Strategies*. International Institute of Trading Mastery, Inc, 1st edition.
- [Vince 1992] Vince, R. (1992). *The mathematics of money management: risk analysis techniques for traders*. Wiley.
- [Vince 2011] Vince, R. (2011). Optimal f and the kelly criterion. *IFTA*, 2011:21–28.
- [Wilder 1978] Wilder, J. W. (1978). *New Concepts in Technical Trading Systems*. North Carolina: Hunter Publishing Company.
- [Williams 2003] Williams, L. (2003). *The right stock at the right time: prospering in the coming good years*. Wiley.
- [Wójtowicz 2016] Wójtowicz, M. (2016). Money management methods in trading and investing. *Global Management*, pp. 40.
- [Wu et al. 2015] Wu, M.-E., Wang, C.-H., Chung, W.-H., Tso, R., e Yang, I.-H. (2015). An empirical comparison between kelly criterion and vince’s optimal f. In *Smart City/SocialCom/SustainCom (SmartCity), 2015 IEEE International Conference on*, pp. 806–810. IEEE.
- [Zamansky e Stendahl 1998] Zamansky, L. J. e Stendahl, D. C. (1998). Secure fractional money management. *Technical analysis of Stocks and Commodities*, 16:28–36.