

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

CÁSSIO ANDRADE XAVIER

**ESTRATÉGIA PAIRS TRADING APLICADA AO MERCADO BRASILEIRO DE
AÇÕES**

**Porto Alegre,
2014**

Cássio Andrade Xavier

**ESTRATÉGIA PAIRS TRADING APLICADA AO MERCADO BRASILEIRO DE
AÇÕES**

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como quesito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: João Fróis Caldeira

**Porto Alegre,
2014**

Cássio Andrade Xavier

ESTRATÉGIA PAIRS TRADING APLICADA AO MERCADO BRASILEIRO DE
AÇÕES

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como quesito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovada em ____ de _____ de 2014.

Prof. Dr. João Fróis Caldeira (Orientador)

Prof. Dr. Marcelo Scherer Perlin

Prof. Dr. Hudson da Silva Torrent

Porto Alegre,
2014

RESUMO

A crescente pesquisa e busca por estratégias de investimentos baseadas em estatísticas tem chamado atenção do meio acadêmico nos últimos anos. Esse trabalho apresenta uma revisão das principais bibliografias sobre a estratégia pairs trading e aplica duas regras de trading para o mercado acionário brasileiro, utilizando dados diários de preço para o período de 2006 a 2013.

Palavras-chave: arbitragem estatística, estratégia quantitativa, estratégia neutra ao mercado, pairs trading.

ABSTRACT

In recent years, the growing research for investment strategies based on statistics has received a considerable amount of attention in the literature. This paper presents an overview of past works on the pairs trading strategy and apply two rules of trading for the Brazilian stock market, using daily data from 2006 to 2013.

Keywords: statistical arbitrage, quantitative strategy, market neutral strategy, pairs trading.

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1 – Série do logaritmo dos preços das ações GGBR4 e GOAU4	22
Gráfico 2 – Série do logaritmo dos preços das ações GGBR4+ e GOAU4.	22
Gráfico 3 – Séries de preços das ações utilizadas para formação e trading dos pares	25
Gráfico 4 – Série de preços das ações PETR3 e PETR4.....	27
Gráfico 5 – Índice de retorno acumulado das ações PETR3 e PETR4	28
Gráfico 6 – Índice normalizado de retorno acumulado das ações PETR3 e PETR4	28
Gráfico 7 – Diferença entre os índices normalizados das ações PETR3 e PETR4	29
Gráfico 8 – Spread entre PETR3 e PETR4 no período de trading	30
Gráfico 9 – Evolução das taxas de aluguel de ações listadas no índice Bovespa (% a.a) ...	32
Gráfico 10 – Série de preços da PETR4.....	34
Gráfico 11 – Número de pares abertos em cada dia de trading	36
Gráfico 12 – Retorno acumulado dos pares no período de análise – Grupo 1	37
Gráfico 13 – Retorno acumulado dos pares no período de análise – Grupo 2.....	38
Gráfico 14 – Retorno acumulado dos pares no período de análise – Grupo 3.....	38
Gráfico 15 – Retorno acumulado da estratégia pairs trading no período de análise	39
Gráfico 16 – Série de retorno diário da estratégia	40
Tabela 1 – RESULTADOS OBTIDOS NOS PARES DE AÇÕES.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
--------------------------	----------

2 REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 HIPÓTESE DOS MERCADOS EFICIENTES	10
2.2 ESTRATÉGIAS LONG-SHORT	11
2.2 ESTRATÉGIAS PAIRS TRADING	14
2.3.1 PAIRS TRADING – ABORDAGEM DA DISTÂNCIA	17
2.3.2 PAIRS TRADING – ABORDAGEM DA COINTEGRAÇÃO	20
3 METODOLOGIA	25
3.1 BASE DE DADOS	25
3.2 MODELO	26
3.2.1 ABORDAGEM DA DISTÂNCIA	26
3.2.2 ABORDAGEM DA COINTEGRAÇÃO	31
3.3 MEDIDAS DE RETORNO DA ESTRATÉGIA	32
3.3.1 CUSTOS DE OPERAÇÃO	32
3.3.2 RENTABILIDADE LÍQUIDA	33
3.3.3 MÁXIMO DRAWDOWN	34
4 RESULTADOS	35
4.1 RESULTADOS PARA A ABORDAGEM DA DISTÂNCIA	35
4.2 RESULTADOS PARA A ABORDAGEM DA COINTEGRAÇÃO	36
5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A popularização da indústria de hedge funds ao longo das últimas décadas resultou em um crescimento contínuo das pesquisas em estratégias de arbitragem quantitativa. Embora desde meados de 1920 já existissem registros de parcerias de investimento que utilizavam estratégias diferenciadas, semelhantes aos hedge funds de hoje, como a Graham-Newman Corp., liderada por Benjamin Graham, o surgimento dessa modalidade de fundos é normalmente associado ao nome de Alfred Winslow Jones. Nascido em 1900 na Austrália, mudou-se para os Estados Unidos quando ainda era uma criança, graduando-se em sociologia pela universidade de Harvard. Em 1949, trabalhando para a revista Fortune, publicou um artigo intitulado “Fashions in Forecasting”, descrevendo técnicas de análise do mercado financeiro e estatísticas utilizadas por operadores do mercado, citando pontos positivos e negativos das abordagens, verificando diferenças entre estratégias seguidoras de tendência, de compra e venda de volatilidade, entre outras. De acordo com Goetzmann et al. (1998) o estudo para o artigo possibilitou que Jones criasse um fundo de investimento com uma estratégia market-neutral, assumindo posições compradas em ativos que considerava subvalorizados, financiadas por posições vendidas em ativos sobrevalorizados. O sucesso da estratégia estava na seleção dos ativos e não somente na tendência do mercado.

O termo “hedge fund” foi utilizado em 1966, em um outro artigo da revista Fortune, “The Jones Nobody Keeps Up With”, desta vez para descrever o sucesso das estratégias utilizadas por Alfred Winslow Jones. De acordo com Goetzmann et al. (1998) o artigo cunhou o termo “hedge fund”, descrevendo as estratégias e a estrutura do fundo, até mesmo em relação aos incentivos ao gestor e às taxas cobradas sobre os rendimentos. Segundo o autor muitos fundos semelhantes surgiram nos anos seguintes buscando uma semelhança à estrutura proposta por Jones, sendo um período de grande crescimento da indústria de hedge funds.

As mudanças ocorridas nos sistemas de negociação, de disponibilização dos dados de mercado, velocidade da comunicação e evolução da capacidade computacional contribuíram para um constante estudo e desenvolvimento de novas estratégias de investimento. Ao mesmo tempo, o montante de recursos aplicados em hedge funds aumentou significativamente. De acordo com Ehrman (2006) no ano de 1990 esses fundos possuíam um patrimônio aproximado de 20 bilhões de dólares, atingindo a marca de um trilhão de dólares em 2005. As estimativas atuais indicam mais de três trilhões de dólares aplicados na

modalidade, tornando cada vez mais difícil encontrar grandes oportunidades de arbitragem ou falhas de mercado.

Grande parte do sucesso dos hedge funds está associada a um histórico de retornos acima dos benchmarks. De acordo com o estudo de Ibbotson (2011) o desempenho de 8.400 fundos da modalidade para o período de 1995 a 2011 foi positivo, gerando 2,5% de alfa (retorno excedente ao benchmark). Ele afirma que retornos semelhantes ao do passado serão cada vez mais difíceis. O aperfeiçoamento das estratégias existentes e a contínua pesquisa em relação aos novos instrumentos e novos mercados serão fundamentais para os retornos futuros da modalidade.

Uma estratégia que merece atenção especial nesse contexto é o pairs trading. Essa modalidade de investimento é muito popular entre os hedge funds, sendo construída, na maioria das vezes, por modelos de arbitragem quantitativa. A estratégia consiste em encontrar duas ações que apresentam movimento de preços historicamente semelhantes, abrindo uma posição sempre que a diferença entre os preços ultrapassar um padrão histórico, vendendo uma ação que esteja sobrevalorizada e, com o montante disponível, comprando uma ação que esteja subvalorizada. A ideia fundamental é aproveitar desvios da relação de preços de longo prazo dos dois ativos, montando uma estratégia que aposte na reversão para a relação de equilíbrio.

Ao longo dos últimos anos cresceram as pesquisas sobre estratégias pairs trading, tendo como principais abordagens os métodos baseados na distância e na cointegração. O objetivo deste trabalho é apresentar as principais abordagens da estratégia e aplicá-las para um mesmo período no mercado brasileiro de ações, verificando seu comportamento e os resultados financeiros. Serão utilizadas as séries de preços diários de fechamento das ações que fizeram parte do índice Bovespa em dezembro de 2013 e apresentaram negócios em 100% do período, de janeiro de 2006 a dezembro de 2013, para simulações da estratégia. Primeiramente será apresentado o conceito teórico das estratégias pairs trading, as diferentes abordagens e o histórico das pesquisas. Os itens seguintes exibirão as metodologias utilizadas nos testes para o mercado brasileiro, os resultados encontrados e possíveis pesquisas futuras para a estratégia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 HIPOTESE DOS MERCADOS EFICIENTES

De acordo com Fama (1970) um mercado no qual os preços dos ativos refletem completamente todas as informações disponíveis é chamado de eficiente. Os estudos iniciais foram focados em testar a eficiência da utilização de modelos de estratégias baseadas apenas nas séries históricas dos ativos. Essa etapa do estudo foi chamada pelo autor de “forma fraca” de eficiência dos mercados, e uma variedade de testes propostos corroboraram com essa visão. A grande crítica aos modelos estatísticos de identificação de oportunidades nos mercados é relacionada ao amplo uso de parâmetros subjetivos, percentuais necessários de descolamento para abrir e fechar uma estratégia, entre outros. As pesquisas nessa linha sempre seriam capazes de encontrar boas oportunidades, dependendo apenas das calibrações dos parâmetros. A abordagem é sustentada através da ideia de que os preços dos ativos mudam de forma aleatória, sem possibilidade de previsão, seriam enquadradas no conceito de passeio aleatório, apresentando mudanças na média e variância ao longo do tempo.

A segunda parte do estudo foi avaliar a velocidade de ajuste dos preços dos ativos quando informações públicas, referentes a empresa em questão, são divulgadas. No caso de eficiência os preços responderiam rapidamente às novas informações. Essa abordagem é chamada de “forma semi forte”. Por último o autor quis testar se algum agente teria acesso exclusivo ou privilegiado a alguma informação relevante do mercado. Essa foi chamada de “forma forte” de eficiência do mercado.

O conceito de eficiência do mercado proposto está diretamente ligado a capacidade do mercado de interpretar as novas informações e incorporá-las rapidamente nos preços, porém está implícito nessa abordagem a hipótese de agentes racionais. Estudos baseados em finanças comportamentais contestam este ponto e demonstram que os indivíduos reagem de forma distintas para resultados positivos e negativos de suas estratégias. Outro ponto contrário à ideia de eficiência dos mercados pode ser visto em Jacobs e Levy (1993) que destacam o fato dos modelos de otimização de portfólio não possuírem restrições às posições vendidas, enquanto no mercado ela é presente para muitos gestores. A busca por bons ativos

é grande, enquanto a venda de eventuais perdedores é menos explorada. Nesse sentido oportunidades de venda contribuiriam para o sucesso de diferentes estratégias long-short.

2.2 ESTRATÉGIAS LONG-SHORT

O objetivo tradicional do investimento em ações é selecionar empresas que apresentem bons resultados financeiros, expectativas de crescimento do número de clientes, aumento das margens de lucro, resultando em uma valorização da ação escolhida. Quando o gestor de um fundo de ações possui como objetivo apresentar uma rentabilidade superior a um benchmark, é preciso definir alocações de ativos em sua carteira diferentes da composição teórica do índice de comparação. Muitas vezes esse processo estabelece a exclusão de ativos avaliados como potenciais perdedores, aqueles que apresentarão performances piores que os demais. Nessa lógica, de estabelecer quais ativos apresentarão rentabilidades superiores e inferiores, as estratégias long-short surgem como uma boa alternativa de investimento.

Uma estratégia long-short básica no mercado de ações consiste no aluguel de uma ação, que é vendida imediatamente, e compra de outra com o dinheiro proveniente da venda. Nessas condições o investidor está montando uma estratégia pairs trading, exposto às variações de preços dos dois ativos, sem um desembolso de caixa imediato. Ao longo dos últimos anos essa estratégia tem recebido uma atenção especial. Embora o número de publicações que proponham uma abordagem diferente da usual não seja grande, podemos observar estudos em diversos mercados, tais como o norte-americano de títulos e ações, através dos trabalhos de Nath (2006) e Gatev et al. (2006), para ADR's asiáticos por Hong e Susmel (2003), para o mercado brasileiro de ações Perlin (2007 e 2009), Caldeira e Moura (2013), Reino Unido estudado por Bowen et al. (2012), entre outros. De acordo com Caldeira e Moura (2013) estratégias pairs trading são amplamente utilizadas pelos agentes do mercado, apresentando retornos passados ajustados ao risco muito atrativos.

Outra estratégia long-short utilizada por hedge funds consiste na construção de duas carteiras de ações, uma com posições compradas e outra vendida. Essa estratégia normalmente é construída através da utilização de modelos estatísticos para definição das regras de trading, após um rigoroso processo de backtesting. Uma das referências no assunto

é o trabalho de Alexander e Dimitriu (2002), que utilizaram as séries de preços das ações que constituíam o índice Dow Jones Industrial Average de 1990 a 2001 para construir suas carteiras. Podemos observar a aplicação de um estudo semelhante para o mercado brasileiro de ações, através dos trabalhos de Caldeira e Portugal (2010), utilizando dados diários de ações participantes do índice Bovespa, de janeiro de 2000 a dezembro de 2008. Ambos os artigos utilizam a metodologia de cointegração para construção das estratégias long-short.

Estratégias long-short podem ser construídas de diversas maneiras, buscando características específicas, satisfazendo restrições e os objetivos de rentabilidade do investidor. É preciso dar uma atenção especial aos conceitos de Dollar Neutrality, Sector Neutrality e Beta Neutrality quando analisamos a estrutura das estratégias. Ehrman (2006) descreve detalhadamente essas e outras características, de uma forma geral temos:

Dollar Neutrality: muito comum entre as estratégias long-short, é assim chamada por determinar que montantes iguais sejam aplicados nas posições long e short, ou seja, não exige um desembolso de caixa imediato. As compras da posição long são financiadas pelas vendas da parte short.

Sector Neutrality: é importante para estratégias que envolvem duas carteiras, comprada e vendida, com diversos ativos. Ela estabelece que ambas as carteiras possuam exposições semelhantes nos diferentes setores do mercado, minimizando os efeitos de um eventual comportamento fora do esperado de um determinado setor.

Beta Neutrality: objetiva minimizar os efeitos dos retornos do mercado sobre a estratégia. O tamanho de cada posição é definido de acordo com o seu beta em relação ao mercado, de forma que o beta ponderado da estratégia long-short seja muito próximo a zero.

Jacobs e Levy (1993) apresentam três maneiras de implementar estratégias long-short. A primeira é a estratégia market-neutral, apresentando posições compradas e vendidas que anulam a exposição líquida no mercado de ações. O retorno dependerá apenas das mudanças do diferencial de preços das carteiras comprada e vendida, independente dos movimentos do mercado. Vidyamurthy (2004) acrescenta que estratégia market-neutral, no contexto do CAPM, é uma estratégia que possui o beta igual a zero. Embora esse tipo de estratégia long-short seja desejável, sua aplicação não é simples. Alexander e Dimitriu (2002) afirmam que estratégias long-short só serão neutras ao mercado caso sejam elaboradas para isso. Os autores citam um estudo que demonstra uma alta correlação entre

um índice de hedge funds e os mercados de ações para demonstrar que o simples fato de possuir uma estratégia comprada em uma carteira de ações e vendida em outra não garante a neutralidade ao mercado. Para eles estratégias market-neutral envolvem ações que possuem interdependência, uma relação de preços que em algum momento convergirá. Nesse sentido estratégias long-short que utilizam correlação para medir a interdependência dos ativos podem apresentar problemas, principalmente pela instabilidade da medida. Os autores propõem o uso de cointegração para definição de carteiras long-short, pois esta seria uma propriedade estatística mais estável para a construção de estratégias market-neutral.

A segunda maneira de implementar estratégias long-short apresentada por Jacobs e Levy (1993) é chamada de equitized. Ela consiste em uma combinação de uma estratégia market-neutral com uma posição comprada em um índice futuro de ações em igual principal. Nesse caso o gestor ficaria exposto ao risco do mercado acionário, mas ele conseguiria obter uma performance superior ao benchmark, em decorrência da parte market-neutral. Ele garantiria uma performance semelhante ao do benchmark por carregar uma posição comprada no índice e adicionaria retorno com a estratégia long-short. A terceira maneira apresentada por Jacobs e Levy (1993) é o hedge. Nessa estratégia a carteira comprada seria selecionada pelo gestor baseada em suas preferências e uma proteção às variações do mercado seria feita através da venda de contratos de índice futuro. O retorno dependeria da diferença de rentabilidade entre a carteira comprada e o índice de ações.

Jacobs e Levy (1993) apresentam como um dos benefícios da estratégia long-short o fato do investidor, que não possui restrições para manter posições vendidas, poder apostar nos vencedores e perdedores, apresentando maior possibilidades de ganhos. Na mesma linha de pensamento Alexander (2002) destaca que os gestores que utilizam a estratégia long-only, ou seja, aqueles que possuem apenas uma carteira comprada em ações, quando não gostam de um determinado ativo, apenas não o compram, enquanto gestores que utilizam estratégias long-short podem vender esses ativos, apresentando um duplo alpha, um potencial ganho na carteira comprada e na carteira vendida. Além desse benefício, manter uma carteira comprada e uma vendida minimizaria o efeito direcional do mercado de ações. Jacobs e Levy (1993) afirmam que outra importante vantagem das estratégias long-short é o grande número de oportunidades que aparecem para montar posições vendidas. A afirmação é sustentada em decorrência da maioria dos investidores tradicionais procurar por ativos subvalorizados, para mantê-los em suas carteiras compradas, enquanto um número muito menor de

investidores estaria preocupado em encontrar ativos sobrevalorizados para vendê-los. Os autores incluem o fato dos analistas de empresas receberem comissões para dar recomendações de compra de ações, enquanto não possuem incentivos para sugerirem vendas.

Jacobs, Levy e Starer (1998) afirmam que existem muitas vantagens para o investidor que pode manter posições compradas e vendidas, mas elas dependem da maneira que as carteiras são construídas. Para os autores o método ótimo de construir as estratégias long-short seria definir as carteiras, comprada e vendida, de forma integrada, como um portfólio único, considerando o retorno esperado, risco e correlação de forma simultânea.

2.3. ESTRATÉGIAS PAIRS TRADING

Podemos definir pairs trading como uma estratégia long-short de ações na qual uma ação é vendida, financiando a compra de outra. Vidyamurth (2004) define pairs trading como uma estratégia market-neutral na sua forma mais primitiva, porém é importante destacar que esse conceito é atribuído à estratégia por relacioná-la a um modelo de arbitragem quantitativa. A propriedade de não correlação dos retornos, dos pares definidos, com o mercado de ações é desejável, mas, conforme Alexander e Dimitriu (2002), essas estratégias só serão neutras ao mercado caso sejam construídas para isso.

Ehrman (2006) ao descrever a implementação das estratégias pairs trading separa sua análise em abordagens fundamentalista e estatística. A primeira estabelece os parâmetros de trading baseados em uma análise dos fundamentos da empresa, sua linha de produtos, do seu mercado consumidor, margem de lucro, EBITDA, ROE, setor de mercado entre outros fatores que o analista considerar relevante. A segunda abordagem define os pares e os momentos de entrada e saída na estratégia baseada em modelos estatísticos, através de um rigoroso processo de backtesting.

Perlin (2007) destaca no seu estudo a ideia da estratégia de aproveitar as ineficiências do mercado. Um novo par seria aberto sempre que a relação de preços, de dois ativos que andam juntos, ultrapassasse os limites definidos, vendendo uma ação que esteja sobrevalorizada e comprando uma ação que esteja subvalorizada. A ideia fundamental é

aproveitar desvios da relação de preços montando uma estratégia que aposte na reversão para a relação de equilíbrio. Outra característica importante das estratégias pairs trading é que, de acordo com Caldeira (2011), os recursos obtidos com a posição vendida geralmente são utilizados para financiar a parte comprada, ou seja, a construção da estratégia não exige desembolso de caixa imediato, apenas margens e garantias nas bolsas operadas. Essa característica é extremamente desejável, pois possibilita exposição dos gestores limitada ao risco da estratégia e não ao patrimônio do fundo.

É difícil precisar a origem da estratégia pairs trading nos moldes tradicionais, com posições long e short estabelecidas ao mesmo tempo, através de métricas estatísticas que definem um comportamento fora do normal, apostando na reversão do movimento. Essa utilização em grande escala, com métodos estatísticos e matemáticos mais sofisticados, foi atribuída a um grupo liderado por Nunzio Tartaglia, em meados dos anos 1980. De acordo com Gatev et al. (2006) os participantes do grupo formado no Morgan Stanley, composto por matemáticos, físicos e cientistas da computação, tinham como objetivo desenvolver estratégias de arbitragem quantitativa, utilizando todo conhecimento científico que disponham na época. Uma das técnicas desenvolvidas consistia em encontrar pares de ações que apresentavam um movimento semelhante e quando acontecesse alguma anomalia no comportamento dos seus preços uma posição era aberta, esperando a correção para a relação anterior. O grupo utilizou com sucesso essa estratégia em 1987. O fim do grupo ocorreu em 1989, depois de algumas estratégias malsucedidas e problemas entre os pesquisadores e o banco. A separação do grupo possibilitou que cada um desse uma atenção diferente para as estratégias desenvolvidas até então e compartilhassem suas ideias com outros agentes do mercado, continuando suas pesquisas em outros lugares.

Após os anos 80 o número de hedge funds continuou a crescer, com volumes financeiros cada vez maiores, dando continuidade no processo de pesquisa em estratégias long-short, entre elas o pairs trading. Segundo Caldeira e Moura (2013) a implementação de estratégias pairs trading é comum entre muitos fundos de hedge, porém não existe uma quantidade significativa de artigos acadêmicos dedicados ao assunto, devido à sua natureza proprietária. As principais publicações a respeito são os trabalhos de Gatev et al., publicados inicialmente em 1999 e sua atualização no ano de 2006. Os autores descrevem o conceito da estratégia de uma maneira bastante simples:

The concept of pairs trading is disarmingly simple. Find two stocks whose prices have moved together historically. When the spread between them widens, short the winner and buy the loser. If history repeats itself, prices will converge and the arbitrageur will profit. (GATEV et al., 2006, p.2).

Nos artigos de Gatev et al. (1999 e 2006) os autores utilizaram dados diários do mercado de ações norte-americano, com regras de trading simples, escolhendo os pares através de uma medida de distância, definindo o comportamento do movimento dos preços relativos de acordo com a soma do quadrado das diferenças entre duas séries de preços normalizadas. Essa abordagem é conhecida como “metodologia da distância”. Na mesma linha temos outras referências, como os trabalhos de Nath (2003 e 2006), aplicado no mercado secundário de títulos públicos nos Estados Unidos, Andrade et al. (2005), que avaliam a estratégia no mercado acionário de Taiwan e Bowen et al. (2013), que testam a estratégia no Reino Unido. No Brasil, as referências sobre essa abordagem, são os estudos de Perlin (2007 e 2009), que verificam a performance da estratégia no mercado de ações brasileiro.

A metodologia de cointegração surge como uma nova proposta para implementar estratégias pairs trading. O objetivo é o mesmo, identificar pares de ações que apresentem movimentos de preços semelhantes, abrindo uma posição quando a relação de preços descolar do seu padrão histórico. A lógica é obter resultados positivos com a reversão do movimento para a relação padrão. A grande diferença é que, enquanto os artigos citados anteriormente identificam seus pares com base em correlação e outras regras de decisão não-paramétricas, essa abordagem propõe uma seleção baseada na presença de relação de cointegração entre duas séries de preços de ações.

Uma das principais referências, nessa linha de pensamento, é o livro elaborado por Vidyamurthy (2004). Nele o autor apresenta os principais conceitos teóricos e a forma de implementar a estratégia pairs trading utilizando a cointegração entre as ações, porém sem demonstrar resultados empíricos. Outro estudo conceitual sobre o assunto pode ser visto em Herlemont (2004), no qual o autor detalha os fundamentos estatísticos utilizados para identificação dos pares, os testes de cointegração, a estrutura da estratégia, as propriedades de reversão a média, regras de trading, e controle de riscos. Hong e Susmel (2003) apresentam testes empíricos, sobre o uso de cointegração na identificação de pares para trading, do mercado de ADR's asiáticos listados em seus locais de origem e no mercado dos

Estados Unidos. Lin et al. (2006) realizam um estudo detalhado da estratégia, e fazem os testes para dados simulados de preços e para casos reais de pares de ações no mercado australiano de ações. No Brasil as referências sobre o assunto são os trabalhos de Caldeira e Moura (2013), que realizam os testes empíricos para ações listadas no índice Bovespa.

Essas serão as duas abordagens utilizadas nesse trabalho, embora metodologias alternativas também tenham sido testadas e apresentado qualidade. É possível destacar o estudo de Elliott et al. (2005), no qual é proposta uma abordagem estocástica do spread, modelando o comportamento de reversão à média em tempo contínuo. Do & Hamza (2006), modelam os desvios dos retornos das ações e testam sua metodologia para casos específicos no mercado de ações da Austrália, Estados Unidos e Reino Unido. Xie e Wu (2013) desenvolveram um trabalho propondo o uso da abordagem de cópulas para a definição dos pares de ações. De acordo com os autores os principais modelos utilizados pelo mercado seriam casos específicos da sua técnica, enquanto a nova proposta seria mais precisa ao estabelecer as relações de longo prazo.

Embora muitos fundos em todo o mundo utilizem estratégias pairs trading, não existe um consenso sobre a metodologia ótima e por se tratar de arbitragem estatística, os pesquisadores continuam buscando formas de aperfeiçoar seus modelos de acordo com a dinâmica do mercado. Podemos encontrar, para o mesmo período analisado, diferentes abordagens para a estratégia, cada uma com suas qualidades e riscos.

As estratégias neutras ao mercado apresentam um forte apreço pelos gestores dos grandes fundos, porém os resultados ruins apresentados em alguns momentos colocam a prova toda a pesquisa desenvolvida por trás de cada estratégia. Os estudos na área quantitativa são infinitos, sendo necessário a todo momento observar o comportamento do mercado, o surgimento de novos produtos, regras, agentes e na medida do possível, combinar o conhecimento matemático e estatístico em busca de novas oportunidades.

2.3.1 PAIRS TRADING – ABORDAGEM DA DISTÂNCIA

As principais referências no assunto são os trabalhos de Gatev et al., publicados em 1999 e sua atualização no ano de 2006. O estudo inicial foi realizado utilizando as séries

diárias de preços do mercado de ações norte-americano, de 1962-1998. A estratégia testada pelos autores era a identificação de pares de ações nos quais os preços das ações apresentassem movimentos semelhante, oscilassem juntos. O princípio era simples, sempre que um movimento fora do normal fosse observado uma posição era montada, esperando um movimento contrário, de correção para o comportamento anterior.

Para implementar a metodologia os autores definiram um período de formação dos pares de 12 meses. Eles excluíram da amostra todos os ativos que não foram negociados em algum dia dentro do período de análise, construindo um índice de retorno acumulado para cada ativo restante. Realizaram um processo de normalização das séries de preços das ações para depois definirem o par de cada uma, combinando os ativos que apresentassem a menor soma do quadrado das diferenças das séries normalizadas. Essa foi a maneira encontrada para definir que dois ativos andam juntos.

Depois do período de formação e obtenção dos pares viria o período de trading de 6 meses, no qual, uma posição é aberta sempre que a diferença entre os preços normalizados ultrapassar dois desvios-padrão. A ideia por trás dessas premissas era tentar sintetizar uma estratégia próxima da que era descrita pelos operadores do mercado. Foram comparados os resultados dos 5 primeiros pares de menor distância, com os 20 primeiros e os 20 pares depois da centésima posição, com objetivo de testar a qualidade da distância em encontrar ações que andam juntas.

A estratégia apresentou resultados melhores para os pares que possuíam menor distância, demonstrando que o indicador possui valor como identificador de pares de ações que andam juntas, sendo possível obter lucro com ela. Mesmo a pesquisa atendendo vários critérios estatísticos, algumas escolhas tiveram que ser feitas de maneira subjetiva, por exemplo, a definição de dois desvios-padrão para estabelecer o descolamento dos preços. Anos depois os autores publicaram uma atualização do artigo, incluindo os dados de 1999 a 2002. Foi possível observar que a estratégia continuou apresentando bons resultados, mesmo para esse novo período, completamente fora da amostra inicial.

Nath (2006) aplica a metodologia da distância para uma estratégia de pairs trading aplicada ao mercado secundário de títulos públicos nos Estados Unidos para o período de janeiro de 1994 a dezembro de 2000. A estratégia é testada para 4 combinações diferentes de momentos de entrada e saída, incluindo stop loss, não querendo otimizar o resultado

através dessa análise, mas sim para verificar o comportamento da estratégia. O autor lista alguns itens e cuidados fundamentais ao implementar estratégias de pares, entre eles a definição de um período de formação dos pares, chamado por ele, assim como por Gatev, de “training period”, a definição de uma cesta de ativos selecionáveis pela estratégia, uma metodologia para identificar os pares, tamanho do período de trading, o momento de abrir e fechar a estratégia e controles de risco. No seu estudo a estratégia foi capaz de apresentar rentabilidade positiva.

Andrade et al. (2005) utiliza dados do mercado acionário de Taiwan de 1994 a 2002, encontrando retornos positivos e não correlacionados com o mercado de ações através do uso da metodologia de pares baseada na distância. Eles, assim como Gatev, utilizam 2 desvios-padrão como indicador de descolamento da distância aceitável, 12 meses para o período de formação e 6 meses para o período de trading. Os autores sugerem que existe uma alta correlação entre as oportunidades de abertura da estratégia e pressões temporárias de compra, sendo a estratégia rentável e de baixo risco também por esse motivo.

Perlin (2007) testa a estratégia no mercado acionário brasileiro entre 2000 e 2006 para diferentes frequências, diária, semanal e mensal. A base de dados foi composta por ativos que possuíam preço de fechamento em pelo menos 98% das vezes. Esse filtro reduziu o número de ações dos testes diários para 57, porém para dados mensais foi possível utilizar os 100 ativos de maior liquidez no mercado. Além disso, como os períodos de teste eram diferentes e os pares ótimos de mínima distância poderiam mudar rapidamente o autor estabeleceu que as combinações seriam refeitas mensalmente para as frequências mensal e anual. Para os testes diários os pares seriam combinados novamente a cada 25 observações. Perlin (2007) utilizou diferentes limites de distância para abertura e fechamento da estratégia e comparou os resultados do modelo proposto com uma simulação de entradas e saídas aleatórias na estratégia. O modelo foi capaz de gerar resultados positivos para estratégia, principalmente para os testes realizados para a frequência diária. Além disso na maioria das vezes o retorno do modelo superou o do processo de seleção aleatória dos pares.

2.3.2. PAIRS TRADING – ABORDAGEM DA COINTEGRAÇÃO

As vantagens na utilização da cointegração para medir a relação de séries de preço e suas possíveis aplicações em estratégias pairs trading podem ser observadas nos estudos de Alexander e Dimitriu (2002), Hong e Susmel (2003), Herlemont (2004), Vidyamurthy (2004), Lin et al. (2006), Caldeira (2010), Caldeira e Portugal (2011) e Caldeira e Moura (2013). Segundo Caldeira (2010), quando comparada ao conceito de correlação, a principal vantagem da cointegração está na possibilidade de usar integralmente o conjunto de informações contidas nas séries financeiras em nível. Alexander (2005) destaca que a correlação utiliza somente a relação entre os retornos dos ativos, enquanto cointegração baseia-se nos dados de preços, taxas ou rentabilidades e também os retornos.

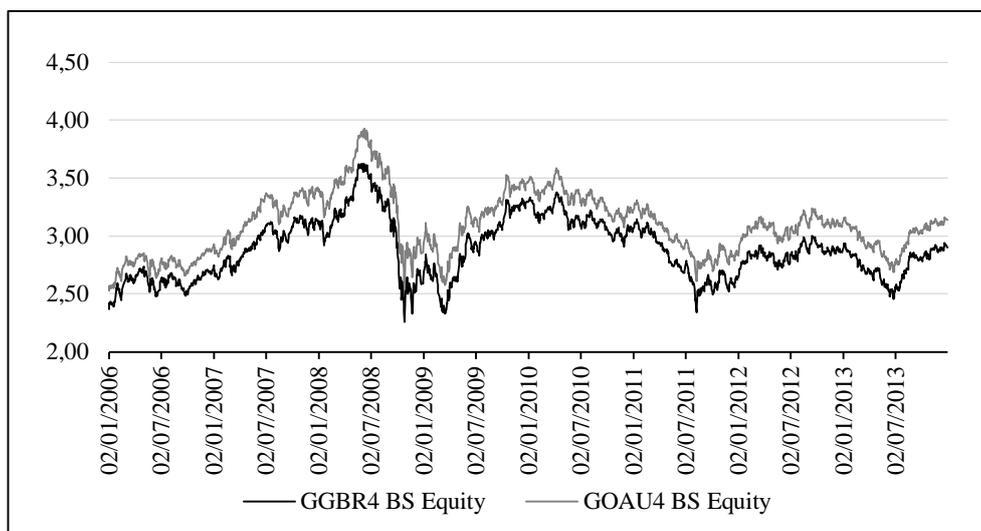
A ideia fundamental da medida de cointegração é a capacidade de combinar linearmente, em uma série temporal estacionária, duas séries temporais não estacionárias. Duas séries $I(1)$ serão cointegradas se existir uma combinação linear entre elas estacionária, ou seja, x e y serão integradas, se $x, y \sim I(1)$ e se existe um α tal que $x - \alpha y \sim I(0)$.

Uma das abordagens para teste de cointegração é a metodologia Engle-Granger, a qual é composta por duas etapas. Na primeira estima-se a regressão de MQO dos dados $I(1)$ e na segunda é testada a estacionariedade dos resíduos da regressão. De acordo com Alexander (2005), o teste de Engle-Granger é baseado na minimização da variância, o que é desejável para utilização na formação de estratégias de investimento que buscam minimizar riscos de mercado, dado que grande parte das metodologias adotadas para controle são baseadas em correlação. A implementação do teste é simples, porém ele não é capaz de encontrar todos os vetores de cointegração, existindo diversas desvantagens para sua aplicação em sistemas com mais de duas variáveis. Para o caso específico de pairs trading temos apenas duas séries de preço e, independente de qual seja a variável considerada como dependente, existirá somente um vetor cointegração. Quando consideramos estratégias de investimento como as propostas por Alexander e Dimitriu (2002) e Caldeira e Portugal (2010), como possuímos muitas variáveis esse teste deve ser feito com atenção. A variável dependente será determinante no teste. Um teste alternativo para esse caso seria Johansen, o qual procura a relação linear que seja mais estacionária possível, preferível para quando o número de variáveis for superior a dois.

Cointegração e correlação são conceitos diferentes, elevada correlação não implica na existência de cointegração, assim como séries ditas cointegradas não apresentarão, necessariamente, correlação elevada. Parece intuitivo pensar que séries cointegradas apresentem uma correlação elevada, mas isso nem sempre será verdade. Séries cointegradas podem apresentar baixa correlação em algum período do tempo. Podemos pensar no exemplo de pares de ações que sejam cointegradas, embora suas séries de preços possuam propriedades de interdependência e não se afastem muito ao longo do tempo, é possível que por algum período uma delas apresente maior volatilidade ou retornos contrários a outra, mas esses movimentos não serão, necessariamente, suficientes para quebrar a relação de preços entre elas. Além disso é preciso observar, como já mencionado anteriormente, que séries que apresentem correlação elevada nem sempre serão cointegradas. Embora a correlação entre a série de retorno de dois determinados ativos possa ser elevada, os diferentes movimentos dia a dia podem fazer com que os preços delas continuem se distanciando cada vez mais, enquanto uma pode apresentar uma tendência a outra pode não ter.

Algumas dessas características podem ser observadas no trabalho Alexander e Dimitriu (2002), que propõem o uso de cointegração para obtenção de carteiras index tracking. É comum observarmos estudos que utilizam a metodologia baseada na correlação para construir carteiras que sigam algum benchmark específico, a ideia básica é escolher ativos que minimizem o tracking error. Essa medida é baseada na diferença da série de retornos das carteiras. Seleções dessa maneira são instáveis e necessitam de frequentes revisões. Assim como nos estudos de Alexander e Dimitriu (2002), Caldeira e Portugal (2011) destacam a instabilidade da medida de correlação e constatam que sua alta variabilidade ao longo do tempo dificulta a gestão de carteiras, pois suas mudanças exigem frequentes rebalanceamentos. Embora as medidas sejam adotadas para medir a relação entre duas séries, uma é baseada nos movimentos das séries de retornos, enquanto outra considera os preços em nível. Ambos os trabalhos comentam a relação entre cointegração e correlação. Assim como os autores, podemos ilustrar essa relação através de eventos práticos. A seguir um gráfico com as séries de logaritmo natural dos preços das ações GGBR4 e GOAU4, extraídos da Bloomberg para o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2013.

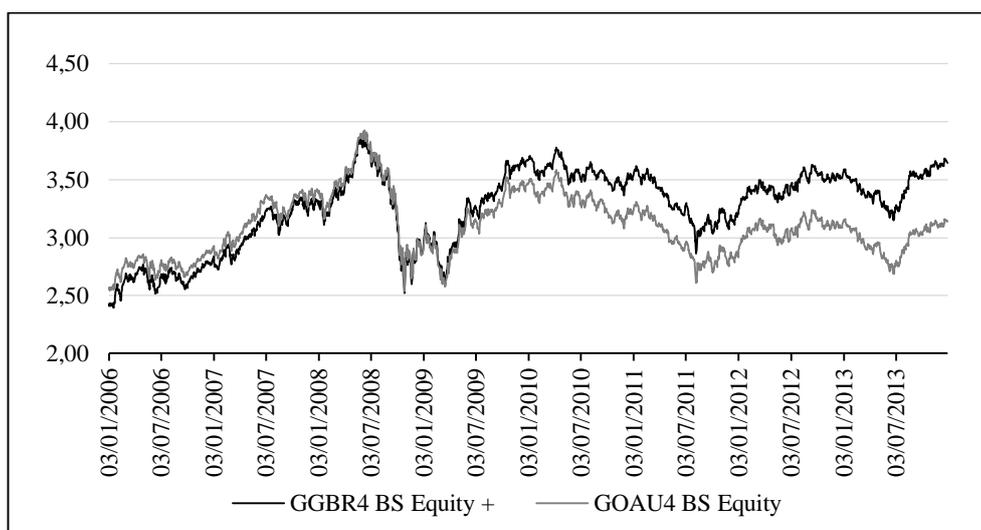
Gráfico 1 – Série do logaritmo dos preços das ações GGBR4 e GOAU4



FONTE: Autor.

As séries são cointegradas a 1% de significância e seus retornos diários apresentam um coeficiente de correlação igual a 0,914. No segundo gráfico constam as séries do logaritmo natural da GOAU4 e da GGBR4 +, a qual considera a adição de retorno de 10% a.a. distribuídos diariamente à série de preços da GGBR4. Nesse caso os testes de cointegração rejeitam a hipótese até mesmo para 10% de significância e o coeficiente de correlação continua igual a 0,914.

Gráfico 2 – Série do logaritmo dos preços das ações GGBR4+ e GOAU4



FONTE: Autor.

Essas informações são suficientes para demonstrar que altas correlações não garantem que duas séries andem juntas, sendo assim o uso da medida de cointegração deve ser mais eficiente nas estratégias fundamentadas em medir os movimentos conjuntos dos ativos. Diversas estratégias utilizadas por hedge funds testam a interdependência entre os ativos através de métricas de correlação, baseadas no retorno, desprezando tendências de longo prazo. Estratégias long-short que utilizam correlação para medir essa relação entre os ativos podem apresentar problemas, principalmente pela instabilidade da medida. A principal propriedade para utilização da medida de cointegração para definição dos possíveis pares está na propriedade de equilíbrio de longo prazo. Segundo Alexander & Dimitriou (2002) o lucro potencial desse tipo de estratégia depende, necessariamente, da presença de um spread de equilíbrio de longo prazo entre os preços das ações, da ocorrência de desvios de curto prazo e a convergência para o equilíbrio.

Vidyamurthy (2004) apresenta a estratégia e o tratamento das séries temporais de forma detalhada, demonstrando o modelo de seleção de pares de ações através da medida de distância entre as séries normalizadas e cointegração entre os preços. Os testes de cointegração na abordagem do autor são realizados através da metodologia Engle-Granger, no caso específico, é estimada uma regressão entre as séries dos logaritmos dos preços dos dois ativos e realizado o teste de estacionariedade nos resíduos da estimação através do teste ADF (Augmented Dickey Fuller Test). Da definição $x - \alpha y \sim I(0)$ podemos derivar a equação de cointegração:

$$\log(p_t^A) - \gamma \log(p_t^B) = \varepsilon_t$$

Sendo (p_t^A) o preço do ativo A, no período t, (p_t^B) o preço do ativo B, no período t, γ o coeficiente de cointegração e ε_t o resíduo da estimação.

Lin et al. (2006) realizam um estudo detalhado da estratégia, propondo 5 passos para implementação, e fazem os testes para dados simulados de preços e para casos reais de pares de ações no mercado australiano de ações. Os autores utilizaram os dados de preços diários de fechamento, de janeiro de 2001 a agosto de 2002, do “Australia New Zealand Bank” (ANZ) e do “Adelaide Bank” (ADB). O período de formação dos pares e de definição dos parâmetros de cointegração adotado foi de um ano, com período de trading de 6 meses, combinando diferentes valores de entrada na estratégia. O resultado da análise empírica dos pares sugere possibilidades de ganhos utilizando os parâmetros usuais de outros trabalhos.

Embora a estratégia tenha demonstrado capacidade de gerar retornos positivos é importante observar que ela requer uma reversão a média das relações de preços, o que pode não ocorrer em todos os pares.

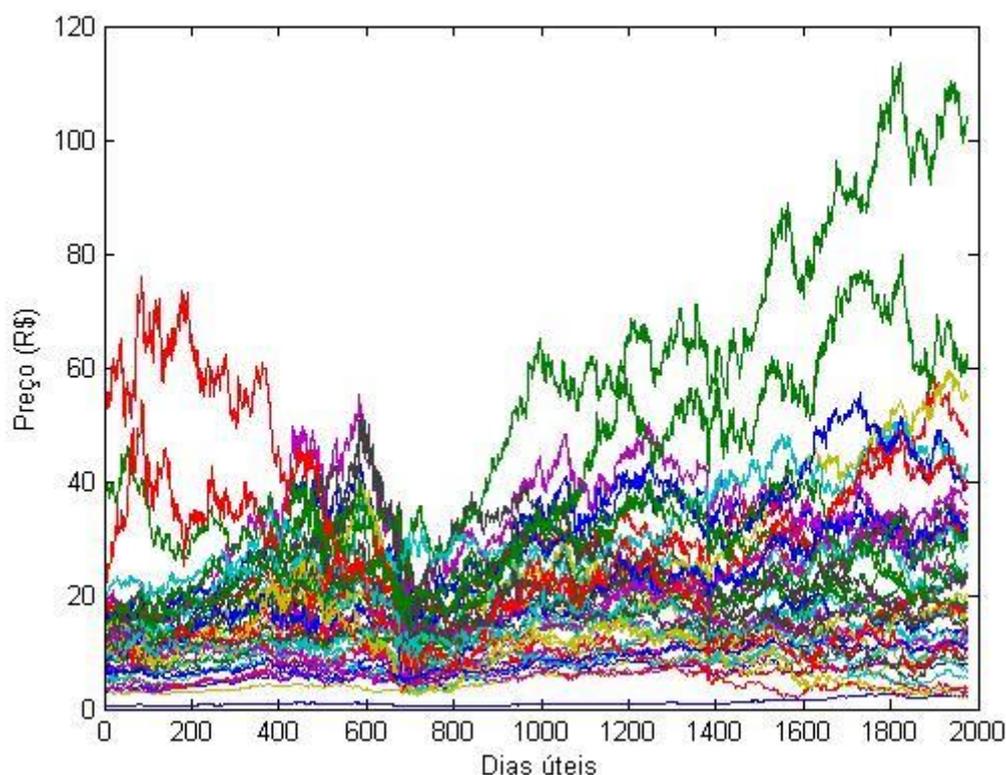
Caldeira e Moura (2013) apresentam o resultado de um modelo de estratégia pairs trading aplicado no mercado brasileiro, utilizando as séries de preços diários das 50 ações com maior peso no índice Bovespa para o período de janeiro de 2005 a outubro de 2012. O processo de seleção dos possíveis pares foi realizado verificando quais ações apresentavam séries integradas de mesma ordem, $I(1)$, através do teste ADF (Augmented Dickey Fuller Test), assim como em Vidyamurthy (2004). Após esse processo os autores combinaram as ações e realizaram testes de cointegração entre elas utilizando a metodologia de Engle e Granger e teste de Johansen. Após a definição dos pares elegíveis as decisões de trading da estratégia foram tomadas baseadas nos desvios do spread normalizado. Além disso, os autores incluem como critério de seleção o índice de Sharpe apresentado pelo par no período de formação da estratégia, escolhendo os 20 pares que apresentaram o melhor índice para formarem o portfólio da estratégia. Os autores encontraram, em média, 90 pares de ações cointegrados para cada período. O retorno da estratégia testada apresentou uma média anual de 16.38%, com baixa correlação com o índice Bovespa.

3. METODOLOGIA

3.1. BASE DE DADOS

A base de dados utilizada para o estudo é composta por preços diários de fechamento das ações que fizeram parte do índice Bovespa em dezembro de 2013 e que apresentaram negociação em todos os dias de pregão para o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2013, totalizando 46 ações e 1976 dias úteis. O objetivo de utilizar ativos que compõem o índice é garantir um nível elevado de liquidez sem ter que usar uma definição subjetiva quanto ao número de negócios ou volume negociado. As séries foram extraídas da Bloomberg, já ajustadas para pagamentos de dividendos, splits e inplits. No próximo gráfico podemos visualizar as séries utilizadas.

Gráfico 3 – Séries de preços das ações utilizadas para formação e trading dos pares



FONTE: Autor.

3.2. MODELO

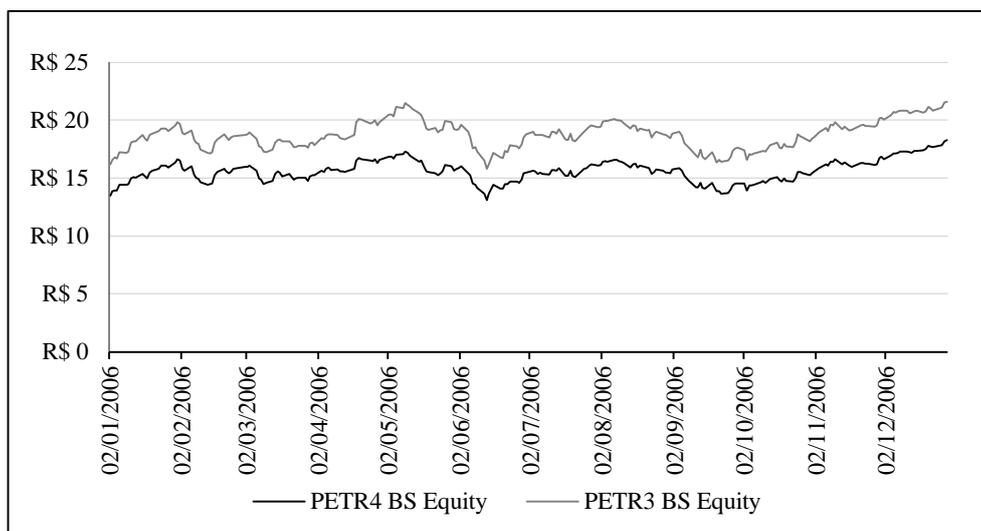
O modelo proposto neste trabalho é apresentar os resultados obtidos pela abordagem da distância e da cointegração para o mercado brasileiro de ações, através de regras simples de trading. Os métodos utilizados são baseados nos trabalhos de Perlin (2007) e Gatev et al. (2006) para a abordagem da distância e Caldeira e Moura (2013) para a abordagem da cointegração. Para ambos os casos podemos separar as estratégias em duas etapas. Na primeira, o período de formação, no qual serão selecionadas as combinações de ações elegíveis para trading e na segunda etapa as séries serão acompanhadas, abrindo ou não posições. Os testes e aplicações foram realizados através de rotinas programadas no software MATLAB.

3.2.1 ABORDAGEM DA DISTÂNCIA

O período de formação, no qual serão estabelecidos os pares elegíveis para trading, será, assim como utilizado por Gatev et al. (2006) e Perlin (2007), de 12 meses. Nessa etapa a combinação dos possíveis pares será dada de acordo com a distância entre suas séries de preços normalizados, conforme detalhado a seguir. No período de trading a distância entre os preços é acompanhada e sempre que ultrapassar o limite λ uma posição é aberta, sendo fechada após retornar para sua média ou ultrapassar o tempo máximo de 6 meses, assim como utilizado pelos autores.

Para ilustrar a metodologia adotada no trabalho, baseada em Gatev et al. (2006), vamos utilizar como exemplo as séries de preços das ações da Petrobrás, PETR3 e PETR4, para o período de janeiro de 2006 a fevereiro de 2007, demonstrando o período de formação do par e um mês de período de trading. O objetivo nesse ponto não é demonstrar possibilidade de ganhos com a estratégia, mas sim facilitar o entendimento sobre a metodologia.

Gráfico 4 – Série de preços das ações PETR3 e PETR4



Fonte: Autor.

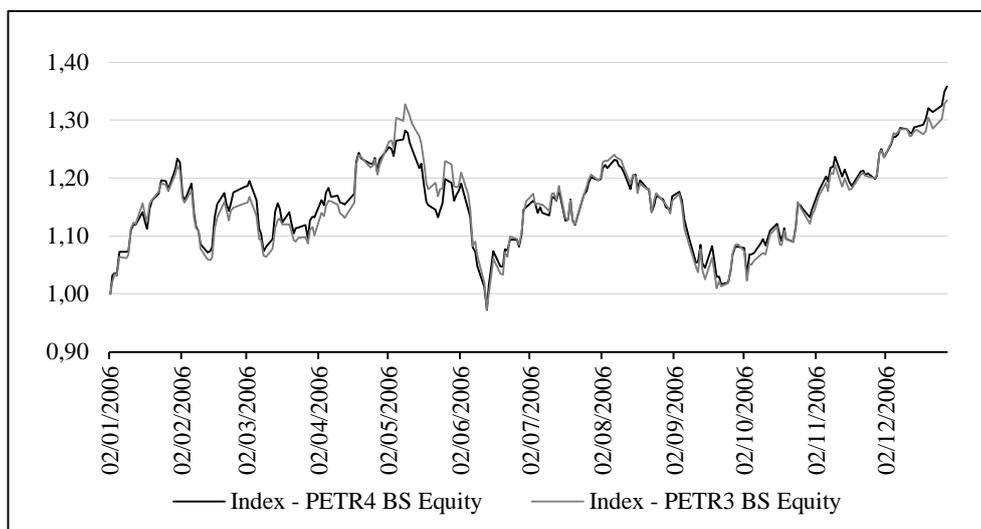
Podemos obter o retorno do ativo de acordo com seus preços de fechamento:

$$R_{it} = \frac{P_{it} - P_{it-1}}{P_{it-1}}$$

Na equação, R_{iT} representa o retorno do ativo “i” apurado para o dia “t”, enquanto P_{it} e P_{it-1} representam os preços de fechamento do dia “t” e de “t-1” respectivamente. Com a série de retorno diária de cada ativo podemos calcular seu respectivo índice de retorno total acumulado:

$$IDX_{it} = \prod_{t=1}^t (1 + R_{it})$$

Gráfico 5 – Índice de retorno acumulado das ações PETR3 e PETR4



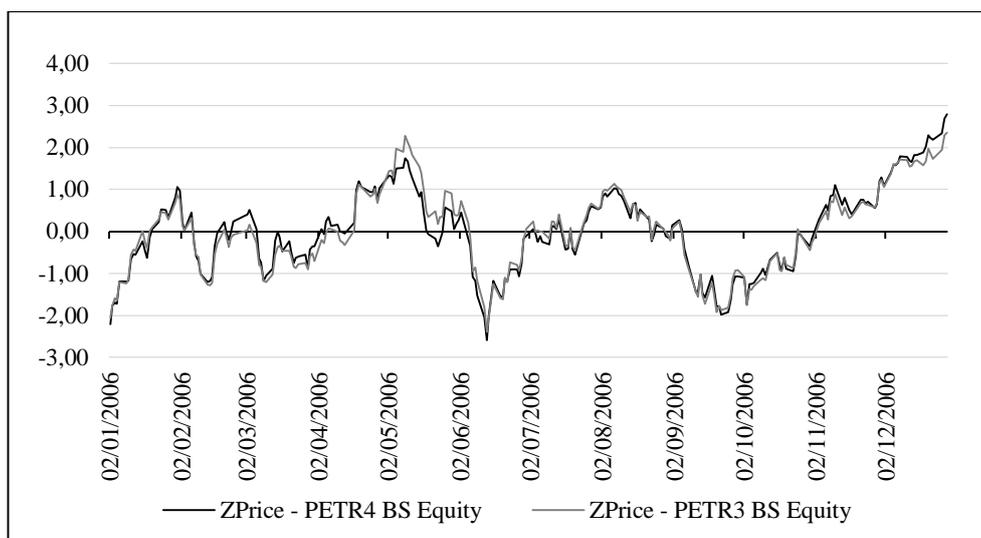
Fonte: Autor.

Após faremos a normalização dos índices, conforme a equação abaixo.

$$ZP_{it} = \frac{IDX_{it} - E(IDX_{it})}{\sigma_{IDX_i}}$$

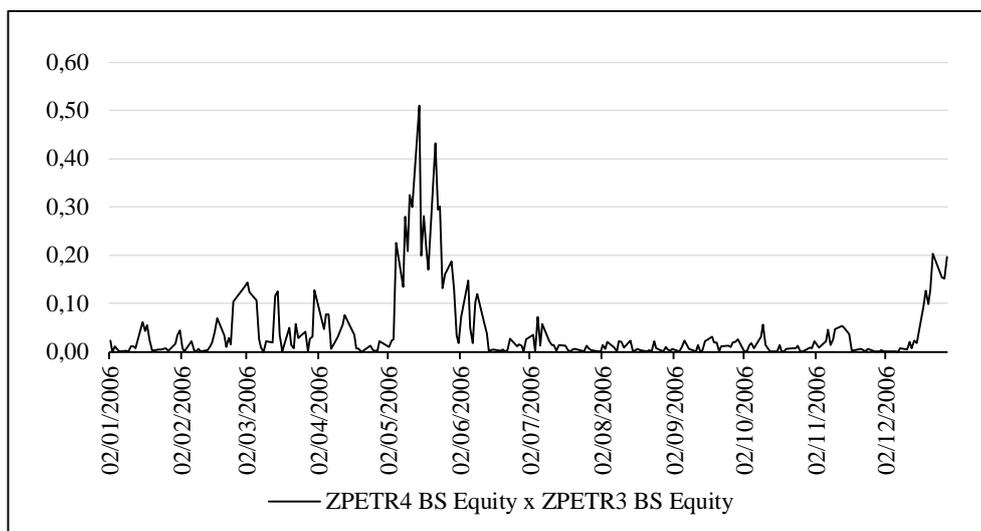
Sendo ZP_{it} o preço normalizado do ativo “i” para o dia “t” e σ_{IDX_i} o desvio-padrão do índice de retorno acumulado do ativo “i”.

Gráfico 6 – Índice normalizado de retorno acumulado das ações PETR3 e PETR4



Fonte: Autor.

Gráfico 7 – Diferença entre os índices normalizados das ações PETR3 e PETR4



Fonte: Autor.

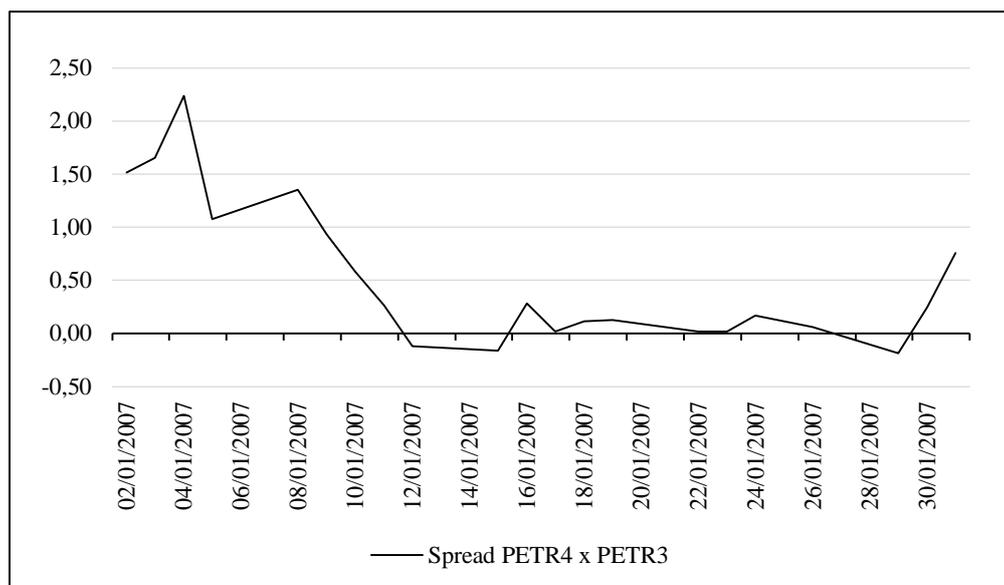
O gráfico a cima ilustra a série diária $ZP_{xt} - ZP_{yt}$. Assumindo que ZP_{xt} é o preço normalizado do ativo x e ZP_{yt} o preço normalizado do ativo y, no período t, a distância entre as duas séries de preços normalizadas d_{xy} pode ser obtida através do somatório do quadrado dessa diferença, ou seja:

$$d_{xy} = \sum_t^n (ZP_{xt} - ZP_{yt})^2$$

No exemplo citado a distância d_{xy} é igual a 10,40. Essas são as características analisadas para o período de formação dos pares. Depois do período de formação e obtenção dos pares temos o período de trading de 6 meses, no qual, uma posição é aberta sempre que a diferença entre os preços normalizados ultrapassar o limite λ desvios-padrão. A ideia por trás dessas premissas era tentar sintetizar uma estratégia próxima da que era descrita pelos operadores do mercado na época dos estudos de Gatev et al. (2006). Diferente dos autores, que compararam os resultados dos 5 primeiros pares de menor distância, com os 20 primeiros e os 20 pares depois da centésima posição, vamos tratar da mesma maneira todos os pares obtidos, considerando todas as possíveis entradas na estratégia, independente de um ranking de distância.

Acompanhando o movimento do spread do par gerado, PETR4 e PETR3, podemos observar uma possível indicação de uma entrada na estratégia logo nos primeiros dias e um fechamento 10 dias depois.

Gráfico 8 – Spread entre PETR3 e PETR4 no período de trading



Fonte: Autor.

Conforme mencionado anteriormente, uma posição será aberta sempre que a distância absoluta entre os preços normalizados dos ativos, ZP_{xt} e ZP_{yt} for maior que λ .

De acordo com Perlin (2007):

“The main logic behind the expected profits of pairs trading strategy is: if the correlated movement between the pairs is going to continue in the future then, when the distance between an asset and its pair is higher than a particular threshold value (d), there is a good possibility that such prices are going to converge in the future, and this can be explored for profit purposes.”. (PERLIN, 2007, p.7).

3.2.1 ABORDAGEM DA COINTEGRAÇÃO

Os métodos utilizados são baseados nos trabalhos de Vidyamurthy (2004) e Caldeira e Moura (2013). O período de formação, no qual serão estabelecidos os pares elegíveis para trading, será, assim como em Caldeira e Moura (2013), de 12 meses. Nessa etapa a combinação dos possíveis pares será dada de acordo com os testes de cointegração entre as séries do logaritmo dos preços das ações. Verificaremos quais ações apresentam séries integradas de mesma ordem, $I(1)$, através do teste ADF (Augmented Dickey Fuller Test), assim como em Vidyamurthy (2004), e após esse processo combinaremos as 46 ações de 1035 maneiras, realizando testes de cointegração entre elas utilizando a metodologia de Engle e Granger a 5% de significância.

Após a definição dos pares elegíveis as decisões de trading da estratégia foram tomadas baseadas nos desvios do spread normalizado. Da equação de cointegração temos:

$$\log(p_t^A) - \gamma \log(p_t^B) = \varepsilon_t$$

E assim como em Caldeira e Moura (2013) obtemos o Z-score através da fórmula:

$$Z_t = \frac{\varepsilon_t - \mu_\varepsilon}{\sigma_\varepsilon}$$

Nossa regra de trading será abrir uma nova posição sempre que o Z-score ultrapassar 2 desvios-padrão, fechando a posição quando retornar para a média, ultrapassar 3 desvios-padrão ou terminar o período de trading, que será de 84 dias, assim como em Caldeira e Moura (2013). Ao fim desse período os pares abertos serão encerrados e iniciasse um novo processo de formação. Não incluiremos como critério de seleção o índice de Sharpe apresentado pelo par no período de formação da estratégia e não limitaremos o número de pares abertos, conforme o sugerido por Caldeira e Moura (2013). A ideia ao não fazer essas limitações está em observar o comportamento da estratégia de reversão do spread sugerida pelo modelo de cointegração na sua forma mais básica. O princípio de fechar a estratégia ao retornar para a média está associado a esse fato e a limitação de perda realizada através do fechamento da estratégia após superar 3 desvios-padrão ocorre para não estragarmos o resultado da estratégia com possíveis casos pontuais de extremo insucesso.

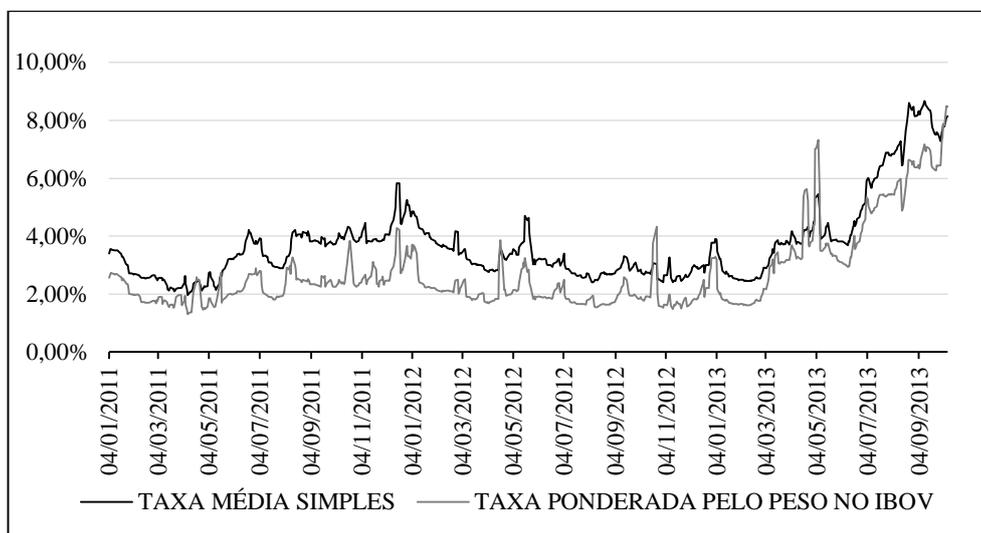
3.3. MEDIDAS DE RETORNO DA ESTRATÉGIA

Na sequencia apresentaremos alguns pontos relevantes para apurar a rentabilidade da estratégia no período de teste.

3.3.1 CUSTOS DE OPERAÇÃO

Os custos da operação da estratégia são basicamente emolumentos pagos a bolsa, que possuem uma taxa de 0,0345% sobre o principal de compra ou venda, corretagem, que pode variar, dependendo do volume operado e das relações entre a corretora e o investidor, apresentando rebates ao valor de tabela. Além disso existe o custo de registro do aluguel e as taxas de aluguel para as posições vendidas. Uma atenção especial às taxas de aluguel, que em muitos momentos inviabiliza a venda a descoberto por parte dos investidores. Para ilustrar, apresento um gráfico com a evolução das taxas de aluguel de ações listadas no índice Bovespa. Os dados foram extraídos da Bloomberg.

Gráfico 9 – Evolução das taxas de aluguel de ações listadas no índice Bovespa (% a.a.)



FONTE: Autor.

Nos trabalhos de Perlin (2007 e 2009) os custos utilizados são de 0,1% do valor principal de cada parte da estratégia no momento de entrada e saída, ou seja, ao abrir uma estratégia pairs trading o investidor pagará 0,1% sobre o valor da venda e mais 0,1% sobre

o valor da compra efetuada imediatamente. Ao fechar a estratégia o investidor terá que arcar novamente com os custos, dessa vez será 0,1% sobre o valor da recompra do ativo e mais 0,1% sobre o valor da venda do ativo comprado no início da estratégia. Matematicamente o efeito do custo da operação na rentabilidade da estratégia pode ser definido como:

$$Co = 2 \ln \frac{(1 - C)}{(1 + C)}$$

Sendo Co o efeito do custo na rentabilidade da estratégia e C o custo percentual de entrada e saída.

Caldeira e Moura (2013) propõe o cálculo do custo da mesma maneira, porém o estimam, considerando o aluguel e o tempo médio de permanência na estratégia, em 0,5% do principal de cada ponta da estratégia. Analisando detalhadamente os dados podemos observar que em alguns momentos os pares sugeridos pela estratégia possuem custos muito elevados, sendo necessário um cuidado especial ao estima-lo. Os dados de taxas de aluguéis disponíveis na Bloomberg não contemplam todo o período utilizado para formação dos pares, sendo assim, utilizaremos as estimativas de custos obtidas por Caldeira e Moura (2013) em ambas as abordagens por serem mais recentes.

3.3.2 RENTABILIDADE LÍQUIDA

Por ser uma estratégia long-short na qual a compra dos ativos é financiada pela venda de outros, a rentabilidade líquida será apurada através do cálculo da rentabilidade de cada ponta da estratégia (long e short) para um mesmo principal.

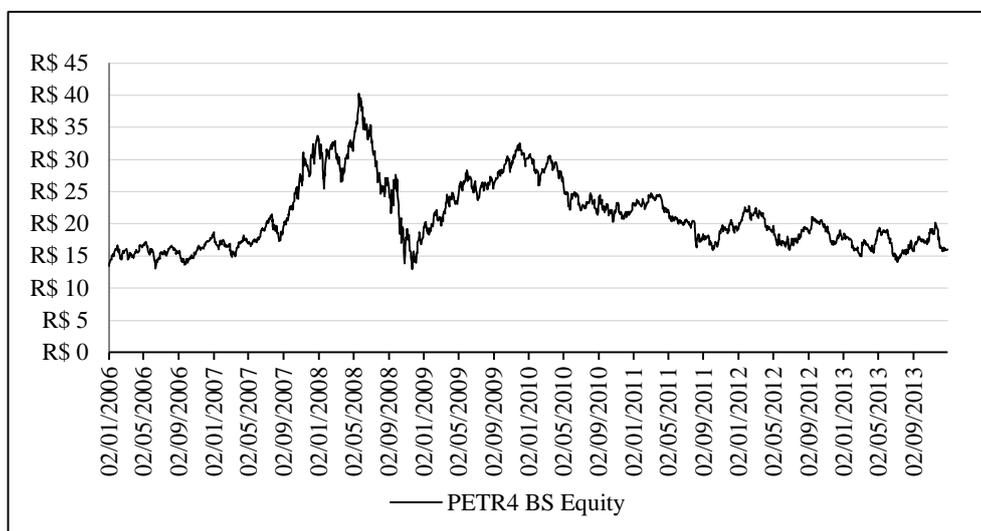
$$R_t = n \times \left(\frac{P_t^L}{P_0^L} - \frac{P_t^S}{P_0^S} \right)$$

Sendo R_t o retorno do par no período t , n o principal investido na operação, P_0^L e P_0^S os preços das ações compradas e vendidas na abertura da operação, P_t^L e P_t^S os preços da ponta comprada e vendida no fechamento da operação. Por último serão descontados os custos das operações.

3.3.3 MÁXIMO DRAWDOWN

A medida de máximo drawdown busca estabelecer a perda máxima da estratégia, segundo Caldeira (2011) máximo drawdown é a diferença entre o máximo global e o mínimo global da curva de rentabilidade acumulada, (neste caso o mínimo global deve ocorrer depois do máximo global). De forma simplificada podemos defini-lo como uma medida de perda, em termos percentuais, em relação ao pico do retorno acumulado. Podemos ilustrar com a série de preços da PETR4 de janeiro de 2006 a dezembro de 2013, apresentando seu máximo drawdown no final de 2008.

Gráfico 10 – Série de preços da PETR4



FONTE: Autor.

4. RESULTADOS

Os testes realizados mostraram a capacidade da simples estratégia de pairs trading apresentar retornos positivos no mercado acionário brasileiro para ambas as abordagens. É importante observar que enquanto a abordagem da distância define um par ótimo para cada ação, baseado na minimização da distância, a abordagem da cointegração permite diversas combinações para um mesmo ativo, desde que exista uma relação linear entre eles.

4.1 RESULTADOS PARA A ABORDAGEM DA DISTÂNCIA

Os resultados obtidos pra diferentes parâmetros de entrada foram parecidos, porém utilizando desvios menores para abertura do par podemos observar um elevado número de entradas e saídas, passando um percentual elevado dos dias com ao menos uma posição em carteira. Uma atenção especial deve ser dada as taxas de aluguéis de ações. Os custos utilizados na análise derivam de Perlin (2007) e Caldeira (2011), porém nos últimos anos as taxas de aluguéis aumentaram e manter posições de pares por um período elevado de tempo pode comprometer o retorno da estratégia, mesmo com a relação de preços das ações apresentando um retorno para os patamares esperados.

Tabela 1 – RESULTADOS OBTIDOS NOS PARES DE AÇÕES

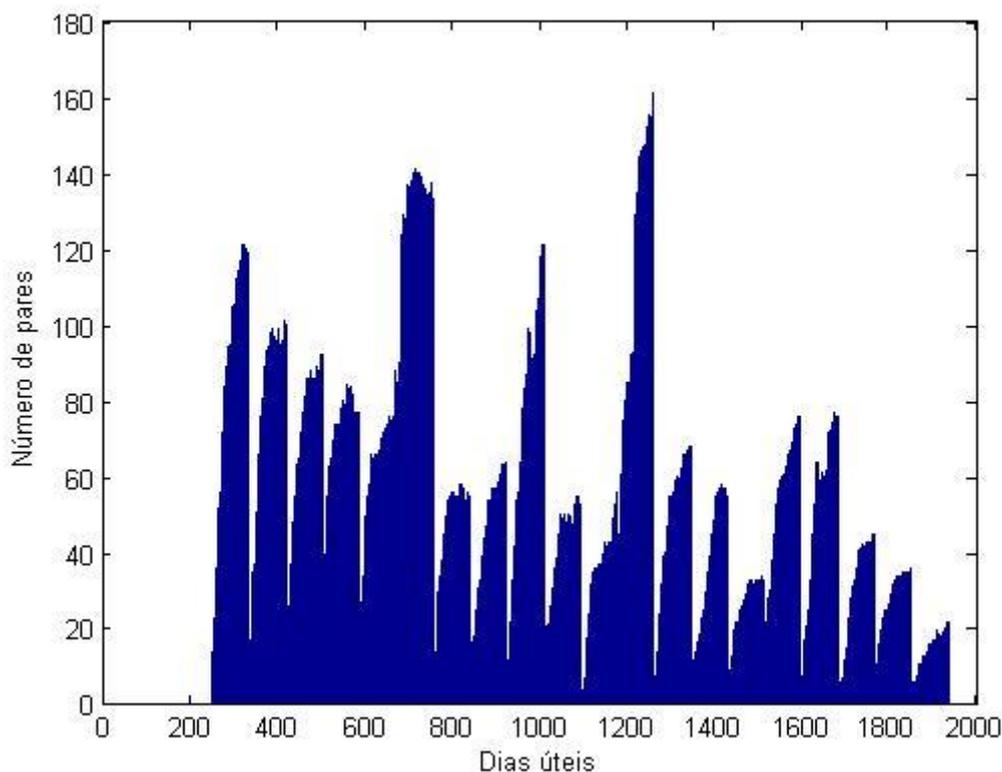
LAMBDA	LONG	SHORT	TOTAL	% DIAS OPERADOS	DRAW DOWN
1,5	22,66%	10,61%	26,66%	88,62%	-55,62%
1,75	24,87%	7,14%	27,15%	80,62%	-62,98%
2	22,44%	7,30%	25,04%	65,58%	-52,48%
2,25	18,75%	11,64%	24,03%	48,29%	-79,10%
2,5	14,48%	11,20%	20,54%	33,20%	-52,00%
2,75	10,66%	9,90%	16,88%	22,34%	-68,47%
3	9,29%	7,69%	14,31%	5,15%	-81,62%

Fonte: Autor.

4.2 RESULTADOS PARA A ABORDAGEM DA COINTEGRAÇÃO

Podemos observar que através da metodologia de cointegração um número grande de pares foi selecionado nos diferentes períodos de formação. Nossa estratégia foi abrir uma posição sempre que o Z-score ultrapassasse o limite de 2 desvios-padrão. Como não utilizamos um modelo para ajuste fora da amostra, a média e o desvio utilizados para monitoramento em todo o período de trading foi o obtido no período de formação. Essas características resultaram em um aumento do número de pares abertos, na maioria das vezes, ao nos distanciarmos do período de formação. Uma proposta alternativa seria utilizar um modelo de alisamento exponencial para apurar o Z-score no período de trading. Podemos observar o comportamento da estratégia no gráfico abaixo.

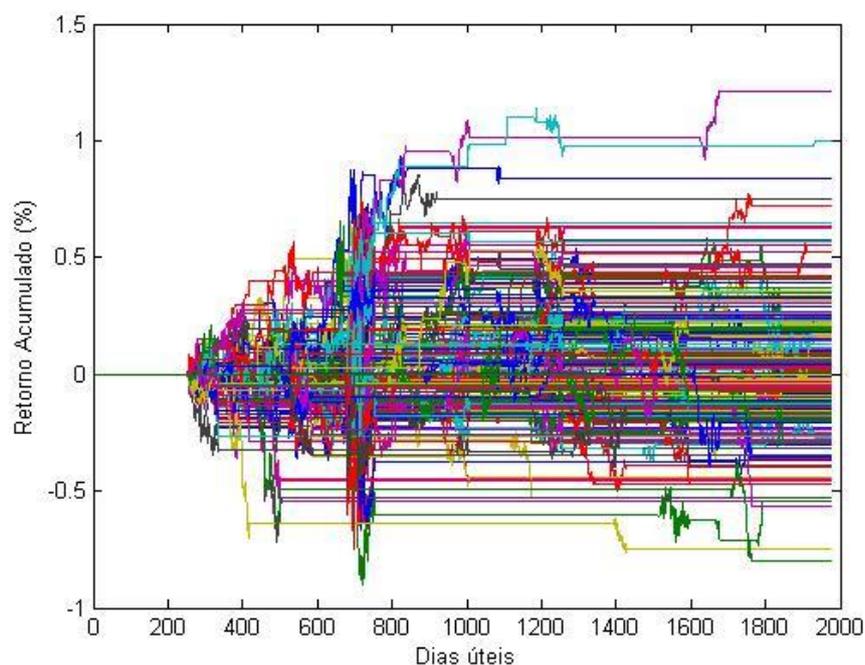
Gráfico 11 – Número de pares abertos em cada dia de trading



Fonte: Autor.

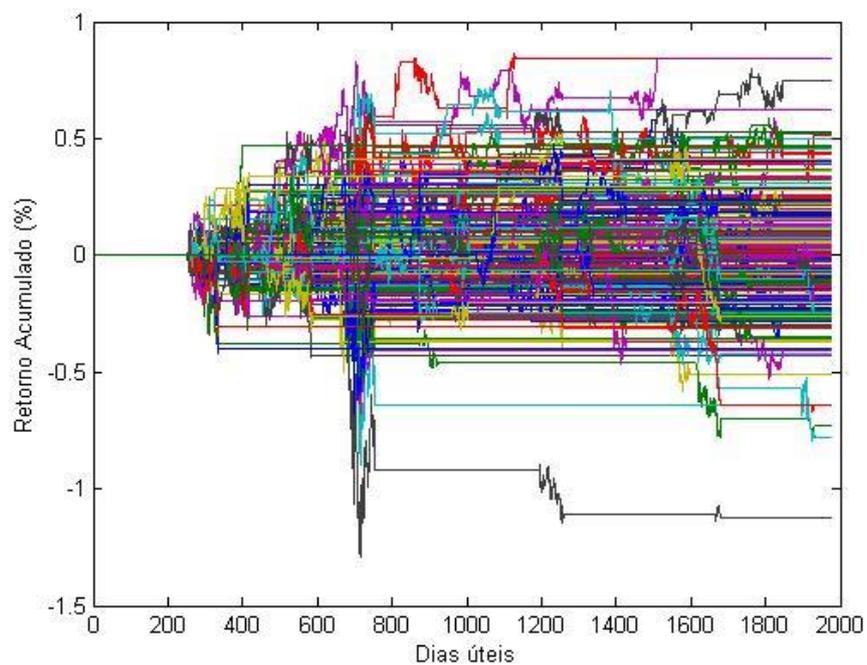
Ao longo do período aproximadamente 70% dos pares possíveis apresentaram a propriedade de cointegração em algum momento. Diferente da abordagem de distância, um número muito grande de pares pode ser formado. Para ilustrar o comportamento individual dos pares seguem os gráficos de retorno acumulado no período. Os dados foram separados em três grupos unicamente para facilitar a visualização.

Gráfico 12 – Retorno acumulado dos pares no período de análise – Grupo 1



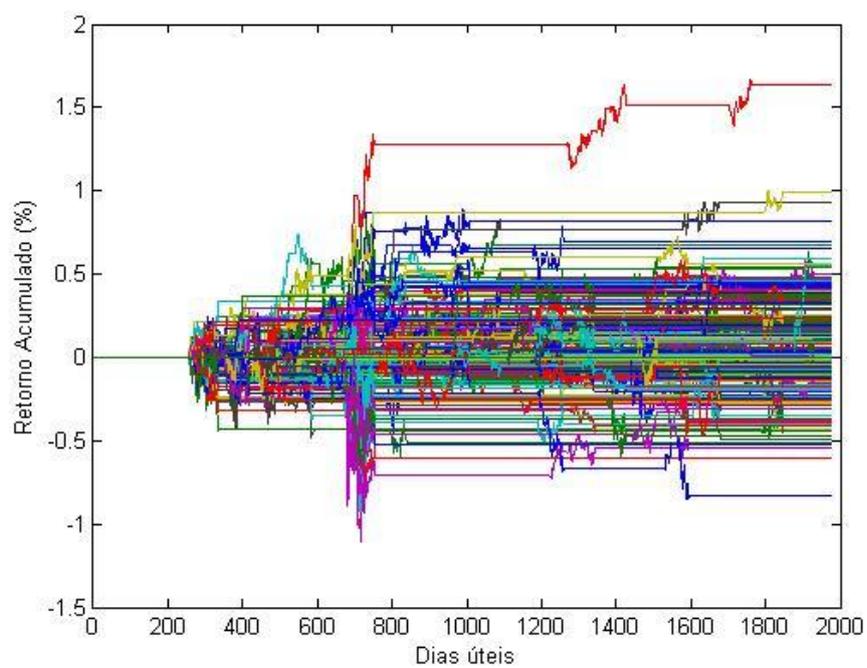
Fonte: Autor.

Gráfico 13 – Retorno acumulado dos pares no período de análise – Grupo 2



Fonte: Autor.

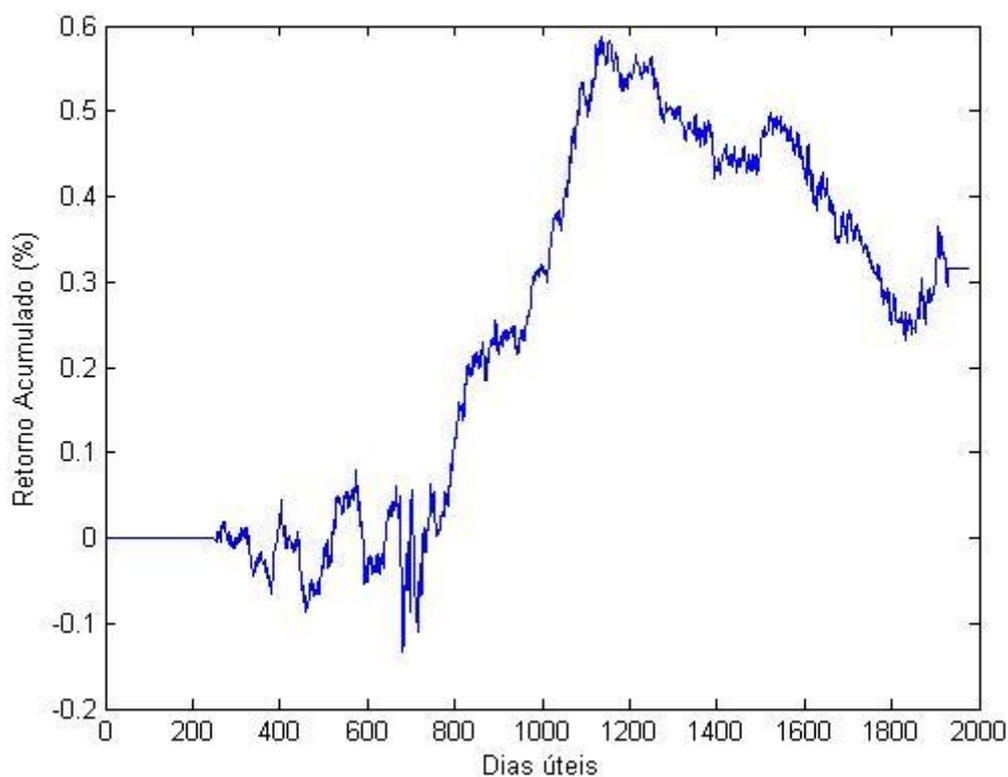
Gráfico 14 – Retorno acumulado dos pares no período de análise – Grupo 3



Fonte: Autor.

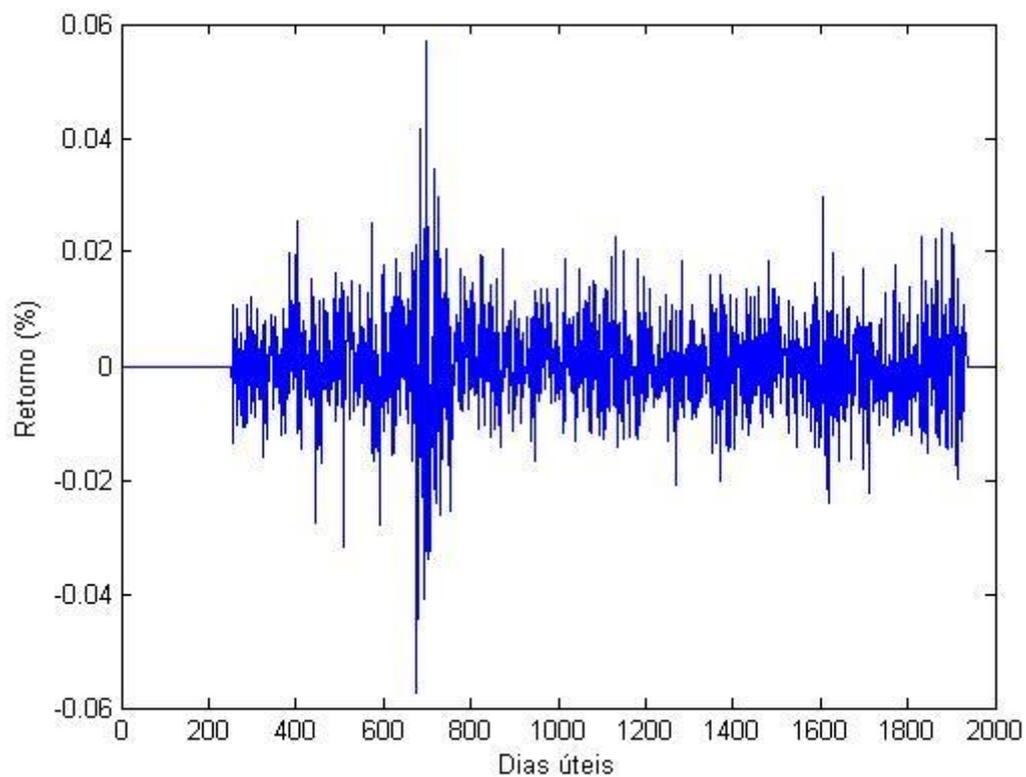
Podemos observar que os pares cointegrados não apresentam as mesmas características ao longo do período analisado. Enquanto alguns pares possuíram raros dias com posições abertas, outros estiveram em uma quantidade alta de vezes com posições abertas. De forma agregada poderemos observar o retorno acumulado da estratégia de pares cointegrados no próximo gráfico. Para obtermos o índice de sharpe da estratégia vamos utilizar seu retorno anualizado em comparação à sua volatilidade anualizada. Podemos observar a série de retorno acumulado da estratégia e a série de retornos diários nos gráficos a seguir.

Gráfico 15 – Retorno acumulado da estratégia pairs trading no período de análise



Fonte: Autor.

Gráfico 16 – Série de retorno diário da estratégia



Fonte: Autor.

Como podemos observar o retorno acumulado da estratégia foi de 31,16%, apresentando um retorno anualizado de 4,09% e índice de Sharpe de 0,3136. O máximo Draw down da estratégia foi de 35,67%.

5 .CONCLUSÃO

Podemos observar que as estratégias baseadas em estatística e análise quantitativa ganharam espaço nos mercados e no meio acadêmico. Até pouco tempo os estudos na área eram limitados, porém hoje já é possível observar testes de estratégias, como o pairs trading, por exemplo, em diversos países. Embora sejam outros agentes e mercados mais líquidos, hora menos líquidos, muitas características e resultados das estratégias são semelhantes. Os estudos de Gatev et al. (2006) propunham uma estratégia simples de pares, sem a necessidade de uma computação avançada para implementá-la e mesmo assim podemos observar retornos positivos até mesmo para períodos fora da análise dos autores. A evolução das pesquisas econômicas e estudos estatísticos trouxe o conceito de cointegração para os debates e pesquisas dos investidores e pesquisadores. Suas propriedades mostraram sua importância para uma diferente visão do processo de otimização de carteiras.

O objetivo inicial do presente estudo era visualizar a evolução das estratégias long-short, o crescimento dos hedge funds e a possibilidade de implementação de uma estratégia neutra ao mercado de uma maneira simplificada. Os estudos sobre os pares de ações se multiplicaram nos últimos anos, a forma mais básica de construir uma estratégia long-short ainda é capaz de apresentar retornos positivos para os agentes. Não temos como avaliar com rigor a eficiência do mercado nesse sentido, mas diferentes estudos e métricas mostram a possibilidade, mesmo que em períodos menos frequentes, de aproveitar distorções nos preços, pressões de compra ou venda, entre outros. A teoria de finanças comportamentais corroboram com essa ideia.

Podemos observar que mesmo sem limitar o número de pares na carteira, ou implementar restrições mais complexas, como o ranking através do sharpe do período de formação dos pares, ou otimizar pontos de entrada e saída da estratégia, foi possível observar as propriedades de reversão ao comportamento histórico em muitos pares. Fazendo uma análise mais detalhada dos pares é possível identificar os motivos de alguns comportamentos mais abruptos em determinados períodos. Embora não tenha apresentado os resultados em cortes, aparentemente os pares de ações de um mesmo setor são cointegrados em um número maior de vezes. A estratégia foi capaz de apresentar resultados positivos, porém em alguns momentos específicos os resultados não foram animadores. Para uma próxima pesquisa é interessante observar as características de cada período, o comportamento do índice de

mercado e dos setores específicos, tentando encontrar regras adicionais aos métodos mais básicos que agreguem valor a estratégia.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, C. Optimal hedging using cointegration. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, London, p. 2039-2058, 1999. Disponível em: <<http://www.icmacentre.ac.uk/pdf/cointegration.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2014
- ALEXANDER, C.; DIMITRIU, A. The Cointegration Alpha: Enhanced Index Tracking and Long-Short Equity Market Neutral Strategies. **ISMA Finance Discussion Paper**, n. 08, jun. 2002. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=315619>>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- ALEXANDER, C. **Modelos de Mercados**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- ANDRADE, S. C.; PIETRO, V.; SEASHOLES, M. S. Understanding the Profitability of Pairs Trading. **UC Berkeley Working Papers**, UC Berkeley, fev. 2005. Disponível em: <http://www.master272.com/finance/longshort/pairtrading_perf.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- AVELLANEDA, M.; LEE, J. **Statistical arbitrage in the US equities market**. Jul. 2008. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1153505>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- BOWEN, D.; HUTCHINSON, M. C. **Pairs Trading in the UK Equity Market: Risk and Return**. Nov. 2013. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=2350113>>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- BROUSSARD, J. P.; VAIHEKOSKI, M. Profitability of Pairs Trading Strategy In and Illiquid Market with Multiple Share Classes. **Journal of International Financial Markets, Institutions and Money**, Carbondale, v. 22, n. 05, p. 1188–1201, mai. 2012.
- CALDEIRA, J. F.; PORTUGAL, M. S. Estratégia Long-Short, Neutra ao Mercado, e Index Tracking Baseadas em Portfólios Cointegrados. **Revista Brasileira de Finanças**, Rio de Janeiro, v. 08, n. 04, p. 469-504, 2010. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbfin/article/viewFile/1534/2133>>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- CALDEIRA, J. F.; MOURA, G. V. **Selection of a Portfolio of Pairs Based on Cointegration: A Statistical Arbitrage Strategy**. Jan. 2013. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=2196391>>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- DIMSON, E., MUSSAVIAN, M. A brief history of market efficiency. **European Financial Management**, [S.l.] v. 4, n. 04, p. 91-193, mar. 98.

DO, B.; FAFF, R.; HAMZA, K. **A New Approach to Modeling and Estimation for Pairs Trading**. Mai. 2006. Disponível em:

<https://statarb.googlecode.com/files/0PairsTrading_BinhDo.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2014.

DUNIS, C. L.; HO, R. Cointegration portfolios of european equities for index tracking and market neutral strategies. **Journal of Asset Management**, [S.l.], v. 06, n. 01, p. 33–52, jun. 2005.

EHRMAN, D. S. **The handbook of pairs trading: strategies using equities, options and futures**. Canadá: John Wiley & Sons, 2006.

ELLIOTT, R., J.; VAN DER HOE; MALCOLM, W. Pairs Trading. **Quantitative Finance**, [S.l.], v. 05, n. 03, p. 271-276, jun. 2005, Disponível em: <<http://www-stat.wharton.upenn.edu/~steele/Courses/434/434Context/PairsTrading/PairsTradingQFin05.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

FUNG, W.; HSIEH, D. A. Is mean-variance analysis applicable to hedge funds? **Economics Letters**, [S.l.], v. 62, n. 01, p. 53–58, jan. 1999. Disponível em: <<http://www.edge-fund.com/FuHs99.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

GATEV, E.; GOETZMANN, W.; ROUWENHORST, K. Pairs Trading: Performance of a Relative-Value Arbitrage Rule. **The Review of Financial Studies**, Oxford, v. 19, n. 03, p. 797-827, 2006. Disponível em: <<http://stat.wharton.upenn.edu/~steele/Courses/434/434Context/PairsTrading/PairsTradingGGR.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

GOETZMANN, W. N.; IBBOTSON, R. G.; BROWN, S. J. Offshore Hedge Funds: Survival & Performance 1989-1995. **Yale School of Management Working Paper**, n. F-52B, jan. 1998. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=2307>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

GUIDOLIN, M.; et al. Non-linear predictability in stock and bond returns: When and where is it exploitable? **Federal Reserve Bank of St. Louis Working Paper Series**, St. Louis, n. 2008-010B, jan. 2009. Disponível em: <http://didattica.unibocconi.it/mypage/upload/135242_20111121_122831_004.PDF>. Acesso em: 14 jun. 2014.

HERLEMONT, D. **Pairs Trading, Convergence Trading. Cointegration**. 2004. Disponível em: <<http://www.yats.com/doc/cointegration-en.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

HONG, G.; SUSMEL, R. **Pairs-Trading in the Asian ADR Market**. Out. 2003. Disponível em: <<http://www.bauer.uh.edu/rsusmel/academic/ptadr.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

IBBOTSON, R. G.; CHEN, P.; ZHU, K. X. The ABCs of Hedge Funds: Alphas, Betas, and Costs. **Financial Analysts Journal**, [S.l.], v. 67, n. 01, 2011.

- JACOBS, B. I.; LEVY, K. N. **Long-Short Equity Investing**. Disponível em: <<http://www.jlem.com/articles/jlem/longshortequityinvesting.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- JACOBS, B., LEVY K.; STARER, D. Long-Short Portfolio Management: An Integrated Approach. **The Journal of Portfolio Management**, [S.l.] , v. 25, n. 02, p. 23-32, 1999. Disponível em: <<http://www.jlem.com/articles/jlem/lspportmgt.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- JEGADEESH, N.; TITMAN, S. Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency. **The Journal of Finance**, Malden, v. 48, n. 01, p. 65-91, mar. 1993. Disponível em: <http://www.business.unr.edu/faculty/liuc/files/BADM742/Jegadeesh_Titman_1993.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- KAT, H. The Dangers of Using Correlation to Measure Dependence. **ISMA Centre Discussion Papers in Finance 2002-23**, Reading, out. 2003. Disponível em: <<http://www.icmacentre.ac.uk/pdf/discussion/DP2002-23.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- LIEW, R. Q.; WU, Y. Pairs trading: A copula approach. **Journal of Derivatives and Hedge Funds**, [S.l.], v. 19, n. 01, p. 12-30, fev. 2013. Disponível em: <<http://www.palgrave-journals.com/jdhf/journal/v19/n1/abs/jdhf20131a.html>>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- LIN, Y.; GULATI, C.; MCCRAE, M. Loss Protection in Pairs Trading Through Minimum Profit Bounds: A Co-integration Approach. **Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences**, [S.l.], v. 2006, [s.n.], p. 1-14, mai. 2006.
- NATH, P. **High Frequency Pairs Trading with U.S Treasury Securities: Risks and Rewards for Hedge Funds**. Working Paper Series, London Business School. nov. 2003. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=565441>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- PERLIN, M. S. Evaluation of Pairs Trading Strategy at the Brazilian Financial Market. **Journal of Derivatives & Hedge Funds**, [S.l.], v. 15, n. 02, p. 122-136, jul. 2009. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=952242>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- PERLIN, M. S. **M of a Kind: A Multivariate Approach at Pairs Trading**. Working Paper. Dez. 2007. Disponível em: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/8309/1/MPRA_paper_8309.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- VIDYAMURTHY, G. **Pairs Trading: Quantitative Methods and Analysis**. Canadá: John Wiley & Sons, 2004.

XIE, W.; WU, Y. Copula-Based Pairs Trading Strategy. 2013. In: **Asian Finance Association (AsFA) Conference**, Nanchang, 2013. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=2209209>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

WOOLDRIDGE, J. **Introdução à Econometria: Uma Abordagem Moderna**. 4ª edição.. Brasil, Cengage Learning, 2011.