

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROFISSIONALIZANTE EM ECONOMIA

**“ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS *PAIRS*
TRADING ATRAVÉS DOS MÉTODOS DE
COINTEGRAÇÃO E CORRELAÇÃO
APLICADOS AO MERCADO ACIONÁRIO
BRASILEIRO”.**

ANA CRISTINA ROCHA WARDINI RAYES

ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO NASCIMENTO DE OLIVEIRA

Rio de Janeiro, 27 de Junho de 2012.

**“ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS *PAIRS TRADING* ATRAVÉS DOS MÉTODOS DE
COINTEGRAÇÃO E CORRELAÇÃO APLICADOS AO MERCADO ACIONÁRIO
BRASILEIRO”**

ANA CRISTINA ROCHA WARDINI RAYES

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado Profissionalizante em Economia
como requisito parcial para obtenção do
Grau de Mestre em Economia.
Área de Concentração: Finanças

ORIENTADOR: FERNANDO NASCIMENTO DE OLIVEIRA

Rio de Janeiro, 27 de junho de 2012.

**“ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PAIRS TRADING ATRAVÉS DOS MÉTODOS DE
COINTEGRAÇÃO E CORRELAÇÃO APLICADOS AO MERCADO ACIONÁRIO
BRASILEIRO”**

ANA CRISTINA ROCHA WARDINI RAYES

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado Profissionalizante em Economia
como requisito parcial para obtenção do
Grau de Mestre em Economia.
Área de Concentração: Finanças

Avaliação:

BANCA EXAMINADORA:

Professor FERNANDO NASCIMENTO DE OLIVEIRA (Orientador)
Instituição: Ibmec

Professor CLAUDIO HENRIQUE DA SILVA BARBEDO
Instituição: Ibmec

Professor MYRIAN BEATRIZ EIRAS DAS NEVES
Instituição: BANCO CENTRAL DO BRASIL

Rio de Janeiro, 27 de junho de 2012.

330.0182
R266a

Rayes, Ana Cristina Rocha Wardini.

Análise de estratégias de *pairs trading* através dos métodos de cointegração e correlação aplicados ao mercado acionário brasileiro. / Ana Cristina Rocha Wardini Rayes. - Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc, 2012.

74f.; 29 cm.

Dissertação de Mestrado Profissionalizante apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia das Faculdades Ibmecc, como requisito parcial necessário para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Finanças e Econometria.

Orientador: Dr. Prof. . Fernando Nascimento de Oliveira

1. Mercado acionário. 2. Seleção de pares. 3. *Pairs trading*. 4. *Long & short*. 5. Arbitragem estatística. 6. *Backtest*. 7. Cointegração e correlação. 8. Método Engle-Granger. 9. Método Dickey-Fuller. I. Rayes, Ana Cristina Rocha Wardini. II. Dr. Prof. . III. Análise de estratégias de *pairs trading* através dos métodos de cointegração e correlação aplicados ao mercado acionário brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram a completar mais este desafio em minha vida, com agradecimento especial ao Prof. Dr. Fernando Nascimento por proporcionar toda a orientação necessária para concluir este trabalho.

Agradeço a toda minha família, especialmente aos meus pais, dedicados para minha formação, sempre ao meu lado me apoiando em todos os momentos, e por comemorarem comigo todas as minhas conquistas neste percurso.

Dedico especial agradecimento ao especialista em mercado financeiro, amigo e companheiro Michel Caspary, por ter sido uma inspiração para que eu concluísse mais este desafio. Sem seu incentivo com certeza eu não teria obtido mais essa conquista.

RESUMO

No presente trabalho, compararam-se e avaliaram-se duas metodologias de seleção de pares de ações para estratégias *Pairs Trading* no mercado brasileiro. Os dados utilizados compreendem as ações listadas na Bovespa no período entre os anos de 2007 e 2011. Foram desenvolvidas duas metodologias de seleção de pares, uma por meio da correlação e outra por meio da cointegração. Para cada método, foram definidos critérios para a seleção dos pares, de entrada e encerramento das operações. Utilizou-se o teste de cointegração de Engle-Granger e Dickey-Fuller Aumentado para testar se os pares de ações eram cointegrados. Simulou-se por meio de *backtests* a implementação das estratégias no mercado entre os anos de 2008 e 2011. Finalmente, os resultados foram comparados e avaliados. Os resultados mostram que com os parâmetros utilizados a metodologia de correlação foi marginalmente superior a de cointegração.

Palavras Chave: *Pairs trading*, *long & short*, arbitragem estatística, *backtest*, cointegração, correlação, Engle-Granger, Dickey-Fuller Aumentado.

ABSTRACT

In this dissertation, we compare and evaluate two methods of selecting pairs of stocks for Pairs Trading strategies in the Brazilian stock market. The data used include stocks listed in Bovespa between the years 2007 and 2011. We developed two methods of selecting pairs, one through the correlation and other through cointegration. We developed a methodology where we define criteria for the selection of peers within the method and entry and closure of operations. We use the Engle-Granger test and Augmented Dickey-Fuller to test if the pairs of stocks were cointegrated. Then we simulated backtests through the implementation of strategies in the market between between the years 2008 and 2011. Finally we present and evaluate the results of each method. The results show that within the parameters used the method of the correlation was marginally higher than the cointegration one.

Key Words: *Pairs trading*, *long&short*, statistical arbitrage, backtest, cointegration, correlation, Engle-Granger, Augmented Dickey-Fuller.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1- Período para Correlação e Período de <i>Backtest</i> das Estratégias | 19 |
| Figura 2 - Período para Cointegração e Período de Backtest das Estratégias | 24 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Ações e ETFs utilizadas no Estudo | 13 |
| Tabela 2 - Todos os Pares de ações Possíveis | 14 |
| Tabela 3 - Pares de Ações Subdivididos por Setor..... | 15 |
| Tabela 4 - Período para Correlação e Período de Backtest das Estratégias | 18 |
| Tabela 5 - Período para Cointegração e Período de <i>Backtest</i> das Estratégias..... | 25 |
| Tabela 6 - Custo das Operações | 27 |
| Tabela 7 - Resultados Seleção dos pares Por meio de da Correlação | 29 |
| Tabela 8 - Quantidade de pares com Correlação Acima de 75% | 32 |
| Tabela 9 - Resultados das Estratégias de Correlação em cada Trimestre | 33 |
| Tabela 10 - Resultados Seleção dos pares Por meio de Cointegração | 34 |
| Tabela 11 - Quantidade de Pares Cointegrados por Trimestre..... | 36 |
| Tabela 12 - Resultados das Estratégias de Cointegração em cada Trimestre..... | 37 |
| Tabela 13 - Ações Utilizadas no Estudo e suas Respectivas Empresas | 42 |
| Tabela 14 - Correlação dos Pares e Estatísticas-t..... | 43 |
| Tabela 15 - Pares Utilizados nas Estratégias de Cointegração..... | 49 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 6 |
| 3 | DADOS | 11 |
| 4 | METODOLOGIA PROPOSTA | 16 |
| 4.1 | MÉTODO DA CORRELAÇÃO..... | 16 |
| 4.2 | MÉTODO DE COINTEGRAÇÃO..... | 22 |
| 4.3 | CUSTO DAS OPERAÇÕES..... | 27 |
| 5 | RESULTADOS EMPÍRICOS..... | 29 |
| 5.1 | RESULTADOS DO MÉTODO DE CORRELAÇÃO | 29 |
| 5.2 | RESULTADOS DO MÉTODO DE COINTEGRAÇÃO..... | 34 |
| 6 | CONCLUSÃO | 38 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |
| | APÊNDICE A - AÇÕES UTILIZADAS NO ESTUDO | 42 |
| | APÊNDICE B - CORRELAÇÕES DOS PARES E ESTATÍSTICAS-T | 43 |
| | APÊNDICE C - PARES UTILIZADOS ESTRATÉGIAS DE COINTEGRAÇÃO | 49 |
| | ANEXO A - TESTE DE DICKY-FULLER | 60 |
| | ANEXO B - TESTE DE COINTEGRAÇÃO ENGLE-GRANGER..... | 62 |
| | ANEXO C - TESTE DE COINTEGRAÇÃO DE JOHANSEN..... | 63 |

1 INTRODUÇÃO

Pairs trading são estratégias que buscam explorar desvios de curto prazo nas relações de equilíbrio de longo prazo entre os preços de dois ativos, com a expectativa de que esses desvios sejam corrigidos e retornem ao equilíbrio de longo prazo. Existem vários tipos de operações de *Pairs trading*. No Brasil, o tipo mais conhecido é o chamado *Long & Short*.

A estratégia de *Long & Short* é montada comprando (*Long*), uma ação relativamente subvalorizada e vendendo (*Short*), outra ação que esteja relativamente sobrevalorizada. As estratégias de *Long & Short* comumente utilizadas são: i) entre duas ações de uma mesma empresa de classes e tipos diferentes (ON x PN); ii) entre ações de empresas pertencentes ao mesmo setor da economia, que apresentam uma relação histórica estável; iii) entre uma ação e um índice setorial do mesmo setor desta ação; e iv) entre ações de uma holding e suas controladas.

Na prática, obtém-se sucesso se o chamado *ratio*, que é a razão entre os preços da ação comprada sobre o preço da ação vendida, subir após a entrada na operação. Isto acontece ou porque o preço da ação comprada subiu e o preço da ação vendida permaneceu estável, ou o preço da ação comprada permaneceu estável e o preço da ação vendida caiu, ou o preço da ação comprada subiu e o preço da vendida caiu simultaneamente. A entrada na operação é realizada quando o *ratio* do par se desvia de sua média histórica. Também se utiliza o

chamado *spread*, que é a diferença entre a cotação da ação comprada e a cotação da ação vendida. Da mesma forma, o sucesso na operação é obtido se no encerramento da estratégia o *spread* entre os preços das ações for maior do que o *spread* na entrada da operação.

Uma das metodologias mais conhecidas para a seleção de pares para *pairs trading* fundamenta-se no uso da correlação. Buscam-se pares de ativos que apresentam alta correlação histórica, e com base nisso acreditam que desvios em suas razões de preços devem ser temporários e serão corrigidos no longo prazo. Outra metodologia ainda não muito utilizada no mercado pelos investidores, porém muito difundida na econometria de séries financeiras, é a seleção de pares por meio do método de cointegração. A presença de cointegração possibilita obter uma combinação linear de duas ações de forma que o portfólio combinado seja um processo estacionário.

Na falta da existência de artigos que testam e comparam simultaneamente os dois métodos de seleção de pares dentro da mesma amostra, utilizando parâmetros similares, propomos avaliá-los e compará-los aplicando-os ao mercado acionário brasileiro.

Inicialmente será utilizada a correlação para a seleção de pares para as estratégias. Em seguida foi desenvolvida uma metodologia para a identificação de oportunidades e implementação das estratégias baseada em alta correlação histórica, pré-estabelecendo parâmetros de entrada e saída das estratégias para a avaliação de seus respectivos resultados. Paralelamente, foram identificados pares para as operações por meio da cointegração, utilizando o teste de cointegração de Engle-Granger e o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Da mesma forma, desenvolveu-se uma metodologia para a seleção dos pares e implementação das estratégias.

Os dados utilizados neste trabalho compreendem as ações listadas na Bovespa entre o final do ano de 2006 e o ano de 2011. Referem-se a preços diários de fechamento das ações, ajustados para proventos, grupamentos e desdobramentos. A fonte dos dados foi a base de dados da Economatica. A partir destes dados, foram selecionadas as ações que apresentaram 100% de presença diária neste período, média de volume diário maior ou igual a R\$ 1,0 milhão, e cotação diária de fechamento maior ou igual a R\$ 2. Esta pré-seleção foi feita para se obter as ações com uma liquidez mínima necessária para serem utilizadas nas estratégias.

Entre 2008 e 2011, com a seleção de pares pelo método da correlação foram realizadas 859 estratégias, testadas em dezesseis períodos de um trimestre cada. Somente dois destes períodos obtiveram prejuízo: o primeiro trimestre de 2009 e o quarto trimestre de 2011. Destas 859 estratégias, 660 obtiveram lucro e as 199 restantes apresentaram prejuízo, o que equivale a um percentual de acerto de 76,8%. O resultado financeiro bruto foi de R\$ 1.244 mil no período. Excluindo os custos de corretagem e emolumentos deste resultado, obteve-se um resultado líquido de R\$ 905 mil.

Já no método de cointegração, foram realizadas somente 449 estratégias, entre 2008 e 2011, das quais 276 apresentaram resultado positivo e as 173 restantes apresentaram prejuízo, o que equivale a um percentual de acerto de 61,5% no período. Os períodos que apresentaram prejuízos em seus resultados acumulados foram o segundo trimestre de 2008 e o terceiro trimestre de 2011. O resultado bruto obtido destas estratégias foi de R\$ 986,5 mil e o líquido de corretagem e emolumentos foi de R\$ 851,8 mil. O método encontrou somente metade da quantidade de operações encontradas pelo método de correlação. Além disso, o percentual de acerto foi inferior ao verificado nas estratégias de correlação. No entanto, o resultado médio por operação com ganho foi muito superior ao das estratégias de correlação R\$ 6,7 mil VS.

R\$ 2,7 mil. Da mesma forma a média de prejuízo por operação também foi muito superior ao método de correlação.

Diversos autores analisaram anteriormente a viabilidade da implementação dessas estratégias no mercado brasileiro. No entanto, até então não encontramos em nossa pesquisa, nenhum estudo que comparasse estas duas metodologias de seleção de pares para essas estratégias e inferisse sobre a superioridade de cada uma delas.

Brito (2011) testou a estratégia de *pairs trading* nos preços intradiários (com intervalos entre 15 e 15 minutos) das ações do Índice Bovespa, entre o período de 2006 a 2010. Da mesma forma que este trabalho, utilizou o teste Dickey-Fuller Aumentado para verificar a existência da raiz unitária dos resíduos da combinação linear entre os preços das ações. Nos anos de 2006, 2007 e 2010 a estratégia foi bem sucedida, obtendo resultado acima da taxa Selic. Nos anos de 2008 e 2009, anos de maior volatilidade no mercado em função da crise financeira mundial, as estratégias apresentaram perdas. Com relação ao estudo de Brito (2011) o presente trabalho acrescenta a comparação com estratégias de pares selecionados somente por meio da alta correlação histórica testados no mesmo período. Para comparação entre os trabalhos, não se pode levar em consideração o fato de não possuímos acesso aos dados intradiários dos preços das ações da Bovespa nem acesso ao programa Streambase.

Kabashima (2005) desenvolveu um estudo utilizando as ações do Índice Bovespa entre o período de 1993 a junho de 2005. Seu trabalho utiliza metodologia similar a de Vidyamurthy (2004). Inicialmente ele seleciona os pares de ações por meio de correlação, e em seguida é realizado o teste de Dickey-Fuller Aumentado para verificar a existência de raiz unitária da série de resíduo da combinação linear do logaritmo dos preços. Após a seleção dos pares são realizados *backtests* para analisar a performance dos retornos dos pares de ações. Encontrou

resultado positivo para as estratégias *pairs trading* no mercado brasileiro. Além disso, inferiu-se ao contrário do esperado, que pares de ações mais cointegrados apresentaram os piores retornos.

Além da introdução, o restante desta dissertação está estruturado da seguinte forma. No Capítulo 2, é realizada uma breve revisão da literatura existente sobre o assunto *Pairs Trading*. Abordamos também alguns testes de cointegração, entre outros estudos, que de alguma forma nos ajudaram neste trabalho. No Capítulo 3, são descritos os dados que foram utilizados no trabalho. No Capítulo 4, apresentam-se as duas metodologias utilizadas para obtenção dos resultados: a correlação e cointegração. No Capítulo 5, é feita a análise empírica e a apresentação dos resultados. Finalmente no Capítulo 6, apresentamos as conclusões.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A origem das estratégias de *pairs trading* é controversa. A grande maioria atribui a criação das estratégias a um grupo de funcionários do banco Morgan Stanley, liderado por Nunzio Tartaglia, que em 1987, desenvolveu um modelo quantitativo envolvendo a compra de uma ação e a venda simultânea de outra, quando a relação de preços entre as duas divergissem de um padrão histórico, na esperança que esta relação de preços convergisse para sua média histórica. No entanto, alguns afirmam que Gerald Bamberger ex-funcionário do Morgan Stanley, já havia implementado a estratégia antes de Nunzio Tartaglia, em 1985 quando era sócio do hedge-fund BOSS Partners.

No Brasil, estas estratégias só começaram a ser utilizadas a partir do momento em que o mercado acionário brasileiro se aprimorou com a estabilização da economia, após a implementação do Plano Real em 1994. Neste cenário, verificou-se o desenvolvimento do mercado de aluguel de ações no País, que até então era arcaico. O desenvolvimento do mercado de aluguel de ações na bolsa brasileira, tornou possível a implementação de estratégias de venda de ações à descoberto, que são necessárias para a realização das estratégias de *Long & Short*, onde o investidor aluga e vende a ação sem possuí-la em seu portfólio.

Operações de *Long & Short* chamadas de *cash neutral*, são aquelas que com o financeiro obtido na venda da ação, que se acredita estar sobre-valorizada, compra-se a ação sub-valorizada, não necessitando de dispêndio de capital. No entanto, não necessariamente todas as estratégias *Long & Short* são *cash neutral*. Algumas estratégias utilizam o Beta¹ da ação para ponderar as quantidades compradas/vendidas de ações na tentativa de neutralizar as operações às oscilações do mercado. Neste caso, as posições compradas e vendidas possuem financeiros diferentes, portanto existe um dispêndio de capital, ou recebe-se algum capital na entrada da operação. As estratégias Beta neutras ou *market neutrals* como são conhecidas, são aquelas montadas com ativos cuja volatilidade em relação às oscilações do mercado, medida pelo coeficiente Beta, são semelhantes. Estas estratégias também são conhecidas como estratégias neutras ao mercado. Diferentemente de simples estratégias de *Long & Short*, as estratégias neutras ao mercado envolvem ativos que possuem uma interdependência comprovada entre eles.

Para Ehrman (2006), *Pairs Trading* são estratégias de investimentos não direcionais e de valores relativos, em que se opera o diferencial de preços entre dois ativos, que estejam sendo negociados em patamares divergentes de sua relação histórica. A estratégia consiste em comprar o ativo subvalorizado, e vender o ativo que está sobrevalorizado em relação ao outro, buscando manter a operação *market neutral*².

De acordo com Alexander (1999), as vantagens de se investir em estratégias *Long & Short* neutras ao mercado, são perceptíveis pela independência da direção tomada pelo mercado e o

¹ O coeficiente Beta foi proposto em 1990 por Willian F. Sharpe no contexto da teoria CAPM (Capital Asset Pricing Model). Uma das funções básicas do índice beta é estabelecer uma relação entre o retorno de uma determinada ação comparativamente ao mercado em que é negociada. Os níveis de oscilação destes papéis irão determinar seu grau de risco.

² Segundo Ehrman (2006) uma estratégia *Market-Neutral* obtém seus resultados da relação entre o desempenho de um ativo comprado e do ativo vendido, e não da performance absoluta dos ativos. Desta maneira independe do desempenho do mercado.

uso mais eficiente das informações, quando comparado com estratégias *long only* por exemplo. A independência da direção do mercado, ou baixa correlação com o retorno do mercado, é consequência direta da zeragem dos betas entre a ação comprada e a vendida da estratégia. Segundo Caldeira, et. al. (2009), a principal característica das estratégias *Long & Short* é que se construída e implementada adequadamente, seu resultado não deve ser afetado pelo comportamento do mercado de ações subjacente.

Vários autores dissertam sobre a origem a razão do sucesso nas estratégias. Jegadeesh e Titiman (1995) afirmam que os lucros esperados de uma estratégia como a de *pairs trading*, são parcialmente devidos à reação exagerada dos agentes econômicos, frente a choques de notícias específicas de uma determinada empresa.

O sucesso das estratégias de *pairs trading* está diretamente relacionada com a identificação dos pares. Gatev et. al (2006) compararam dois tipos de estratégias de *pairs trading*, uma por meio de uma escolha metodológica dos pares, e outro por meio de uma escolha aleatória. Os resultados pela escolha metodológica dos pares foram significativamente superiores aos encontrados no estudo que empregou uma seleção aleatória de pares.

De acordo com Whistler (2004), para a seleção dos pares deve-se observar somente a correlação entre os ativos, como o critério para determinar se os preços se movem de forma semelhante.

Segundo Alexander e Dimitriu (2002), cointegração e correlação são conceitos relacionados, mas são diferentes. A presença de uma não implica na existência da outra. Alta correlação dos retornos, não implica em alta cointegração nos preços das ações. A correlação reflete os comovimentos nos retornos, ficando altamente suscetível a variações ao longo do tempo. Por

outro lado cointegração é uma medida de co-movimentos de longo prazo nos preços, os quais podem ocorrer mesmo em períodos quando a correlação parece baixa.

A abordagem da cointegração apresentada em Vidyamurthy (2004), busca parametrizar estratégias de *pairs trading*, explorando a possibilidade de cointegração entre pares de ações.

Caldeira (2010) utilizou as ações listadas na Bovespa entre os anos de 2005 e 2009, para selecionar pares cointegrados por meio de testes de cointegração de Johansen e Engle-Granger, encontrando rentabilidade de 89,8% nos quatro anos, média de 17,37% por ano.

Para Baldasso (2010), o eixo central da estratégia de *pairs trading*, é obter rentabilidade com a diferença entre a razão histórica de dois ativos financeiros analisados e a razão atual, operando na crença de que a razão entre estes dois ativos financeiros retornará à sua razão histórica.

Sanvicente (1998) aplicou cointegração para analisar a relação entre o Ibovespa, e o Índice Dow Jones, no período de 1986 a 1997. Os resultados mostraram não haver cointegração entre as bolsas.

Bourgeois e Minko (2005) utilizaram a cointegração baseada no método de Johansen nas quinze ações mais líquidas do índice Eurostoxx50. Os resultados são bastante promissores, mesmo depois de os custos de transação.

Engle e Granger (1987) apontaram que uma combinação linear de duas ou mais séries não estacionárias, pode ser estacionária. Se isto ocorrer, a combinação linear existe e as séries são

ditas cointegradas. A combinação linear é chamada de vetor de cointegração, e pode ser interpretada como um relacionamento de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis.

Perlin (2007) analisou o desempenho das estratégias de *pairs trading* no mercado acionário brasileiro entre os anos de 2000 até 2006, utilizando as 100 ações com maior liquidez na Bovespa. A metodologia utilizada foi a de menor distância medida pelo quadrado da diferença dos preços normalizados. O período utilizado para a formação dos pares foi de dois anos.

Neste trabalho, iremos testar e comparar duas metodologias de seleção de pares de ações, para as estratégias de *pairs trading* e de *implementação das estratégias*. A primeira delas será por meio de alta correlação entre os retornos das ações. Em seguida, a seleção de pares será feita por meio de do modelo de cointegração utilizando Engle-Granger e o teste de Dickey-Fuller Aumentado segundo a metodologia fornecida para excel em Chan (2009).

3 DADOS

Foram utilizadas as cotações diárias de fechamento das ações listadas na Bovespa, negociadas entre o período de 21/12/2006 e 30/12/2011, filtradas pelos seguintes critérios:

- i) 100% de presença diária neste período;
- ii) média do volume diário maior ou igual a R\$ 1,0 milhão;
- iii) cotação diária maior ou igual a R\$ 2.

Os critérios i) e ii) selecionaram as ações com alta liquidez no mercado. A pré-seleção pelo critério de liquidez é muito importante na seleção de pares para *pairs trading*, visto que a falta de liquidez é um risco fundamental, quando se implementa este tipo de estratégia.

O item i) se faz necessário para que as compras e vendas de ações possam ser realizadas em qualquer sessão, conforme for determinado pelo modelo, sem que haja o risco de não haver comprador/vendedor da ação na data em questão. O item ii) seleciona ações que tenham um volume de negociação acima do que utilizamos nas operações (R\$ 100 mil). Por dois motivos: O primeiro é para garantir que teremos como negociar o volume necessário, e segundo para que nossas negociações não distorçam os preços dos papéis no mercado. Já o critério iii) seleciona ações com cotações maiores ou iguais a R\$ 2, para que uma pequena variação no preço da ação não represente uma grande variação relativa.

Decidimos por não utilizar somente as ações do Índice Bovespa, como visto em Caldeira e Portugal (2009), Caldeira (2010) e Brito (2011), pois esta escolha limita as operações realizadas entre ações de uma mesma empresa de tipos e classes diferentes. Por exemplo, as ações PN da Ambev (AMBV4) compõem o Ibovespa, enquanto que as ON (AMBV3) não fazem parte do índice, mas possuem a liquidez necessária para serem utilizadas nas estratégias e são altamente correlacionadas.

BALDASSO (2010), utiliza as ações do Índice Bovespa, porém inclui ações que, embora pertencentes a empresas que compõe o Ibovespa, não fazem parte do Índice. Por exemplo, a ação BBDC3 (Bradesco ON), pelo fato da ação BBDC4 (Bradesco PN) compor o Ibovespa.

Não se limitou em utilizar apenas as ações das empresas que compõe o Ibovespa, e suas respectivas ações de outros tipos e/ou classes, porque era de pretensão incluir também os ETFs³ para testar as operações entre eles. Apesar de ainda pouco difundidos no País, o PIBB11 e BOVA11 possuem a liquidez mínima necessária para serem incluídos no estudo. A fonte dos dados foi a base de dados Economatica, e os preços diários de fechamento foram ajustados para dividendos, desdobramentos, grupamentos e bonificações.

A partir da seleção pelos critérios descritos acima, como resultado foram obtidas 78 ações e dois ETFs, ou sejam, 80 ativos. Os nomes das empresas com seus respectivos códigos estão apresentados no Apêndice A deste estudo.

³ ETFs (Exchange Traded Fund) são fundos de Índice. Cada fundo busca retornos de investimentos que correspondam, de forma geral, ao desempenho de um determinado índice de referência. No Brasil os mais negociados são o BOVA11 que busca a perseguir o desempenho do Ibovespa e o PIBB11 que tem como Índice de referência o IBrX-50.

Tabela 1 - Ações e ETFs utilizadas no Estudo

A Tabela 1 apresenta os códigos das oitenta ações e ETF's que foram utilizadas no estudo. O período da amostra foi de aproximadamente cinco anos (entre os dias 21/12/2006 a 30/12/2011). A fonte das informações foi a base de dados Economatica. Foram utilizadas as cotações diárias de fechamento, ajustadas para dividendos, desdobramentos, grupamentos e bonificações.

| Ações e ETFs | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| ALLL3 | BRT04 | CSAN3 | ETER3 | GRND3 | NETC4 | RENT3 | TNLP4 |
| AMBV3 | CCRO3 | CSMG3 | FFTL4 | ITSA4 | ODPV3 | RSID3 | TOTS3 |
| AMBV4 | CESP6 | CSNA3 | FIBR3 | ITUB4 | OHLB3 | SBSP3 | TRPL4 |
| BBAS3 | CMIG3 | CYRE3 | GETI3 | KLBN4 | PCAR4 | SLED4 | UGPA4 |
| BBDC3 | CMIG4 | DASA3 | GETI4 | LAME4 | PETR3 | SUZB5 | USIM3 |
| BBDC4 | CNFB4 | ELET3 | GFS3 | LIGT3 | PETR4 | TAMM4 | USIM5 |
| BRAP4 | COCE5 | ELET6 | GGBR3 | LPSB3 | PIBB11 | TBLE3 | VALE3 |
| BRFS3 | CPFE3 | ELPL4 | GGBR4 | LREN3 | POSI3 | TIMP3 | VALE5 |
| BOVA11 | CPLE6 | EMBR3 | GOAU4 | LUPA3 | PSSA3 | TMAR5 | VIVT4 |
| BRKM5 | CRUZ3 | ENBR3 | GOLL4 | NATU3 | RAPT4 | TNLP3 | VLID3 |

Posteriormente, foi criada uma lista de pares possíveis, tendo em vista que é mais factível assumir que os preços das ações de uma mesma empresa ou pertencentes ao mesmo setor, possuem uma relação estável no longo prazo.

Para isto, dentro das ações filtradas pelos critérios descritos anteriormente, foram selecionados pares entre duas ações de uma mesma empresa de classes diferentes (ordinárias x preferenciais); entre duas ações de empresas pertencentes ao mesmo setor da economia; entre ações de uma controladora e suas controladas e; entre dois ETFs. Como resultado, obtivemos 199 pares possíveis, vide a Tabela 2.

Tabela 2 - Todos os Pares de ações Possíveis

A Tabela 2 apresenta os pares de ações possíveis para montagem das estratégias. Foram compostos pares entre as ações de uma mesma empresa de classes e tipos distintos, entre ações de um mesmo setor, entre ações de uma controladora e suas respectivas controladas e entre ETFs. Os pares entre ações do mesmo setor foram montados a partir da classificação setorial da Bovespa. Os pares podem ser formados comprando a ação 1 e vendendo a ação 2 e vice-versa.

| Ação 1 | Ação 2 | Ação 1 | Ação 2 | Ação 1 | Ação 2 | Ação 1 | Ação 2 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AMBV4 | AMBV3 | ENBR3 | CPL6 | LIGT3 | ELPL4 | TNLP3 | TMAR5 |
| BBDC3 | BBAS3 | ENBR3 | ELET3 | LIGT3 | ENBR3 | TNLP4 | BRT04 |
| BBDC4 | BBAS3 | ENBR3 | ELET6 | LIGT3 | GETI3 | TNLP4 | NETC4 |
| BBDC4 | BBDC3 | ENBR3 | ELPL4 | LIGT3 | GETI4 | TNLP4 | TIMP3 |
| BRFS3 | AMBV3 | GETI3 | CESP6 | LREN3 | GRND3 | TNLP4 | TMAR5 |
| BRFS3 | AMBV4 | GETI3 | CMIG3 | LREN3 | LAME4 | TNLP4 | TNLP3 |
| BRFS3 | PCAR4 | GETI3 | CMIG4 | LUPA3 | BRKM5 | TOTS3 | POSI3 |
| CCRO3 | ALLL3 | GETI3 | COCE5 | NATU3 | GRND3 | TRPL4 | CESP6 |
| CMIG3 | CESP6 | GETI3 | CPFE3 | NATU3 | LAME4 | TRPL4 | CMIG3 |
| CMIG4 | CESP6 | GETI3 | CPL6 | NATU3 | LREN3 | TRPL4 | CMIG4 |
| CMIG4 | CMIG3 | GETI3 | ELET3 | NETC4 | BRT04 | TRPL4 | COCE5 |
| COCE5 | CESP6 | GETI3 | ELET6 | ODPV3 | DASA3 | TRPL4 | CPFE3 |
| COCE5 | CMIG3 | GETI3 | ELPL4 | OHLB3 | ALLL3 | TRPL4 | CPL6 |
| COCE5 | CMIG4 | GETI3 | ENBR3 | OHLB3 | CCRO3 | TRPL4 | ELET3 |
| CPFE3 | CESP6 | GETI4 | CESP6 | PCAR4 | GRND3 | TRPL4 | ELET6 |
| CPFE3 | CMIG3 | GETI4 | CMIG3 | PCAR4 | LAME4 | TRPL4 | ELPL4 |
| CPFE3 | CMIG4 | GETI4 | CMIG4 | PCAR4 | LREN3 | TRPL4 | ENBR3 |
| CPFE3 | COCE5 | GETI4 | COCE5 | PCAR4 | NATU3 | TRPL4 | GETI3 |
| CPL6 | CESP6 | GETI4 | CPFE3 | PETR3 | BRKM5 | TRPL4 | GETI4 |
| CPL6 | CMIG3 | GETI4 | CPL6 | PETR3 | LUPA3 | TRPL4 | LIGT3 |
| CPL6 | CMIG4 | GETI4 | ELET3 | PETR4 | BRKM5 | TRPL4 | TBLE3 |
| CPL6 | COCE5 | GETI4 | ELET6 | PETR4 | LUPA3 | USIM3 | CNFB4 |
| CPL6 | CPFE3 | GETI4 | ELPL4 | PETR4 | PETR3 | USIM3 | CSNA3 |
| CRUZ3 | AMBV3 | GETI4 | ENBR3 | PIBB11 | BOVA11 | USIM3 | GGBR3 |
| CRUZ3 | AMBV4 | GETI4 | GETI3 | RENT3 | RAPT4 | USIM3 | GGBR4 |
| CSNA3 | CNFB4 | GFS3 | CYRE3 | RSID3 | CYRE3 | USIM3 | GOAU4 |
| ELET3 | CESP6 | GGBR3 | CNFB4 | RSID3 | GFS3 | USIM5 | CNFB4 |
| ELET3 | CMIG3 | GGBR3 | CSNA3 | SBSP3 | CSMG3 | USIM5 | CSNA3 |
| ELET3 | CMIG4 | GGBR4 | CNFB4 | TAMM4 | EMBR3 | USIM5 | GGBR3 |
| ELET3 | COCE5 | GGBR4 | CSNA3 | TAMM4 | GOLL4 | USIM5 | GGBR4 |
| ELET3 | CPFE3 | GGBR4 | GGBR3 | TBLE3 | CESP6 | USIM5 | GOAU4 |
| ELET3 | CPL6 | GOAU4 | CNFB4 | TBLE3 | CMIG3 | USIM5 | USIM3 |
| ELET6 | CESP6 | GOAU4 | CSNA3 | TBLE3 | CMIG4 | VALE3 | BRAP4 |
| ELET6 | CMIG3 | GOAU4 | GGBR3 | TBLE3 | COCE5 | VALE5 | BRAP4 |
| ELET6 | CMIG4 | GOAU4 | GGBR4 | TBLE3 | CPFE3 | VALE5 | VALE3 |
| ELET6 | COCE5 | GOLL4 | EMBR3 | TBLE3 | CPL6 | FIBR3 | KLBN4 |
| ELET6 | CPFE3 | ITSA4 | BBAS3 | TBLE3 | ELET3 | FIBR3 | SUZB5 |
| ELET6 | CPL6 | ITSA4 | BBDC3 | SUZB5 | KLBN4 | VIVT4 | BRT04 |
| ELET6 | ELET3 | ITSA4 | BBDC4 | TBLE3 | ELET6 | VIVT4 | NETC4 |
| ELPL4 | CESP6 | ITUB4 | BBAS3 | TBLE3 | ELPL4 | VIVT4 | TIMP3 |
| ELPL4 | CMIG3 | ITUB4 | BBDC3 | TBLE3 | ENBR3 | VIVT4 | TMAR5 |
| ELPL4 | CMIG4 | ITUB4 | BBDC4 | TBLE3 | GETI3 | VIVT4 | TNLP3 |
| ELPL4 | COCE5 | ITUB4 | ITSA4 | TBLE3 | GETI4 | VIVT4 | TNLP4 |
| ELPL4 | CPFE3 | LAME4 | GRND3 | TBLE3 | LIGT3 | | |
| ELPL4 | CPL6 | LIGT3 | CESP6 | TIMP3 | BRT04 | | |
| ELPL4 | ELET3 | LIGT3 | CMIG3 | TIMP3 | NETC4 | | |
| ELPL4 | ELET6 | LIGT3 | CMIG4 | TMAR5 | BRT04 | | |
| ENBR3 | CESP6 | LIGT3 | COCE5 | TMAR5 | NETC4 | | |
| ENBR3 | CMIG3 | LIGT3 | CPFE3 | TMAR5 | TIMP3 | | |
| ENBR3 | CMIG4 | LIGT3 | CPL6 | TNLP3 | BRT04 | | |
| ENBR3 | COCE5 | LIGT3 | ELET3 | TNLP3 | NETC4 | | |
| ENBR3 | CPFE3 | LIGT3 | ELET6 | TNLP3 | TIMP3 | | |

O setor de energia é o setor que mais possui pares possíveis na bolsa brasileira. Um dos principais motivos para isto, é que este é o setor mais pulverizado da bolsa. Atualmente, segundo o Economática existem 127 ações de empresas de energia elétrica listadas na Bovespa, incluindo todas as classes e tipos de ações. Ressalva-se que destas 127 ações, foram utilizadas apenas aquelas que tinham uma liquidez mínima necessária para a realização das estratégias, conforme descrito no início deste Capítulo.

Tabela 3 - Pares de Ações Subdivididos por Setor

Na Tabela 3 temos a quantidade de pares de ações subdivididos pelos seus respectivos setores. Para a classificação das empresas por setor, utilizamos a classificação setorial segundo a Bovespa. No total foram formados 199 pares possíveis entre as ações e ETFs, distribuídos entre 15 setores e os ETF's.

| Setor | Qtd. |
|--------------------------|------------|
| Aviação | 3 |
| Bebidas e Alimentos | 5 |
| Celulose | 3 |
| Construção Civil | 3 |
| Energia | 105 |
| ETFs | 1 |
| Financeiro | 10 |
| Mineração | 3 |
| Petróleo e gás | 6 |
| Saneamento | 1 |
| Saúde | 1 |
| Siderurgia | 21 |
| Tecnologia da Informação | 1 |
| Telecomunicações e Mídia | 21 |
| Transporte e Logística | 4 |
| Varejo | 11 |
| TOTAL PARES | 199 |

No total foram formados 199 pares possíveis entre as 80 ações e ETF's utilizados nesta dissertação. No entanto nem todos os pares foram utilizados nas estratégias. Somente foram utilizados os pares que atendiam aos critérios de alta correlação ou se cointegravam no período em análise.

4 METODOLOGIA PROPOSTA

A literatura sobre o assunto é relativamente recente, não havendo uma metodologia unificada de aceitação que ainda não tenha sido contestada. Este trabalho utilizou algumas ferramentas estatísticas e econométricas para alcançar seus objetivos propostos. Neste Capítulo serão explicados os modelos e as metodologias utilizadas para obter os resultados para a conclusão do estudo.

4.1 MÉTODO DA CORRELAÇÃO

A correlação, também chamada de coeficiente de correlação, mede o grau de relação linear entre duas variáveis aleatórias. O método de correlação mais conhecido é a correlação de Pearson, em homenagem ao seu idealizador - Karl Pearson - o qual é obtido dividindo a covariância de duas variáveis pelo produto de seus desvios padrão.

O coeficiente de correlação $\rho_{x,y}$ entre duas variáveis aleatórias X e Y com valores esperados μ_x e μ_y e desvios padrão σ_x e σ_y é definido como:

$$\rho_{x,y} = \frac{\text{cov}(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{E((X - \mu_x)(Y - \mu_y))}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1)$$

Onde E é o valor esperado e cov significa covariância. Como consequência de sua definição, e considerando que o desvio-padrão de qualquer variável será sempre um número não negativo, o coeficiente de correlação terá sempre o mesmo sinal da covariância. O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1. Quanto mais próxima de 1, for a correlação entre duas variáveis, mais correlacionadas elas serão. Isto é, se duas ações têm correlação próxima a 1, no caso de uma alta na cotação de uma dessas ações, existe uma alta probabilidade que a outra ação também venha a subir simultaneamente, não representando uma causalidade. Quanto mais próxima de zero for a correlação entre duas ações, significa que elas não apresentam uma relação linear, ou seja, se a correlação for igual a zero, as variáveis são não correlacionadas. Finalmente, uma correlação próxima a -1, representa uma alta relação negativa entre duas variáveis.

Uma das críticas sobre a utilização desta medida, é que ela apresenta alta variabilidade ao longo do tempo, tornando-a pouco eficiente para a aplicação no mercado de ações, já que exigiria frequentes rebalanceamentos nos portfólios, elevando os custos e consequentemente reduzindo o retorno líquido das estratégias. Além disso, ao contrário do que muitos pensam no mercado, não existe embasamento teórico que fundamente uma reversão à média, de ações com alta correlação histórica.

Para obtenção dos pares, inicialmente foram calculados os retornos diários das ações da seguinte forma:

$$Retorno = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (2)$$

Aonde P_t é o preço da ação em t e P_{t-1} é o preço da ação em t-1.

Dividimos a amostra em dois períodos: um período para testar a correlação entre os retornos das ações, e um período para realizar o *backtest* das estratégias. Cada período de correlação era formado pelo histórico de um ano da série dos retornos, e os *backtests* realizados dentro do período de um trimestre. A partir da série histórica dos retornos, foram selecionados os pares de ações que apresentaram uma correlação mínima de 75%, testou-se a significância da correlação e em seguida, realizou-se o *backtest* das estratégias para esses pares, no trimestre seguinte ao período de análise da correlação.

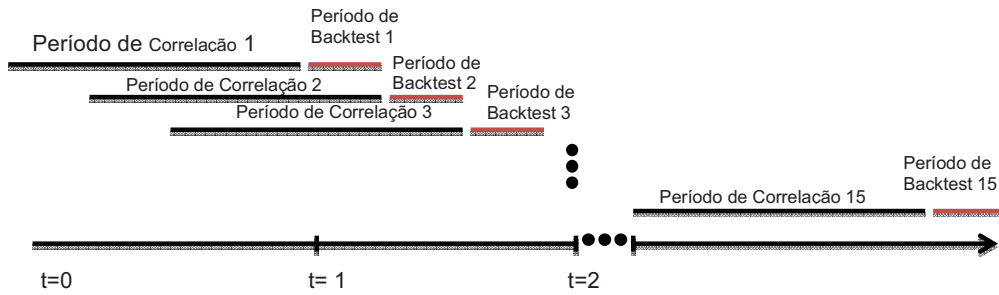
Tabela 4 - Período para Correlação e Período de Backtest das Estratégias

A Tabela 4 apresenta os períodos de análise da correlação das séries de retornos dos pares e os períodos nos quais foram realizados os *Backtests* das estratégias. O período de análise da correlação entre as séries dos retornos era de exatamente um ano anterior ao trimestre do *Backtest* das estratégias e tinham entre 243 e 249 dias.

| Período de Correlação | | Período de Backtest | |
|-----------------------|------------|---------------------|------------|
| Início | Fim | Início | Fim |
| 2/1/2007 | 28/12/2007 | 2/1/2008 | 31/3/2008 |
| 2/4/2007 | 31/3/2008 | 1/4/2008 | 30/6/2008 |
| 2/7/2007 | 30/6/2008 | 1/7/2008 | 30/9/2008 |
| 1/10/2007 | 30/9/2008 | 1/10/2008 | 30/12/2008 |
| 2/1/2008 | 30/12/2008 | 2/1/2009 | 31/3/2009 |
| 1/4/2008 | 31/3/2009 | 1/4/2009 | 30/6/2009 |
| 1/7/2008 | 30/6/2009 | 2/7/2009 | 30/9/2009 |
| 1/10/2008 | 30/9/2009 | 1/10/2009 | 30/12/2009 |
| 2/1/2009 | 30/12/2009 | 4/1/2010 | 31/3/2010 |
| 1/4/2009 | 31/3/2010 | 1/4/2010 | 30/6/2010 |
| 1/7/2009 | 30/6/2010 | 1/7/2010 | 30/9/2010 |
| 1/10/2009 | 30/9/2010 | 1/10/2010 | 30/12/2010 |
| 4/1/2010 | 30/12/2010 | 3/1/2011 | 31/3/2011 |
| 1/4/2010 | 31/3/2011 | 1/4/2011 | 30/6/2011 |
| 1/7/2010 | 30/6/2011 | 1/7/2011 | 30/9/2011 |
| 1/10/2010 | 30/9/2011 | 1/10/2011 | 30/12/2011 |

A figura 1 ilustra os períodos de análise para seleção dos pares com alta correlação e os períodos de *backtests* ou simulações das estratégias. Como nossos testes se iniciam no ano de 2008, testamos inicialmente a correlação dos pares entre os dias 02/01/2007 e 28/12/2007, para realizar o *backtest* no primeiro trimestre de 2008.

Figura 1- Período para Correlação e Período de *Backtest* das Estratégias



Em seguida, filtrou-se os pares resultantes com base na lista de pares possível conforme explicitado no Capítulo 3 desta dissertação, fazendo com que haja sentido que estas ações apresentem um equilíbrio de longo prazo (vide Apêndice A).

Posteriormente à análise de correlação e do filtro de pares possíveis, foi verificada se a hipótese de existência de correlação pode ser aceita, a um nível de significância de 5%.

$$\begin{cases} H_0: \rho = 0 \\ H_1: \rho \neq 0 \end{cases}$$

$$t_{\text{crítico}} = \rho \frac{\sqrt{(N - K - 1)}}{\sqrt{1 - \rho^2}} \quad (3)$$

onde ρ é a correlação entre os retornos das ações em cada período testado, N é o número de observações, e $K-1$ é o número de graus de liberdade.

A um nível de confiança de 95%, o teste rejeita a hipótese nula de que a correlação é igual a zero entre todos os pares utilizados nas estratégias, ou seja, existe efetivamente uma correlação entre os retornos das ações de cada par. Foram encontrados nos 16 períodos de análise de correlação, 416 pares com correlação acima de 75%, deste total 316 pares possuíam correlação acima de 80%, e 145 pares possuíam correlação acima de 90%. A média da correlação entre os todos os pares utilizados nos quatro anos analisados foi de 86,4%.

Finalmente, com os pares resultantes, realizamos um *Backtest*, para o trimestre seguinte, utilizando os seguintes parâmetros:

Cada operação tem duração de no máximo até o fim do trimestre no qual foi realizada a entrada, ou seja, se a entrada da estratégia foi feita no final do mês de janeiro de 2011, seu período de duração é de no máximo até o final do mês de março do mesmo ano. A estratégia é montada comprando R\$ 100 mil da ação a ser comprada, e vendendo R\$ 100 mil da ação a ser vendida, obtendo um financeiro neutro.

Da mesma forma que em outros estudos, utilizou-se as bandas de *Bollinger* como parâmetro para entrada nas estratégias. As bandas de *Bollinger* criadas por John Bollinger no início dos anos 80 são um indicador de tendência muito utilizado no mercado hoje em dia. As Bandas de *Bollinger* são formadas por três linhas. A linha central é uma média móvel simples; a linha ou banda superior é a linha central mais duas vezes o seu desvio padrão; a linha ou banda inferior é igual a linha central menos duas vezes o seu desvio padrão. A idéia é que a volatilidade sempre reverta para seu ponto médio. O momento de reversão de tendência acontece, quando o preço se afasta da banda superior ou inferior. Deste modo, o indicador foi utilizado como parâmetro para a entrada da estratégia, mas para isso fez-se necessário escolher um valor de desvios-padrão mínimo para a entrada na estratégia.

Em uma distribuição normal perfeita, 68,2% da relação dos preços dos pares se concentrarão na área do gráfico demarcada por um desvio padrão à direita, e um desvio padrão à esquerda da linha média, 95,44% das ocorrências estarão englobas quando utilizarmos dois desvios padrão e 99,72% quando utilizarmos três. Assim como Gatev (2006) e Kabashma (2005) foram utilizados dois desvios padrão abaixo ou acima da média, para estabelecer a entrada nas estratégias.

A entrada na operação é realizada quando o *ratio* dos papéis está dois desvios abaixo da média de 30 dias úteis.

$$\text{Ex: } \frac{VALE5}{VALE3} \leq Média_{30} - 2 \cdot \sigma_{\frac{VALE5}{VALE3}}$$

O encerramento da operação acontece quando o *ratio* entre os papéis atinge ou ultrapassa a média de 30 dias úteis.

$$\text{Ex: } \frac{VALE5}{VALE3} \geq Média_{30}$$

No fim do trimestre, se a operação ainda estiver em andamento, ou seja, se o *ratio* ainda for menor do que a média de 30 dias é considerada como se a operação tivesse sido encerrada no último dia do trimestre, nos preços de fechamento deste dia.

Alguns estudos sobre a aplicação da metodologia de cointegração para estas estratégias argumentam que a medida de correlação apresenta alta variabilidade ao longo do tempo, o que a tornaria pouco eficiente para a aplicação no mercado de ações, já que exigiria frequentes rebalanceamentos nos portfólios de ações, o que poderia resultar em custos elevados.

Outra crítica na utilização deste método, é que ao contrário do que é difundido no mercado, não existe embasamento teórico que fundamente uma reversão à média, de ações com alta correlação histórica.

Segundo Ehrman (2006), o risco por trás destas operações é que não existem motivos concretos para a retomada dos preços a sua média. Entretanto uma cuidadosa e rigorosa análise, gerenciamento de perdas e ganhos, e a construção de um modelo sólido pode gerar um estável e constante lucro, com um baixíssimo risco.

4.2 MÉTODO DE COINTEGRAÇÃO

Até meados dos anos oitenta, muitos economistas utilizavam regressões lineares em séries não estacionárias, ou seja, séries de tempo que apresentam algum tipo de tendência. Posteriormente, Olive Granger entre outros estudiosos, mostraram ser uma abordagem arriscada, pois poderia resultar em correlação espúria, uma correlação que não significa causalidade, induzindo ao erro. Em 1987, junto com Robert Engler, receberam o Prêmio Nobel pela formalização do seu estudo sobre Cointegração.

Cointegração é uma relação estatística, onde séries de preços $I(1)$ são combinadas para produzir séries temporais estacionárias, ou seja, $I(0)$. Uma série de tempo é dita $I(1)$, se a primeira diferença da série é estacionária.

Na prática, é razoável inferir que duas ações com características similares, ou do mesmo setor, sejam cointegradas. Séries de preços de ações cointegradas possuem uma relação estável de equilíbrio de longo prazo, com propriedade de reversão à média por definição. Ver Enders (2002).

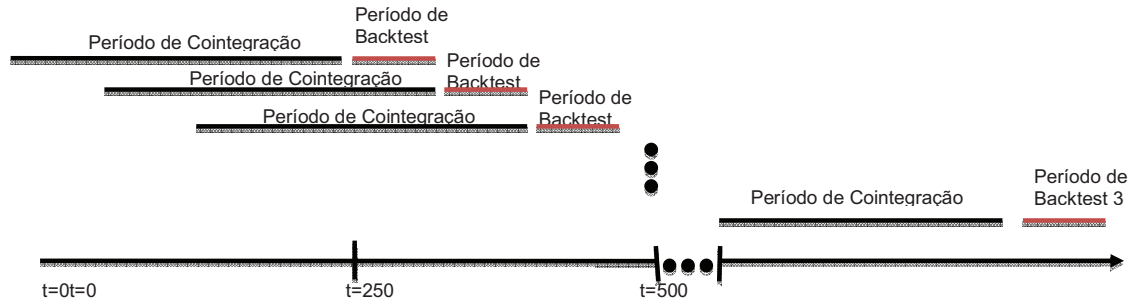
Existem diversos tipos de testes de cointegração. Um deles é o teste de Johansen, desenvolvido por Johansen e Juselius (1990), passou a ser amplamente utilizado com o aperfeiçoamento de diversos softwares. Outro teste é o teste de Phillips-Ouliaris, o qual foi originalmente apresentado em Phillips e Ouliaris (1990). Finalmente, o teste de Engle-Granger, o qual foi desenvolvido por Engle e Granger (1987).

A principal vantagem do teste de Johansen (1990), comparativamente aos outros, consiste na determinação do número de vetores de cointegração, ou seja, enquanto os testes de Engle-Granger (1987) e Phillips-Ouliaris (1990) permitem, somente, verificar se as variáveis são cointegradas ou não, o teste de Johansen permite identificar quantos vetores de cointegração existem entre as variáveis.

Apesar da metodologia de Johansen ser considerada superior a de Engle-Granger em um sistema multivariado, Alexander (1999) afirma que para muitas aplicações financeiras de cointegração existem algumas razões para o teste de Engle-Granger ser o mais utilizado. Primeiramente, o teste é muito direto em sua forma de implementação. Segundo, em aplicações de administração do risco, geralmente é mais importante o critério de Engle-Granger de variância mínima do que o critério de Johansen de máxima estacionariedade. Terceiro, pois existe, freqüentemente, uma natural escolha da variável dependente em regressões de cointegração. E, finalmente, o viés de Engle-Granger em pequenas amostras não será necessariamente um problema de todo jeito, pois amostras são geralmente muito grandes nas análises, e o vetor de cointegração é consistente. Assim, será utilizado o teste de Engle-Granger para verificar se as séries de preços das ações são cointegradas. Para a realização do teste Dickey-Fuller aumentado, utilizamos a metodologia fornecida para excel em Chan (2009).

A Figura 2 ilustra os períodos de testes de cointegração para seleção dos pares, e os períodos de simulação das estratégias. Similarmente à metodologia de correlação foram definidos os períodos das simulações, de um trimestre a partir do primeiro trimestre de 2008. Para cada simulação testamos a cointegração entre os pares das ações no período de 250 dias anteriores.

Figura 2 - Período para Cointegração e Período de *Backtest* das Estratégias



Nos períodos de testes de cointegração, checamos inicialmente se todas as séries das ações pré-selecionadas são integradas de ordem I(1), através do teste ADF, vide ANEXO B. Em sequência estimamos uma relação linear entre as duas séries de preços dos pares selecionados, através de mínimos quadrados ordinários:

$$P_x = \alpha + \beta P_y + Z \quad (4)$$

Onde P_x é o preço da ação X, P_y é o preço da ação y, α é o coeficiente linear da regressão, β é o coeficiente angular e Z é o resíduo da regressão. Obtemos então a série dos resíduos:

$$Z_t = P_{x,t} - (\beta P_{y,t} + \alpha) \quad (5)$$

Tabela 5 - Período para Cointegração e Período de *Backtest* das Estratégias

A Tabela 5 apresenta os períodos de análise da cointegração das séries de retornos dos pares de ação e os períodos nos quais foram realizados os *Backtests* das estratégias.

| Período de Cointegração | | Período de Backtest | |
|-------------------------|------------|---------------------|------------|
| Início | Fim | Início | Fim |
| 21/12/2006 | 28/12/2007 | 02/01/2008 | 31/03/2008 |
| 23/03/2007 | 31/03/2008 | 01/04/2008 | 30/06/2008 |
| 22/06/2007 | 30/06/2008 | 01/07/2008 | 30/09/2008 |
| 25/09/2007 | 30/09/2008 | 01/10/2008 | 30/12/2008 |
| 31/03/2008 | 30/03/2009 | 02/01/2009 | 31/03/2009 |
| 01/04/2008 | 31/03/2009 | 01/04/2009 | 30/06/2009 |
| 01/07/2008 | 01/07/2009 | 02/07/2009 | 30/09/2009 |
| 29/09/2008 | 30/09/2009 | 01/10/2009 | 30/12/2009 |
| 23/12/2008 | 30/12/2009 | 04/01/2010 | 31/03/2010 |
| 25/03/2009 | 31/03/2010 | 01/04/2010 | 30/06/2010 |
| 25/06/2009 | 30/06/2010 | 01/07/2010 | 30/09/2010 |
| 25/09/2009 | 30/09/2010 | 01/10/2010 | 30/12/2010 |
| 28/12/2009 | 30/12/2010 | 03/01/2011 | 31/03/2011 |
| 30/03/2010 | 31/03/2011 | 01/04/2011 | 30/06/2011 |
| 29/06/2010 | 29/06/2011 | 01/07/2011 | 31/09/2011 |
| 30/09/2010 | 30/09/2011 | 03/10/2011 | 29/12/2011 |

Houve então a verificação se esta série dos resíduos é estacionária, através do teste de Dickey-Fuller Aumentado, o que dirá se as séries de preços são cointegradas e obtidos os pares para serem realizadas as estratégias.

Em linha com o trabalho de Chan (2009) utilizamos Ornstein-Uhlenbeck para calcular a chamada Meia Vida, que é uma medida da metade do tempo que um par leva para reverter à média. Seja Z_t o resíduo, com propriedade de reversão à média, podemos escrever:

$$dz_t = -\theta(z_t - \mu)dt + dw \quad (6)$$

onde μ é a média de longo prazo dos preços, dW é o processo Gaussiano aleatório, Z_t é o resíduo em um determinado tempo e θ é a força de reversão à média. Dada uma série de resíduos, pode-se encontrar θ e μ , fazendo uma regressão da variação diária dos resíduos.

A Meia Vida do par é encontrada da seguinte forma:

$$\text{Meia Vida} = \frac{-\log(2)}{\theta}$$

Onde o θ é o Beta da regressão da série de diferença dos resíduos.

Foram selecionados pares com meia vida de no máximo 11 dias para reverter à média. Inicialmente limitou-se para 10 dias, mas logo pode ser observado diversos pares com meia vida de até 11 dias, decidiu-se portanto, ampliar em um dia o limite da meia vida dos pares. A entrada na operação é feita quando o resíduo do par encontra-se dois desvios padrão abaixo ou acima da média:

- Quando o resíduo encontra-se $+2\sigma$ da média compra-se o Ativo X e vende-se o Ativo Y;
- Quando o resíduo encontra-se -2σ da média compra-se o Ativo Y e vende-se o Ativo X.
- O encerramento da operação é realizado quando o resíduo atinge a média.

Utilizou-se três vezes a meia vida de um par como um *Stop*, para encerrar a operação a mercado. Cada operação foi feita com um financeiro fixo de R\$ 100 mil do Ativo Y. A quantidade do Ativo X foi encontrada da seguinte forma:

$$Q_x = \beta Q_y \tag{7}$$

Onde Q_x e Q_y , são as quantidades dos Ativos X e Y, respectivamente. O Beta neste caso é o coeficiente de cointegração, e não o Beta da ação. No fim do trimestre, se a operação ainda estiver em andamento, o encerramento será dado no último dia útil do trimestre ao *spread* de fechamento do mercado.

4.3 CUSTO DAS OPERAÇÕES

Levar em conta os custos das operações de *Long & Short* é extremamente importante para a avaliação correta dos resultados, pois como são operações que normalmente movimentam um grande volume financeiro, sua exclusão pode comprometer o cálculo dos retornos e consequentemente as conclusões. Chan (2009) cita a importância de se incorporar custos de transação nas simulações de operações de *pairs trading*. A inclusão dos custos é crucial para que prejuízos não sejam subestimados por cenários sem custo, inviáveis nos mercados reais.

De forma a aproximar a estratégia estudada da realidade do mercado brasileiro, os custos das operações foram calculados a partir da tabela de corretagem sugerida pela Bovespa.

Tabela 6 - Custo das Operações

A Tabela 6 apresenta a o percentual de corretagem sobre o volume financeiro negociado cobrado pelas corretoras de valores. Este percentual é sugerido pela Bovespa, portanto é conhecido como Tabela Bovespa.

| Volume Financeiro Negociado (no dia) | | Corretagem % |
|--------------------------------------|--------------|--------------|
| De | Até | |
| R\$ 0,01 | R\$ 135,07 | - |
| R\$ 135,08 | R\$ 498,62 | 2,00% |
| R\$ 498,63 | R\$ 1.514,69 | 1,50% |
| R\$ 1.514,70 | R\$ 3.029,38 | 1,00% |
| R\$ 3.029,39 | - | 0,50% |

Como mostrado na Tabela 6, para um volume financeiro acima de R\$ 3.029,39 o percentual cobrado de corretagem é de 0,5% sobre o volume financeiro total. Como as operações foram todas realizadas com um volume superior a este valor, utilizou-se o percentual de 0,5% de corretagem sobre o valor financeiro total das estratégias. Para fins de cálculo foram levados em consideração, o volume financeiro da compra das ações somados ao volume financeiro da venda das ações.

A este percentual somamos também os custos cobrados pela Bovespa de emolumentos para fundos de investimentos, que é 0,025% sobre o volume financeiro total.

Supondo uma devolução média de 90% de corretagem, que é o percentual usual concedido de devolução de corretagem sobre operações de grandes volumes, chegou-se a um custo de 0,075% sobre o volume das operações, tanto nos testes de cointegração quanto nos de correlação.

Os custos totais serão apresentados mais adiante, conjuntamente aos resultados das estratégias. No capítulo a seguir, são apresentados os resultados obtidos para o *trading* simulado no período de *backtesting*, de 2007 e 2011, assim como os retornos calculados para cada ano.

Os custos com aluguel de ações foram considerados irrelevantes no período, pois como as estratégias são montadas comprando e vendendo ações simultaneamente, supomos hipoteticamente que os custos com aluguel da ação vendida serão compensados pela receita de aluguel sobre a ação comprada.

5 RESULTADOS EMPÍRICOS

5.1 RESULTADOS DO MÉTODO DE CORRELAÇÃO

Abaixo estão resumidos os resultados obtidos nas estratégias *pairs trading*, cujas quais, tiveram seus pares selecionados por meio do método de correlação. Este resultado é o consolidado das estratégias com duração de no máximo até o final do trimestre correspondente ao mês de entrada na operação.

Tabela 7 - Resultados Seleção dos pares Por meio de da Correlação

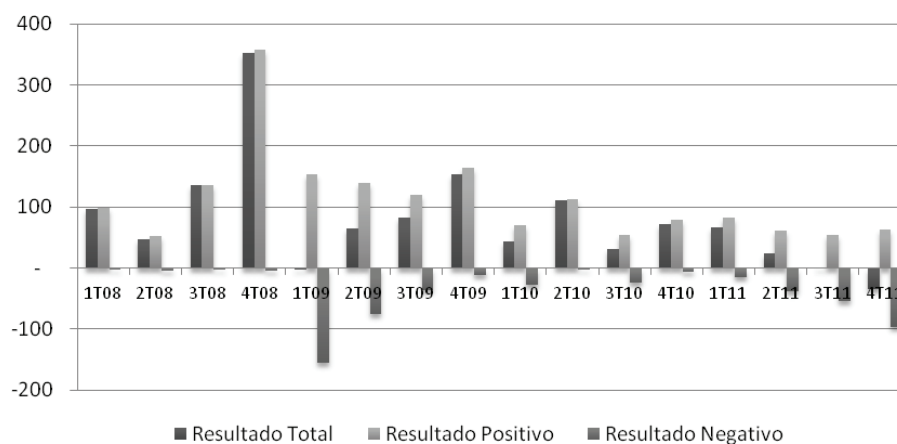
A Tabela 7 apresenta o resultado de todas as estratégias por meio de do método de correlação. O resultado líquido é calculado subtraindo-se do resultado bruto os custos de corretagem e emolumentos.

| Resultado Correlação | R\$ |
|--|------------|
| Resultado Bruto | 1.244.178 |
| Resultado Líquido | 905.078 |
| Somatório Positivo | 1.799.694 |
| Somatório Negativo | -555.515 |
| Custos Corret+Emol | 339.100 |
| Quantidade de Operações | 859 |
| Quantidade de Operações com Ganho | 660 |
| Quantidade de Operações com Perda | 199 |
| % Acerto | 76,83% |
| Resultado Bruto por Operação | 1.448 |
| Resultado Médio por Operação com Ganho | 2.727 |
| Resultado Médio por Operação com Perda | (2.792) |
| Lucro Máximo | 40.787 |
| Prejuízo Máximo | -38.560 |

Como se pode observar, as estratégias tiveram um resultado financeiro bastante satisfatório, obtendo um resultado líquido de R\$ 905,1 mil reais no período de quatro anos (2008, 2009, 2010 e 2011). Em termos percentuais, este total equivale a um ganho de 1.244% acumulado no período. O percentual de acerto foi suficientemente alto (76,8%).

No total, o número de operações do método de correlação foi muito superior ao do método de cointegração (~500), o que resulta em um resultado bruto por operação inferior ao do método de cointegração. O resultado médio por operação com ganho, e o resultado médio por operação com prejuízo, também é inferior ao do outro método, o que é ruim pelo lado dos ganhos, porém bom pelo lado das menores perdas.

Gráfico 1 – Resultados Método de Correlação por Trimestre em R\$ Mil



Conforme demonstrado no Gráfico 1, que o primeiro trimestre de 2009, foi o que apresentou as maiores perdas, no entanto, o resultado total foi compensado pelos ganhos no período, ficando negativo em somente cerca de R\$ 2 mil. Para fins de comparação, podemos observar no Gráfico 2 , o desempenho do Ibovespa no mesmo período.

Os únicos períodos nos quais as estratégias apresentaram resultados negativos, medido pela soma dos ganhos com a soma das perdas, foram no primeiro trimestre de 2009 e no quarto trimestre de 2011, períodos de alta volatilidade na bolsa brasileira.

Gráfico 2 – Desempenho do Ibovespa (2008 a 2011)



No primeiro trimestre de 2009, compreendido entre os meses de janeiro a março de 2009, o Ibovespa manteve-se muito volátil, mas encerrou o período praticamente no zero a zero. O que sinaliza que períodos de alta volatilidade no mercado, podem prejudicar os resultados das estratégias assim como vimos também em outros estudos como em Brito (2011). Por outro lado, a alta volatilidade do período tornou propícios os desvios dos *ratios* dos pares de suas médias históricas, fazendo com que fossem realizadas mais estratégias do que em outros períodos menos voláteis.

Em média foram encontrados vinte e seis pares de ações dentro da amostra com correlação acima de 75% em cada trimestre. Visto que podem ser abertas várias operações ao mesmo tempo, com pares distintos, será considerada a possibilidade de abrir operações nos vinte e seis pares (média de pares por período) simultaneamente. Para que isto seja possível, seria necessário um financeiro de R\$ 2.600 mil, pois cada perna do par utiliza um financeiro de R\$ 100 mil. Desta forma, ao final dos quatro anos, obteve-se um resultado líquido de R\$ 905 mil em cima de um financeiro de R\$ 2.600 mil, o que equivale a 34,81% de retorno, sem utilizar caixa. Considerando que o caixa é aplicado a 100% do CDI em títulos públicos de alta liquidez, que junto com as ações *long* cobrem a margem necessária para a posição *short*, o mesmo renderia 51,23%⁴ nos quatro anos. Portanto pode-se considerar o resultado final da estratégia como 86,04% (167,9% do CDI), que é a soma do retorno das operações (34,81%) mais a rentabilidade do caixa (51,23%).

Tabela 8 – Quantidade de pares com Correlação Acima de 75%

Quantidade de pares com correlação acima de 75% em cada trimestre. Em média encontrou-se 26 pares com correlação acima de 75% por trimestre. O quarto trimestre de 2008 e o ano de 2009 foram períodos de alta volatilidade na bolsa brasileira em função da crise financeira mundial, o que resultou em uma maior probabilidade de desvios nos *ratios* históricos dos pares formando, portanto um maior número de estratégias.

| Trimestre/Ano | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|--|------|------|------|------|
| 1T | 17 | 37 | 28 | 23 |
| 2T | 15 | 36 | 24 | 24 |
| 3T | 19 | 36 | 24 | 21 |
| 4T | 26 | 36 | 24 | 25 |
| Média de Pares Correlacionados por Período | | | | 26 |

⁴ CDI entre 01/01/2008 a 31/12/2011. Fonte: CETIP.

Tabela 9 - Resultados das Estratégias de Correlação em cada Trimestre

A Tabela demonstra os resultados das estratégias por meio do método de correlação em cada período.

| ESTATÍSTICAS MÉTODO CORRELAÇÃO 2008 | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Data de Início Correlação | 02/01/2007 | 02/04/2007 | 02/07/2007 | 01/10/2007 |
| Data da Fim Correlação | 28/12/2007 | 31/03/2008 | 30/06/2008 | 30/09/2008 |
| Data Inicial Backtest | 02/01/2008 | 01/04/2008 | 01/07/2008 | 01/10/2008 |
| Data Final Backtest | 31/03/2008 | 30/06/2008 | 30/09/2008 | 30/12/2008 |
| SOMATÓRIO TOTAL | 96.471 | 47.705 | 135.036 | 352.612 |
| Somatorio Positivo | 97.790 | 52.866 | 136.597 | 356.849 |
| Somatorio Negativo | -1.319 | -5.161 | - 1.561 | - 4.237 |
| Custos Corret+Emol | 10.200 | 9.900 | 16.500 | 100.900 |
| Num Oper Total | 34 | 33 | 55 | 65 |
| Num Oper Positivo | 29 | 27 | 49 | 57 |
| Num Oper Negativo | 5 | 6 | 6 | 8 |
| Lucro Máximo | 19.938 | 10.789 | 17.575 | 40.787 |
| Prejuízo Máximo | -828 | - 2.660 | - 1.561 | - 4.237 |
| ESTATÍSTICAS MÉTODO CORRELAÇÃO 2009 | | | | |
| Data de Início Correlação | 02/01/2008 | 01/04/2008 | 01/07/2008 | 01/10/2008 |
| Data da Fim Correlação | 30/12/2008 | 31/03/2009 | 30/06/2009 | 30/09/2009 |
| Data Inicial Backtest | 02/01/2009 | 01/04/2009 | 02/07/2009 | 01/10/2009 |
| Data Final Backtest | 31/03/2009 | 30/06/2009 | 30/09/2009 | 30/12/2009 |
| SOMATÓRIO TOTAL | - 1.876 | 64.158 | 83.343 | 153.383 |
| Somatorio Positivo | 153.738 | 138.761 | 120.445 | 165.081 |
| Somatorio Negativo | - 155.614 | - 74.603 | - 37.101 | - 11.698 |
| Custos Corret+Emol | 18.900 | 18.600 | 17.700 | 22.200 |
| Num Oper Total | 63 | 62 | 59 | 74 |
| Num Oper Positivo | 43 | 41 | 44 | 60 |
| Num Oper Negativo | 20 | 21 | 15 | 14 |
| Lucro Máximo | 15.040 | 16.193 | 11.576 | 14.059 |
| Prejuízo Máximo | - 25.039 | - 15.422 | - 13.941 | - 3.963 |
| ESTATÍSTICAS MÉTODO CORRELAÇÃO 2010 | | | | |
| Data de Início Correlação | 02/01/2009 | 01/04/2009 | 01/07/2009 | 01/10/2009 |
| Data da Fim Correlação | 30/12/2009 | 31/03/2010 | 30/06/2010 | 30/09/2010 |
| Data Inicial Backtest | 04/01/2010 | 01/04/2010 | 01/07/2010 | 01/10/2010 |
| Data Final Backtest | 31/03/2010 | 30/06/2010 | 30/09/2010 | 30/12/2010 |
| SOMATÓRIO TOTAL | 43.068 | 110.425 | 30.911 | 72.553 |
| Somatorio Positivo | 69.974 | 113.323 | 54.848 | 78.375 |
| Somatorio Negativo | - 26.906 | - 2.897 | - 23.937 | - 5.821 |
| Custos Corret+Emol | 15.000 | 16.800 | 14.400 | 15.600 |
| Num Oper Total | 50 | 56 | 48 | 52 |
| Num Oper Positivo | 38 | 48 | 33 | 40 |
| Num Oper Negativo | 12 | 8 | 15 | 12 |
| Lucro Máximo | 9.727 | 13.026 | 10.400 | 15.197 |
| Prejuízo Máximo | - 12.073 | - 1.340 | - 8.527 | - 3.316 |
| ESTATÍSTICAS MÉTODO CORRELAÇÃO 2011 | | | | |
| Data de Início Correlação | 04/01/2010 | 01/04/2010 | 01/07/2010 | 01/10/2010 |
| Data da Fim Correlação | 30/12/2010 | 31/03/2011 | 30/06/2011 | 30/09/2011 |
| Data Inicial Backtest | 03/01/2011 | 01/04/2011 | 01/07/2011 | 03/10/2011 |
| Data Final Backtest | 31/03/2011 | 30/06/2011 | 30/09/2011 | 29/12/2011 |
| SOMATÓRIO TOTAL | 66.597 | 23.246 | 1.215 | - 34.670 |
| Somatorio Positivo | 82.029 | 61.595 | 55.114 | 62.308 |
| Somatorio Negativo | - 15.432 | - 38.348 | - 53.900 | - 96.978 |
| Custos Corret+Emol | 16.500 | 13.800 | 15.300 | 16.800 |
| Num Oper Total | 55 | 46 | 51 | 56 |
| Num Oper Positivo | 41 | 33 | 40 | 37 |
| Num Oper Negativo | 14 | 13 | 11 | 19 |
| Lucro Máximo | 10.786 | 11.745 | 11.797 | 10.330 |
| Prejuízo Máximo | - 14.404 | - 18.467 | - 12.266 | - 38.560 |

5.2 RESULTADOS DO MÉTODO DE COINTEGRAÇÃO

Na seleção de pares para as estratégias de *Long & Short* por meio do método de cointegração, obteve-se um resultado satisfatório, porém inferior ao do método de correlação, principalmente no que se refere ao percentual de acerto. O resultado bruto das estratégias foi de R\$ 986,5 mil no período de quatro anos, equivalente a 986,5% de ganho acumulado, cerca de 20% inferior ao obtido pelo método de correlação.

Tabela 10 - Resultados Seleção dos pares Por meio de Cointegração

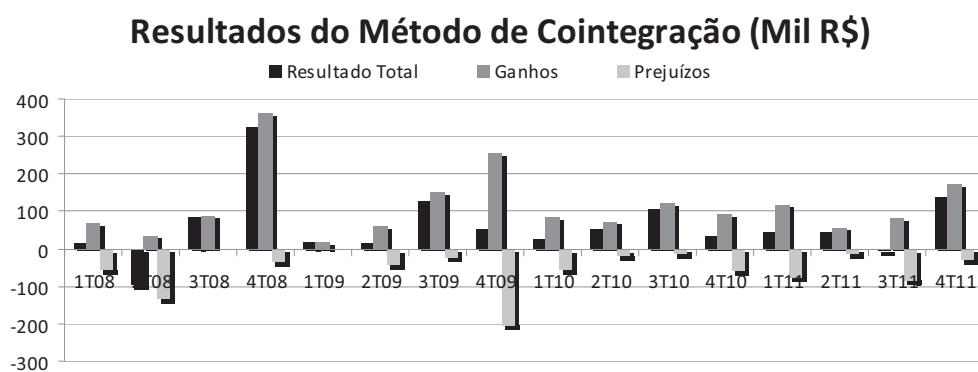
A Tabela 10 apresenta o resultado de todas as estratégias, as quais tiveram seus pares selecionados por meio de do método de correlação. O resultado líquido é calculado subtraindo-se do resultado bruto os custos de corretagem e emolumentos.

| Resultado Cointegração | R\$ |
|--|-----------|
| Resultado Bruto | 986.541 |
| Resultado Líquido | 851.841 |
| Somatório Positivo | 1.843.127 |
| Somatório Negativo | -856.586 |
| Custos Corret+Emol | 134.700 |
| Quantidade de Operações | 449 |
| Quantidade de Operações com Ganho | 276 |
| Quantidade de Operações com Perda | 173 |
| % Acerto | 61,47% |
| Resultado Bruto por Operação | 2.197 |
| Resultado Médio por Operação com Ganho | 6.678 |
| Resultado Médio por Operação com Perda | (4.951) |
| Lucro Máximo | 41.833 |
| Prejuízo Máximo | -56.162 |

O número de operações foi muito inferior ao do método de correlação, quase a metade, o que resulta em um resultado bruto por operação de R\$ 2.197, que é cerca de 50% superior ao do método de correlação. O resultado médio por operação com ganho e com perda, também são superiores ao do outro método.

Observando trimestre a trimestre, verifica-se que o 2T08, o 4T09 e o 3T11, foram períodos nos quais as estratégias apresentaram grandes volumes de perdas. Comparativamente ao Ibovespa, foram períodos de grande volatilidade na bolsa brasileira, representado tanto por altas quanto por quedas na bolsa. Em particular o quarto trimestre de 2009, foi o período no qual foram realizadas o maior número de operações em todo os períodos de *backtest*. No trimestre em questão foram realizadas 88 estratégias de *Long & Short*, das quais 55% apresentaram ganho, enquanto os 45% restantes apresentaram prejuízo.

Gráfico 3 – Resultados Método de Cointegração por Trimestre em R\$ Mil



Já no segundo trimestre de 2008, somente uma estratégia registrou sozinha prejuízo de R\$ 56 mil, o maior prejuízo encontrado. O que possa ter sido resultado de algum fator fundamentalista ou fator externo de um dos papéis utilizados na estratégia, afetando drasticamente seu preço.

Foram encontrados em média 28 pares de ações que se cointegravam em cada trimestre, dois pares a mais do que no método de correlação. Da mesma forma que no método de correlação, pode-se supor a possibilidade de abertura de várias operações ao mesmo tempo. Logo, também, considera-se a possibilidade de abrir operações nos vinte e oito pares simultaneamente. O financeiro necessário para isto seria de R\$ 2.800 mil. Desta maneira, ao final dos quatro anos, obtém-se um resultado líquido de R\$ 851,8 mil em cima de um financeiro de R\$ 2.800 mil, equivalente a um retorno de 30,41%, sem utilizar caixa. Considerando que o caixa é aplicado a 100% do CDI em títulos públicos de alta liquidez, que junto com as ações *long* cobrem a margem necessária para a posição *short*, o mesmo renderia 51,23%⁵ nos quatro anos. Portanto podemos considerar o resultado final da estratégia como 81,64% (159,4% do CDI), que é a soma do retorno das operações (30,41%) mais a rentabilidade do caixa (51,23%).

Tabela 11 – Quantidade de Pares Cointegrados por Trimestre

Na Tabela temos a quantidade de pares cointegrados por trimestre. Em média tivemos vinte oito pares cointegrados por trimestre.

| Trimestre/Ano | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|------|------|------|------|
| 1T | 11 | 24 | 38 | 28 |
| 2T | 16 | 28 | 20 | 17 |
| 3T | 12 | 57 | 23 | 17 |
| 4T | 18 | 82 | 38 | 21 |
| Média de Pares Cointegrados por Período | | | | 28 |

⁵ CDI entre 01/01/2008 a 31/12/2011. Fonte: CETIP.

Tabela 12 - Resultados das Estratégias de Cointegração em cada Trimestre

A Tabela 12 demonstra os resultados das estratégias por meio de do método de cointegração subdivididos por período.

| ESTATÍSTICAS MÉTODO COINTEGRAÇÃO 2008 | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Data de Início Cointegração | 21/12/2006 | 23/03/2007 | 22/06/2007 | 25/09/2007 |
| Data da Fim Cointegração | 28/12/2007 | 31/03/2008 | 30/06/2008 | 30/09/2008 |
| Data Inicial Backtest | 02/01/2008 | 01/04/2008 | 01/07/2008 | 01/10/2008 |
| Data Final Backtest | 31/03/2008 | 30/06/2008 | 30/09/2008 | 30/12/2008 |
| SOMATÓRIO TOTAL | 12.790 | - 97.241 | 86.725 | 326.097 |
| Somatorio Positivo | 69.512 | 36.504 | 88.098 | 362.392 |
| Somatorio Negativo | -56.722 | -133.745 | - 1.372 | - 36.295 |
| Custos Corret+Emol | 3.900 | 5.400 | 3.600 | 7.800 |
| Num Oper Total | 13 | 18 | 12 | 26 |
| Num Oper Positivo | 5 | 8 | 11 | 19 |
| Num Oper Negativo | 8 | 10 | 1 | 7 |
| Lucro Máximo | 32.224 | 15.017 | 19.953 | 41.833 |
| Prejuízo Máximo | -19291 | - 56.162 | - 1.372 | - 13.906 |
| ESTATÍSTICAS MÉTODO COINTEGRAÇÃO 2009 | | | | |
| Data de Início Cointegração | 31/03/2008 | 01/04/2008 | 01/07/2008 | 29/09/2008 |
| Data da Fim Cointegração | 30/03/2009 | 31/03/2009 | 01/07/2009 | 30/09/2009 |
| Data Inicial Backtest | 02/01/2009 | 01/04/2009 | 02/07/2009 | 01/10/2009 |
| Data Final Backtest | 31/03/2009 | 30/06/2009 | 30/09/2009 | 30/12/2009 |
| SOMATÓRIO TOTAL | 19.809 | 15.129 | 127.857 | 51.963 |
| Somatorio Positivo | 19.809 | 59.424 | 149.753 | 255.595 |
| Somatorio Negativo | - | 44.295 | - 21.897 | - 203.632 |
| Custos Corret+Emol | 1.200 | 4.800 | 10.200 | 26.400 |
| Num Oper Total | 4 | 16 | 34 | 88 |
| Num Oper Positivo | 4 | 12 | 26 | 49 |
| Num Oper Negativo | 0 | 4 | 8 | 39 |
| Lucro Máximo | 5.907 | 16.367 | 31.584 | 16.867 |
| Prejuízo Máximo | - | 29.823 | - 6.727 | - 19.809 |
| ESTATÍSTICAS MÉTODO COINTEGRAÇÃO 2010 | | | | |
| Data de Início Cointegração | 23/12/2008 | 25/03/2009 | 25/06/2009 | 25/09/2009 |
| Data da Fim Cointegração | 30/12/2009 | 31/03/2010 | 30/06/2010 | 30/09/2010 |
| Data Inicial Backtest | 04/01/2010 | 01/04/2010 | 01/07/2010 | 01/10/2010 |
| Data Final Backtest | 31/03/2010 | 30/06/2010 | 30/09/2010 | 30/12/2010 |
| SOMATÓRIO TOTAL | 27.548 | 52.709 | 107.506 | 34.286 |
| Somatorio Positivo | 84.805 | 71.689 | 123.559 | 94.004 |
| Somatorio Negativo | - 57.258 | - 18.980 | - 16.053 | - 59.718 |
| Custos Corret+Emol | 10.800 | 6.000 | 8.100 | 11.700 |
| Num Oper Total | 36 | 20 | 27 | 39 |
| Num Oper Positivo | 20 | 12 | 21 | 22 |
| Num Oper Negativo | 16 | 8 | 6 | 17 |
| Lucro Máximo | 11.369 | 15.978 | 16.284 | 10.431 |
| Prejuízo Máximo | - 16.012 | - 8.563 | - 5.954 | - 12.207 |
| ESTATÍSTICAS MÉTODO COINTEGRAÇÃO 2011 | | | | |
| Data de Início Cointegração | 28/12/2009 | 30/03/2010 | 29/06/2010 | 30/09/2010 |
| Data da Fim Cointegração | 30/12/2010 | 31/03/2011 | 29/06/2011 | 30/09/2011 |
| Data Inicial Backtest | 03/01/2011 | 01/04/2011 | 01/07/2011 | 03/10/2011 |
| Data Final Backtest | 31/03/2011 | 30/06/2011 | 30/09/2011 | 29/12/2011 |
| SOMATÓRIO TOTAL | 42.414 | 44.245 | - 4.350 | 139.054 |
| Somatorio Positivo | 116.913 | 57.985 | 81.661 | 171.422 |
| Somatorio Negativo | - 74.499 | - 13.741 | - 86.011 | - 32.368 |
| Custos Corret+Emol | 9.000 | 5.400 | 8.400 | 12.000 |
| Num Oper Total | 30 | 18 | 28 | 40 |
| Num Oper Positivo | 17 | 14 | 13 | 23 |
| Num Oper Negativo | 13 | 4 | 15 | 17 |
| Lucro Máximo | 15.348 | 11.019 | 10.229 | 19.973 |
| Prejuízo Máximo | - 22.333 | - 7.853 | - 16.341 | - 4.828 |

6 CONCLUSÃO

Diversos estudos e reportagens mostram que fundos de investimentos em estratégias *Long & Short*, têm apresentado performance superior aos fundos existentes no mercado que utilizam outras estratégias como *long only*, ou seja, fundos de investimentos que compram ativos e os mantêm na carteira por tempo indeterminado.

Ao mesmo tempo, muitos estudos analisaram anteriormente a viabilidade da implementação destas estratégias no mercado brasileiro. No entanto, não foram encontrados em pesquisa realizada, estudos que comparassem estes dois métodos de seleção de pares no mesmo trabalho. Desta forma, a principal motivação desta dissertação, foi apresentar e comparar as duas metodologias mais utilizadas no mercado na implementação de estratégias *Pairs Trading*.

Dentro dos parâmetros e períodos testados, a metodologia de correlação se mostrou superior à metodologia de cointegração em função de um resultado bruto, líquido e um percentual de acerto superior. No entanto, considerando o retorno sobre o financeiro utilizado nas estratégias, a superioridade da metodologia de correlação sobre a de cointegração se torna menos relevante.

A principal conclusão é que de uma maneira geral, a implementação de estratégias *Pairs Trading* no mercado acionário brasileiro, gera valor econômico ao investidor. Os resultados obtidos demonstraram também que a estratégia é fortemente impactada pela volatilidade das ações. Períodos nos quais o mercado apresentou fortes altas e baixas tiveram impacto negativo nas estratégias. Adicionalmente, como observado pelos resultados, as estratégias de *Long & Short* não são estratégias que podem ser consideradas livres de risco.

Recomenda-se para trabalhos futuros o cálculo de cotas diárias dos resultados das operações para cálculo do VAR . Também seria apropriado, para que o estudo tenha uma maior aplicabilidade na prática, o cálculo dos retornos levando em conta as chamadas de margens realizadas pela Bovespa, no caso de queda das ações vendidas. Da mesma forma, seria interessante incorporar no custo de *bid* e *ask*, e cotações intra-diárias ao invés de utilizar somente os preços de fechamento, como é o caso desse estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, C. Optimal Hedging Using Cointegration. Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Series A, 357, p. 2039-2058, 1999.

ALEXANDER, C; DIMITRIU, A. The Cointegration Alpha: Enhanced Index Tracking and Long-Short Equity Market Neutral Strategies. ISMA Discussions Papers in Finance 2002-08, ISMA Centre, University of Reading, UK, 2002.

BALDASSO, Angelo P. (2010). Utilização da Estratégia Pairs Trading em Operações com Pares de Ações no Mercado Acionário Brasileiro por Investidores Individuais. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

BOURGEOIS, Yoann; MINKO, Marc. Presentation about Statistical Arbitrage (Stat-Arb), using Cointegration on the Equity Market. Derivatives Models Review Group (DMRG-Paris) HSBC CCF, 2005.

Brito, Sheyla C. S.. Comportamento de pares de ações no mercado brasileiro sob a ótica da cointegração, para preços intra-diários. Dissertação de Mestrado. São Paulo: EESP/FGV, 2011.

CALDEIRA, J. F.; PORTUGAL, M. S. Estratégia long-short, neutra ao mercado, e index tracking baseadas em portfólios cointegrados. Textos para discussão, UFRGS, 2009.

CALDEIRA, J. F.. Arbitragem Estatística e Estratégia *Long-Short Pairs Trading*, Abordagem da Cointegração Aplicada a Dados do Mercado Brasileiro. 2010.

CHAN, Ernest P.. Quantitative Trading. Wiley Trading. John Wiley & Sons, Inc. 2009.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimator for auto-regressive time series with a unit root. Journal of the American Statistical Association, v. 74, p. 427-31, 1979.

Enders, W. Applied Econometric Times Series. John Wiley & sons, New York. 2002.

ENGLE, R.F.; GRANGER, C.W.J.. Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. Econometrica, v. 55, p. 251-276. 1987.

EHRMAN, Douglas S. The Handbook of Pairs Trading. John Wiley & Sons, Inc., 2006.

GATEV, Evan; GOETZMANN, William N; ROUWENHORST, K. Geert, Pairs Trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule (February 2006). Yale ICF Working Paper No. 08-03. 2006.

JEGADEESH, N.; TITMAN, S. Short-Horizon Return Reversals and the Bid-Ask Spread. *Journal of Financial Intermediation*, 4, p.116-132, 1995.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 12(2), 231-254, 1988.

JOHANSEN, S., & JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration - with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210, 1990.

KABASHIMA, Ernesto. Pairs Trading: Aplicação no mercado acionário brasileiro. Dissertação de Mestrado. São Paulo: EESP/FGV, 2005.

MACKINNON, J. G), Critical values for cointegration tests,” Capt. 13 em Long-Run Economic Relationships: Readings in Cointegration, ed. R. F. Engle and C. W. J. Granger. Oxford, Oxford University Press, 1991.

PHILLIPS, Peter C B & OULIARIS, S, Asymptotic Properties of Residual Based Tests for Cointegration, *Econometrica*, Econometric Society, vol. 58(1), pages 165-93, 1990.

SANVICENTE, A. Z. . A Integração do Mercado Brasileiro de Ações ao Mercado Internacional: uma Aplicação de Análise de Cointegração. *Resenha Bmf*, São Paulo, n. 125, p. 31-43, 1998.

SHARPE, William, e ALEXANDER, Gordon, *Investments*, 4th edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1990.

VIDYAMURTHY, Ganapathy. Pairs Trading, Quantitative Methods and Analysis., John Wiley & Sons, Inc., 2004.

WANG, J. Pairs Trading with Robust Correlation. The University of British Columbia., 2009.

APÊNDICE A - AÇÕES UTILIZADAS NO ESTUDO

Tabela 13 - Ações Utilizadas no Estudo e suas Respectivas Empresas

A Tabela 13 apresenta as 78 ações utilizadas no estudo e suas respectivas empresas, além de duas ETFs que também foram utilizadas.

| Empresa | Código | Empresa | Código |
|---------------|--------|--------------------|--------|
| AES Tiete | GETI3 | Light S/A | LIGT3 |
| AES Tiete | GETI4 | Localiza | RENT3 |
| All Amer Lat | ALLL3 | Lojas Americ | LAME4 |
| Ambev | AMBV3 | Lojas Renner | LREN3 |
| Ambev | AMBV4 | Lopes Brasil | LPSB3 |
| Bradesco | BBDC3 | Lupatech | LUPA3 |
| Bradesco | BBDC4 | Natura | NATU3 |
| Bradespar | BRAP4 | Net | NETC4 |
| Brasil | BBAS3 | Odontoprev | ODPV3 |
| Brasil Telec | BRTO4 | OHL Brasil | OHLB3 |
| Braskem | BRKM5 | P.Acucar-Cbd | PCAR4 |
| BRF Foods | BRFS3 | Petrobras | PETR3 |
| CCR SA | CCRO3 | Petrobras | PETR4 |
| Cemig | CMIG3 | Porto Seguro | PSSA3 |
| Cemig | CMIG4 | Positivo Inf | POSI3 |
| Cesp | CESP6 | Randon Part | RAPT4 |
| Coelce | COCE5 | Rossi Resid | RSID3 |
| Confab | CNFB4 | Sabesp | SBSP3 |
| Copasa | CSMG3 | Saraiva Livr | SLED4 |
| Copel | CPLE6 | Sid Nacional | CSNA3 |
| Cosan | CSAN3 | Souza Cruz | CRUZ3 |
| CPFL Energia | CPFE3 | Suzano Papel | SUZB5 |
| Cyrela Realty | CYRE3 | Tam S/A | TAMM4 |
| Dasa | DASA3 | Telef Brasil | VIVT4 |
| Eletrobras | ELET3 | Telemar | TNLP3 |
| Eletrobras | ELET6 | Telemar | TNLP4 |
| Eletropaulo | ELPL4 | Telemar N L | TMAR5 |
| Embraer | EMBR3 | Tim Part S/A | TIMP3 |
| Energias BR | ENBR3 | Totvs | TOTS3 |
| Eternit | ETER3 | Tractebel | TBLE3 |
| Fibria | FIBR3 | Tran Paulist | TRPL4 |
| Gafisa | GFSA3 | Ultrapar | UGPA4 |
| Gerdau | GGBR3 | Usiminas | USIM3 |
| Gerdau | GGBR4 | Usiminas | USIM5 |
| Gerdau Met | GOAU4 | Vale | VALE3 |
| Gol | GOLL4 | Vale | VALE5 |
| Grendene | GRND3 | Valefert | FFTL4 |
| Itausa | ITSA4 | Valid | VLID3 |
| ItauUnibanco | ITUB4 | Pibb Ind Brasil 50 | PIBB11 |
| Klabin S/A | KLBN4 | Ibovespa Fundo | BOVA11 |

APÊNDICE B - CORRELAÇÕES DOS PARES E ESTATÍSTICAS-T

Tabela 14 - Correlação dos Pares e Estatísticas-t

A Tabela 14 corresponde a correlação entre os pares em cada período e a estatística-t da correlação. Como podemos observar a um nível de confiança de 95%, aceitamos todos os pares com correlação acima de 75% no estudo.

| Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t | Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t |
|--------|-------|------------|---------------|--------|-------|------------|---------------|
| AMBV3 | AMBV4 | 81,90% | 22,2429 | BBDC3 | ITSA4 | 78,30% | 19,6142 |
| BBDC3 | BBDC4 | 82,00% | 22,2888 | BBDC3 | ITUB4 | 80,00% | 20,7635 |
| BBDC3 | ITUB4 | 75,50% | 17,903 | BBDC4 | ITSA4 | 85,50% | 25,5908 |
| BBDC4 | ITSA4 | 79,60% | 20,4608 | BBDC4 | ITUB4 | 88,30% | 29,2296 |
| BBDC4 | ITUB4 | 86,70% | 27,0825 | BRAP4 | VALE3 | 89,80% | 31,8297 |
| BRAP4 | VALE3 | 89,90% | 31,9267 | BRAP4 | VALE5 | 88,40% | 29,4042 |
| BRAP4 | VALE5 | 88,80% | 30,0791 | CMIG3 | CMIG4 | 79,70% | 20,5219 |
| ELET3 | ELET6 | 89,70% | 31,5195 | ELET3 | ELET6 | 89,70% | 31,6247 |
| GGBR3 | GGBR4 | 82,20% | 22,4376 | GGBR3 | GGBR4 | 85,60% | 25,7518 |
| GGBR3 | GOAU4 | 76,40% | 18,4215 | GGBR3 | GOAU4 | 80,30% | 20,9484 |
| GGBR4 | GOAU4 | 90,00% | 32,0811 | GGBR4 | GOAU4 | 91,00% | 34,2255 |
| ITSA4 | ITUB4 | 90,20% | 32,4922 | GOLL4 | TAMM4 | 77,00% | 18,755 |
| PETR3 | PETR4 | 97,80% | 72,4534 | ITSA4 | ITUB4 | 95,30% | 48,8903 |
| CSNA3 | USIM5 | 77,90% | 19,3388 | PETR3 | PETR4 | 98,20% | 80,2689 |
| USIM3 | USIM5 | 87,80% | 28,5346 | USIM3 | USIM5 | 94,30% | 44,2704 |
| VALE3 | VALE5 | 97,60% | 69,9033 | VALE3 | VALE5 | 96,90% | 60,785 |
| PIBB11 | IBOV | 92,50% | 37,8137 | PIBB11 | IBOV | 91,40% | 35,1309 |
| AMBV3 | AMBV4 | 80,80% | 21,3082 | AMBV3 | AMBV4 | 82,30% | 22,602 |
| BBDC3 | BBDC4 | 84,10% | 24,1607 | BBDC3 | BBDC4 | 89,70% | 31,6158 |
| BBDC4 | ITSA4 | 83,70% | 23,7702 | BBDC3 | ITSA4 | 82,30% | 22,5917 |
| BBDC4 | ITUB4 | 86,90% | 27,3459 | BBDC3 | ITUB4 | 83,20% | 23,4245 |
| BRAP4 | VALE3 | 89,20% | 30,686 | BBDC4 | ITSA4 | 88,00% | 28,8767 |
| BRAP4 | VALE5 | 87,80% | 28,5924 | BBDC4 | ITUB4 | 90,50% | 33,2252 |
| ELET3 | ELET6 | 89,60% | 31,4155 | BRAP4 | VALE3 | 93,30% | 40,5088 |
| GGBR3 | GGBR4 | 82,20% | 22,4604 | BRAP4 | VALE5 | 91,80% | 36,0513 |
| GGBR3 | GOAU4 | 76,40% | 18,4449 | CMIG3 | CMIG4 | 83,20% | 23,4361 |
| GGBR4 | GOAU4 | 88,90% | 30,1633 | ELET3 | ELET6 | 90,30% | 32,9274 |
| ITSA4 | ITUB4 | 93,40% | 40,5484 | GGBR3 | GGBR4 | 90,60% | 33,5352 |
| PETR3 | PETR4 | 98,20% | 80,6018 | GGBR3 | GOAU4 | 88,40% | 29,5313 |
| USIM3 | USIM5 | 92,00% | 36,5474 | GGBR3 | CSNA3 | 76,70% | 18,6686 |
| VALE3 | VALE5 | 97,20% | 63,8461 | GGBR4 | GOAU4 | 94,50% | 45,0481 |
| PIBB11 | IBOV | 93,20% | 40,0754 | GGBR4 | CSNA3 | 78,50% | 19,7835 |
| AMBV3 | AMBV4 | 80,90% | 21,3882 | GGBR4 | USIM5 | 76,70% | 18,6629 |
| BBDC3 | BBDC4 | 87,10% | 27,5916 | GOAU4 | CSNA3 | 76,60% | 18,6082 |

| Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t | Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t |
|--------|-------|------------|---------------|--------|-------|------------|---------------|
| GOAU4 | USIM5 | 75,20% | 17,7947 | GOAU4 | CSNA3 | 81,00% | 21,693 |
| GOLL4 | TAMM4 | 75,50% | 17,9725 | GOAU4 | USIM3 | 76,60% | 18,6993 |
| ITSA4 | ITUB4 | 95,70% | 51,6 | GOAU4 | USIM5 | 80,20% | 21,0907 |
| PETR3 | PETR4 | 98,60% | 93,878 | ITSA4 | ITUB4 | 96,70% | 59,7567 |
| CSNA3 | USIM3 | 75,50% | 17,9948 | PETR3 | PETR4 | 98,30% | 84,4888 |
| CSNA3 | USIM5 | 79,30% | 20,3116 | CSNA3 | USIM3 | 78,10% | 19,638 |
| USIM3 | USIM5 | 95,20% | 48,7291 | CSNA3 | USIM5 | 83,60% | 23,9806 |
| VALE3 | VALE5 | 97,20% | 64,5645 | TNLP3 | TNLP4 | 79,40% | 20,5094 |
| PIBB11 | IBOV | 92,90% | 39,2329 | USIM3 | USIM5 | 95,40% | 49,9409 |
| AMBV3 | AMBV4 | 83,70% | 23,9969 | VALE3 | VALE5 | 97,50% | 68,8381 |
| BBDC3 | BBDC4 | 92,00% | 36,9501 | PIBB11 | IBOV | 94,30% | 44,7159 |
| BBDC3 | ITSA4 | 85,00% | 25,3998 | AMBV3 | AMBV4 | 84,40% | 24,8113 |
| BBDC3 | ITUB4 | 84,70% | 25,0367 | BBDC3 | BBDC4 | 91,00% | 34,6724 |
| BBDC4 | BBAS3 | 80,10% | 21,0105 | BBDC3 | BBAS3 | 75,70% | 18,2435 |
| BBDC4 | ITSA4 | 90,70% | 33,8804 | BBDC3 | ITSA4 | 85,60% | 26,0372 |
| BBDC4 | ITUB4 | 92,30% | 37,6816 | BBDC3 | ITUB4 | 85,20% | 25,6223 |
| BRAP4 | VALE3 | 94,70% | 46,3348 | BBDC4 | BBAS3 | 81,60% | 22,1987 |
| BRAP4 | VALE5 | 94,20% | 44,0476 | BBDC4 | ITSA4 | 91,10% | 34,7971 |
| BBAS3 | ITSA4 | 76,80% | 18,8373 | BBDC4 | ITUB4 | 93,00% | 39,9037 |
| BBAS3 | ITUB4 | 75,80% | 18,2379 | BRAP4 | VALE3 | 95,30% | 49,7181 |
| BRTO4 | TMAR5 | 76,40% | 18,5994 | BRAP4 | VALE5 | 95,00% | 47,8099 |
| CMIG3 | CMIG4 | 84,80% | 25,1423 | BBAS3 | ITSA4 | 78,40% | 19,8693 |
| CMIG4 | CPLE6 | 75,70% | 18,2221 | BBAS3 | ITUB4 | 77,20% | 19,1354 |
| CPLE6 | CPFE3 | 75,90% | 18,3443 | BRTO4 | TMAR5 | 81,40% | 22,037 |
| CYRE3 | GFSA3 | 85,10% | 25,457 | CMIG3 | CMIG4 | 85,10% | 25,528 |
| ELET3 | ELET6 | 91,60% | 35,8907 | CMIG4 | CPLE6 | 78,30% | 19,8298 |
| GGBR3 | GGBR4 | 93,60% | 41,9013 | CYRE3 | GFSA3 | 87,00% | 27,8293 |
| GGBR3 | GOAU4 | 93,00% | 39,8292 | ELET3 | ELET6 | 91,90% | 36,6648 |
| GGBR3 | CSNA3 | 80,50% | 21,2915 | GGBR3 | GGBR4 | 95,20% | 48,9169 |
| GGBR3 | USIM3 | 75,40% | 18,053 | GGBR3 | GOAU4 | 94,70% | 46,2176 |
| GGBR3 | USIM5 | 79,40% | 20,5109 | GGBR3 | CSNA3 | 82,20% | 22,7026 |
| GGBR4 | GOAU4 | 96,10% | 54,9845 | GGBR3 | USIM3 | 79,40% | 20,5489 |
| GGBR4 | CSNA3 | 83,50% | 23,8615 | GGBR3 | USIM5 | 83,50% | 23,8901 |
| GGBR4 | USIM3 | 79,30% | 20,4536 | GGBR4 | GOAU4 | 97,00% | 63,2347 |
| GGBR4 | USIM5 | 82,80% | 23,2181 | GGBR4 | CSNA3 | 86,00% | 26,4994 |

| Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t | Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t |
|--------|-------|------------|---------------|--------|-------|------------|---------------|
| GGBR4 | USIM3 | 83,20% | 23,6613 | GGBR4 | USIM3 | 82,70% | 23,1358 |
| GGBR4 | USIM5 | 86,30% | 26,9268 | GGBR4 | USIM5 | 85,20% | 25,5887 |
| GOAU4 | CSNA3 | 82,90% | 23,3692 | GOAU4 | CSNA3 | 84,10% | 24,4425 |
| GOAU4 | USIM3 | 80,70% | 21,5022 | GOAU4 | USIM3 | 80,40% | 21,2491 |
| GOAU4 | USIM5 | 84,20% | 24,568 | GOAU4 | USIM5 | 83,40% | 23,7973 |
| ITSA4 | ITUB4 | 96,80% | 60,2732 | ITSA4 | ITUB4 | 96,70% | 59,3513 |
| PETR3 | PETR4 | 98,30% | 84,2797 | PETR3 | PETR4 | 98,40% | 86,4648 |
| CSNA3 | USIM3 | 80,00% | 21,0242 | CSNA3 | USIM3 | 80,20% | 21,0651 |
| CSNA3 | USIM5 | 85,70% | 26,2344 | CSNA3 | USIM5 | 85,90% | 26,3979 |
| TNLP3 | TNLP4 | 81,90% | 22,4941 | TNLP3 | TNLP4 | 83,10% | 23,5202 |
| USIM3 | USIM5 | 94,90% | 47,2511 | TNLP4 | TMAR5 | 75,90% | 18,3107 |
| VALE3 | VALE5 | 97,90% | 76,1637 | USIM3 | USIM5 | 94,50% | 45,2823 |
| PIBB11 | IBOV | 94,00% | 43,5559 | VALE3 | VALE5 | 98,10% | 78,8078 |
| AMBV3 | AMBV4 | 84,60% | 24,9403 | PIBB11 | IBOV | 94,60% | 45,713 |
| BBDC3 | BBDC4 | 91,30% | 35,126 | AMBV3 | AMBV4 | 84,60% | 24,9087 |
| BBDC3 | ITSA4 | 85,70% | 26,1303 | BBDC3 | BBDC4 | 90,70% | 33,7725 |
| BBDC3 | ITUB4 | 85,30% | 25,6614 | BBDC3 | ITSA4 | 84,40% | 24,7089 |
| BBDC4 | BBAS3 | 79,90% | 20,9049 | BBDC3 | ITUB4 | 84,10% | 24,3393 |
| BBDC4 | ITSA4 | 91,30% | 35,1565 | BBDC4 | BBAS3 | 79,70% | 20,6634 |
| BBDC4 | ITUB4 | 93,10% | 40,1975 | BBDC4 | ITSA4 | 91,20% | 34,7696 |
| BRAP4 | VALE3 | 95,10% | 48,1536 | BBDC4 | ITUB4 | 92,70% | 38,7309 |
| BRAP4 | VALE5 | 94,90% | 47,5252 | BRAP4 | VALE3 | 94,20% | 44,097 |
| BBAS3 | ITSA4 | 76,50% | 18,6715 | BRAP4 | VALE5 | 94,30% | 44,6466 |
| BRTO4 | TMAR5 | 84,40% | 24,7482 | BBAS3 | ITSA4 | 75,80% | 18,2314 |
| CMIG3 | CMIG4 | 84,20% | 24,5684 | BRTO4 | TNLP4 | 75,50% | 18,0452 |
| CMIG4 | CPLE6 | 76,00% | 18,4039 | BRTO4 | TMAR5 | 85,20% | 25,5676 |
| CYRE3 | GFSA3 | 87,30% | 28,1993 | CMIG3 | CMIG4 | 82,40% | 22,7865 |
| ELET3 | ELET6 | 92,30% | 37,562 | CYRE3 | GFSA3 | 86,60% | 27,1299 |
| GGBR3 | GGBR4 | 95,60% | 51,0289 | ELET3 | ELET6 | 91,50% | 35,51 |
| GGBR3 | GOAU4 | 95,20% | 48,9786 | GGBR3 | GGBR4 | 95,60% | 51,3316 |
| GGBR3 | CSNA3 | 82,90% | 23,263 | GGBR3 | GOAU4 | 95,00% | 47,8326 |
| GGBR3 | USIM3 | 79,20% | 20,365 | GGBR3 | CSNA3 | 80,80% | 21,5213 |
| GGBR3 | USIM5 | 82,60% | 23,0151 | GGBR3 | USIM3 | 75,30% | 17,9746 |
| GGBR4 | GOAU4 | 97,40% | 67,9926 | GGBR3 | USIM5 | 79,60% | 20,6347 |
| GGBR4 | CSNA3 | 86,80% | 27,4256 | GGBR4 | GOAU4 | 97,20% | 64,6056 |

| Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t | Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t |
|--------|-------|------------|---------------|--------|-------|------------|---------------|
| GGBR4 | CSNA3 | 84,70% | 25,026 | GOAU4 | USIM5 | 75,30% | 17,8886 |
| GGBR4 | USIM3 | 79,00% | 20,1951 | ITSA4 | ITUB4 | 95,40% | 49,8225 |
| GGBR4 | USIM5 | 82,60% | 22,9478 | PETR3 | PETR4 | 97,40% | 66,9898 |
| GOAU4 | CSNA3 | 82,00% | 22,4564 | CSNA3 | USIM5 | 80,00% | 20,8163 |
| GOAU4 | USIM3 | 76,20% | 18,439 | TNLP3 | TNLP4 | 76,20% | 18,3631 |
| GOAU4 | USIM5 | 80,40% | 21,1758 | USIM3 | USIM5 | 90,80% | 33,7508 |
| ITSA4 | ITUB4 | 96,70% | 59,8941 | VALE3 | VALE5 | 98,10% | 78,2851 |
| PETR3 | PETR4 | 98,10% | 78,6113 | PIBB11 | IBOV | 90,70% | 33,5765 |
| CSNA3 | USIM3 | 77,00% | 18,9342 | AMBV3 | AMBV4 | 84,60% | 24,7373 |
| CSNA3 | USIM5 | 84,50% | 24,7889 | BBDC3 | BBDC4 | 91,40% | 35,2281 |
| TNLP3 | TNLP4 | 83,90% | 24,2097 | BBDC3 | ITSA4 | 79,20% | 20,2087 |
| TNLP4 | TMAR5 | 77,70% | 19,3397 | BBDC3 | ITUB4 | 82,80% | 23,0081 |
| USIM3 | USIM5 | 93,50% | 41,2045 | BBDC4 | ITSA4 | 84,20% | 24,3538 |
| VALE3 | VALE5 | 98,10% | 79,7223 | BBDC4 | ITUB4 | 88,90% | 30,3033 |
| PIBB11 | IBOV | 93,70% | 42,2353 | BRAP4 | VALE3 | 87,80% | 28,6595 |
| AMBV3 | AMBV4 | 83,30% | 23,4997 | BRAP4 | VALE5 | 88,50% | 29,5796 |
| BBDC3 | BBDC4 | 88,30% | 29,3229 | BRTO4 | TMAR5 | 80,90% | 21,4359 |
| BBDC3 | ITSA4 | 79,80% | 20,7002 | CYRE3 | GFSA3 | 82,20% | 22,5031 |
| BBDC3 | ITUB4 | 82,10% | 22,4558 | ELET3 | ELET6 | 88,20% | 29,1461 |
| BBDC4 | ITSA4 | 87,90% | 28,7584 | GGBR3 | GGBR4 | 96,60% | 57,8235 |
| BBDC4 | ITUB4 | 91,60% | 35,6513 | GGBR3 | GOAU4 | 94,80% | 46,3572 |
| BRAP4 | VALE3 | 90,80% | 33,8661 | GGBR3 | CSNA3 | 80,40% | 21,0571 |
| BRAP4 | VALE5 | 90,70% | 33,6282 | GGBR4 | GOAU4 | 96,40% | 56,6411 |
| BRTO4 | TMAR5 | 82,80% | 23,0499 | GGBR4 | CSNA3 | 81,40% | 21,8263 |
| CMIG3 | CMIG4 | 76,70% | 18,697 | GOAU4 | CSNA3 | 78,70% | 19,9079 |
| CYRE3 | GFSA3 | 84,30% | 24,53 | ITSA4 | ITUB4 | 94,20% | 43,6126 |
| ELET3 | ELET6 | 87,80% | 28,6712 | PETR3 | PETR4 | 95,70% | 51,3536 |
| GGBR3 | GGBR4 | 96,10% | 54,0937 | CSNA3 | USIM5 | 75,80% | 18,1231 |
| GGBR3 | GOAU4 | 94,20% | 44,0005 | TNLP4 | TMAR5 | 75,50% | 17,9509 |
| GGBR3 | CSNA3 | 80,20% | 20,9675 | USIM3 | USIM5 | 89,60% | 31,5 |
| GGBR3 | USIM5 | 75,20% | 17,8241 | VALE3 | VALE5 | 97,60% | 69,784 |
| GGBR4 | GOAU4 | 97,30% | 65,5709 | PIBB11 | IBOV | 89,20% | 30,8308 |
| GGBR4 | CSNA3 | 82,50% | 22,7717 | AMBV3 | AMBV4 | 81,10% | 21,6284 |
| GGBR4 | USIM5 | 75,60% | 18,0149 | BBDC3 | BBDC4 | 91,30% | 34,9502 |
| GOAU4 | CSNA3 | 80,40% | 21,1007 | BBDC3 | ITSA4 | 75,70% | 18,0926 |

| Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t | Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t |
|--------|-------|------------|---------------|--------|-------|------------|---------------|
| BBDC3 | ITUB4 | 80,40% | 21,0864 | GGBR3 | CSNA3 | 77,80% | 19,3424 |
| BBDC4 | ITSA4 | 82,50% | 22,7791 | GGBR4 | GOAU4 | 92,50% | 38,1221 |
| BBDC4 | ITUB4 | 87,30% | 27,958 | GGBR4 | CSNA3 | 79,70% | 20,6111 |
| BRAP4 | VALE3 | 88,50% | 29,6219 | ITSA4 | ITUB4 | 94,00% | 42,9093 |
| BRAP4 | VALE5 | 87,90% | 28,7363 | PETR3 | PETR4 | 94,10% | 43,2963 |
| BRT04 | TMAR5 | 75,40% | 17,9214 | CSNA3 | USIM5 | 76,30% | 18,4324 |
| CYRE3 | GFSA3 | 77,40% | 19,0744 | TNLP3 | TNLP4 | 78,20% | 19,5721 |
| ELET3 | ELET6 | 87,40% | 28,0325 | USIM3 | USIM5 | 90,70% | 33,5728 |
| GGBR3 | GGBR4 | 96,40% | 56,556 | VALE3 | VALE5 | 98,20% | 80,9841 |
| GGBR3 | GOAU4 | 90,70% | 33,6017 | PIBB11 | IBOV | 89,90% | 32,1364 |
| GGBR3 | CSNA3 | 79,70% | 20,6216 | AMBV3 | AMBV4 | 77,60% | 19,2611 |
| GGBR4 | GOAU4 | 92,90% | 39,3617 | BBDC3 | BBDC4 | 92,90% | 39,2806 |
| GGBR4 | CSNA3 | 81,20% | 21,7692 | BBDC3 | ITSA4 | 78,20% | 19,618 |
| GOAU4 | CSNA3 | 75,30% | 17,8945 | BBDC3 | ITUB4 | 84,30% | 24,5393 |
| ITSA4 | ITUB4 | 93,70% | 42,0792 | BBDC4 | ITSA4 | 80,90% | 21,57 |
| PETR3 | PETR4 | 94,70% | 46,1843 | BBDC4 | ITUB4 | 87,40% | 28,1524 |
| CSNA3 | USIM5 | 76,20% | 18,3984 | BRAP4 | VALE3 | 89,10% | 30,6758 |
| TNLP3 | TNLP4 | 76,10% | 18,3415 | BRAP4 | VALE5 | 88,10% | 29,1634 |
| USIM3 | USIM5 | 89,70% | 31,7498 | CMIG3 | CMIG4 | 78,00% | 19,5356 |
| VALE3 | VALE5 | 98,00% | 77,5309 | CYRE3 | GFSA3 | 77,80% | 19,3732 |
| PIBB11 | IBOV | 89,00% | 30,5444 | ELET3 | ELET6 | 91,90% | 36,4146 |
| AMBV3 | AMBV4 | 80,90% | 21,5345 | GGBR3 | GGBR4 | 96,30% | 55,5827 |
| BBDC3 | BBDC4 | 92,70% | 38,5455 | GGBR3 | GOAU4 | 89,00% | 30,4883 |
| BBDC3 | ITSA4 | 78,90% | 20,0375 | GGBR3 | CSNA3 | 75,10% | 17,7923 |
| BBDC3 | ITUB4 | 83,90% | 24,0649 | GGBR4 | GOAU4 | 92,00% | 36,8393 |
| BBDC4 | ITSA4 | 81,70% | 22,1623 | GGBR4 | CSNA3 | 76,80% | 18,754 |
| BBDC4 | ITUB4 | 87,50% | 28,2143 | ITSA4 | ITUB4 | 93,20% | 40,3224 |
| BRAP4 | VALE3 | 87,80% | 28,6814 | PETR3 | PETR4 | 94,80% | 46,5108 |
| BRAP4 | VALE5 | 87,60% | 28,3288 | CSNA3 | USIM5 | 77,20% | 19,038 |
| CMIG3 | CMIG4 | 77,30% | 19,0423 | TNLP3 | TNLP4 | 79,80% | 20,7208 |
| CYRE3 | GFSA3 | 78,70% | 19,9112 | USIM3 | USIM5 | 89,30% | 30,9838 |
| ELET3 | ELET6 | 89,90% | 32,0548 | VALE3 | VALE5 | 97,90% | 75,0137 |
| FIBR4 | SUZB5 | 75,90% | 18,2205 | PIBB11 | IBOV | 89,50% | 31,4121 |
| GGBR3 | GGBR4 | 96,40% | 57,0222 | AMBV3 | AMBV4 | 79,30% | 20,3992 |
| GGBR3 | GOAU4 | 89,90% | 32,0502 | BBDC3 | BBDC4 | 91,20% | 34,7874 |

| Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t | Ação1 | Ação2 | Correlação | Estatística-t |
|--------|--------|------------|---------------|-------|--------|------------|---------------|
| BBDC3 | ITSA4 | 76,90% | 18,8929 | GGBR4 | GGBR3 | 91,20% | 34,8862 |
| BBDC3 | ITUB4 | 83,10% | 23,4396 | VALE3 | BRAP4 | 88,00% | 29,0492 |
| BBDC4 | BBAS3 | 77,70% | 19,3444 | BBAS3 | ITSA4 | 78,00% | 19,5595 |
| BBDC4 | ITSA4 | 83,50% | 23,7774 | ITSA4 | BBDC3 | 79,00% | 20,2381 |
| BBDC4 | ITUB4 | 88,80% | 30,3582 | CYRE3 | GFSA3 | 75,70% | 18,1884 |
| BRAP4 | VALE3 | 89,30% | 31,1791 | AMBV4 | AMBV3 | 82,00% | 22,4287 |
| BRAP4 | VALE5 | 88,10% | 29,2018 | GOAU4 | GGBR3 | 87,90% | 28,9127 |
| BBAS3 | ITUB4 | 76,60% | 18,7114 | TNLP4 | TNLP3 | 78,10% | 19,582 |
| CMIG3 | CMIG4 | 78,90% | 20,1537 | ELET3 | ELET6 | 91,30% | 35,101 |
| CYRE3 | GFSA3 | 79,60% | 20,5978 | IBOV | PIBB11 | 88,70% | 30,1354 |
| ELET3 | ELET6 | 90,90% | 34,2859 | PETR4 | PETR3 | 96,50% | 57,9065 |
| GFSA3 | RSID3 | 76,10% | 18,3878 | VALE5 | VALE3 | 97,50% | 69,6754 |
| GGBR3 | GGBR4 | 96,10% | 54,4274 | VALE5 | BRAP4 | 91,40% | 35,4988 |
| GGBR3 | GOAU4 | 89,10% | 30,7732 | ITUB4 | BBDC4 | 91,60% | 35,9472 |
| GGBR4 | GOAU4 | 93,10% | 39,9004 | ITUB4 | BBAS3 | 83,40% | 23,7371 |
| GGBR4 | CSNA3 | 76,10% | 18,3694 | ITUB4 | ITSA4 | 96,10% | 54,2588 |
| ITSA4 | ITUB4 | 94,20% | 44,1454 | ITUB4 | BBDC3 | 85,60% | 25,9917 |
| PETR3 | PETR4 | 94,90% | 46,9717 | BBDC4 | BBAS3 | 86,00% | 26,4521 |
| TNLP3 | TNLP4 | 75,00% | 17,7867 | BBDC4 | ITSA4 | 88,90% | 30,4332 |
| USIM3 | USIM5 | 75,30% | 17,9407 | BBDC4 | BBDC3 | 92,50% | 38,1549 |
| VALE3 | VALE5 | 97,70% | 71,0763 | GGBR4 | CSNA3 | 75,90% | 18,3163 |
| PIBB11 | IBOV | 88,30% | 29,5069 | GGBR4 | GOAU4 | 95,80% | 52,5482 |
| IBOV | PIBB11 | 85,10% | 25,43 | GGBR4 | GGBR3 | 91,90% | 36,7215 |
| PETR4 | PETR3 | 94,50% | 45,4586 | VALE3 | BRAP4 | 92,20% | 37,3771 |
| VALE5 | VALE3 | 96,90% | 61,7279 | BBAS3 | ITSA4 | 82,30% | 22,7761 |
| VALE5 | BRAP4 | 87,50% | 28,3685 | BBAS3 | BBDC3 | 78,80% | 20,1326 |
| ITUB4 | BBDC4 | 90,40% | 33,1662 | ITSA4 | BBDC3 | 83,60% | 23,9528 |
| ITUB4 | BBAS3 | 79,20% | 20,367 | CYRE3 | GFSA3 | 79,20% | 20,4116 |
| ITUB4 | ITSA4 | 94,80% | 46,5073 | CYRE3 | RSID3 | 79,70% | 20,7579 |
| ITUB4 | BBDC3 | 83,30% | 23,6208 | GFSA3 | RSID3 | 81,40% | 22,0124 |
| BBDC4 | BBAS3 | 82,30% | 22,7443 | AMBV4 | AMBV3 | 82,50% | 22,9192 |
| BBDC4 | ITSA4 | 85,50% | 25,8858 | GOAU4 | GGBR3 | 88,90% | 30,4443 |
| BBDC4 | BBDC3 | 89,50% | 31,4842 | TNLP4 | TNLP3 | 77,90% | 19,5551 |
| GGBR4 | GOAU4 | 95,90% | 52,8308 | ELET3 | ELET6 | 91,80% | 36,5006 |

APÊNDICE C – PARES UTILIZADOS ESTRATÉGIAS DE COINTEGRAÇÃO

Tabela 15 - Pares Utilizados nas Estratégias de Cointegração

A Tabela 15 corresponde aos pares que se cointegraram entre os anos de 2007 e 2010. Para cada par, temos os valores do intercepto da reta de mínimos quadrados ordinários, a meia vida calculada por meio de Ornstein-Uhlenbeck em dias, o beta da cointegração (inclinação) e o desvio padrão da série dos resíduos.

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AMBV3 | AMBV4 | 4,779137323 | 4,568487829 | 0,801311304 | 0,39738102 |
| BBAS3 | BBDC3 | 3,325690218 | 4,681049676 | 0,951497951 | 0,780857927 |
| BBDC3 | ITUB4 | 4,753080267 | 4,597843698 | 0,96362617 | 0,706740859 |
| BRT04 | TMAR5 | 6,776669374 | 6,980315079 | 2,352271926 | 1,696403462 |
| CPL6 | CMIG3 | 1,24333848 | 8,321402903 | 0,70311525 | 0,946424666 |
| ELET3 | ELET6 | -4,3590514 | 5,883980028 | 1,460885544 | 0,53570989 |
| NATU3 | GRND3 | 5,060913408 | 10,22575158 | 0,058632841 | 0,313296422 |
| NETC4 | TIMP3 | 8,01526142 | 9,680090125 | 0,081036575 | 0,777219293 |
| TBLE3 | TRPL4 | -4,9078344 | 5,171696173 | 1,630180554 | 1,313966989 |
| TOTS3 | POS3 | -25,2337066 | 8,990067272 | 5,497432038 | 3,98339946 |
| VIVT4 | TIMP3 | 8,518397356 | 10,74694766 | 0,051047796 | 0,798056328 |
| BBDC3 | ITSA4 | 1,29045514 | 7,530172211 | 0,28857058 | 0,310183086 |
| BBDC4 | ITUB4 | 6,321559744 | 10,96148731 | 0,869146322 | 0,931037219 |
| BRFS3 | AMBV4 | 15,29891464 | 7,540036465 | 0,361533949 | 0,986689688 |
| CESP6 | GETI3 | 8,887045527 | 7,253625654 | 0,076242748 | 0,581496703 |
| ELET3 | CPFE3 | 2,031911749 | 5,513069411 | 0,689870268 | 0,576843207 |
| ELET3 | GETI4 | 7,135344715 | 10,61725138 | 0,2077094 | 0,54386503 |
| ELET6 | CPFE3 | 2,249062173 | 5,203238592 | 0,559661295 | 0,512414666 |
| ELET6 | GETI4 | 7,11248483 | 10,5106192 | 0,173118122 | 0,534360063 |
| EMBR3 | GOLL4 | -66,3618434 | 4,697629282 | 5,822236188 | 3,88137791 |
| ENBR3 | GETI3 | 10,42812928 | 9,359410229 | 0,042264948 | 0,705637778 |
| ENBR3 | GETI4 | 7,293321562 | 5,552246737 | 0,129112713 | 0,403443974 |
| LIGT3 | GETI4 | 7,596283451 | 10,43590271 | 0,168170808 | 0,542839879 |
| LIGT3 | TBLE3 | 4,857465211 | 10,10107929 | 0,718842397 | 1,158094532 |
| NETC4 | TIMP3 | 4,177363594 | 8,446362562 | 0,206866523 | 0,674327787 |
| OHLB3 | CCRO3 | 15,4062808 | 8,577815522 | 0,372460623 | 1,482530339 |
| TAMM4 | EMBR3 | 11,92365277 | 6,987252489 | 0,158693516 | 0,825747636 |
| BBDC3 | ITUB4 | 4,357543617 | 9,979304737 | 1,002273774 | 1,189792693 |
| CCRO3 | OHLB3 | -24,3898129 | 7,489756701 | 1,930470838 | 2,800806352 |
| CMIG3 | TBLE3 | 14,89593906 | 9,864172928 | 0,174812495 | 1,275354471 |
| CMIG4 | TBLE3 | 10,50166337 | 7,187638416 | 0,377377734 | 1,078436322 |
| COCE5 | ELET6 | 10,53176698 | 7,789421072 | 0,66013294 | 1,234624576 |
| CPL6 | ENBR3 | -12,782646 | 5,608604675 | 1,449348749 | 1,66833577 |
| CSMG3 | SBSP3 | 13,81919388 | 4,358676635 | 1,01738685 | 1,469816247 |
| ELET3 | TBLE3 | 9,336343337 | 7,401931989 | 0,532487938 | 1,12417894 |
| ELET6 | TBLE3 | 7,519925134 | 7,071671273 | 0,531692275 | 1,098819302 |
| GGBR3 | GGBR4 | -1,37296614 | 2,488030381 | 1,314941391 | 0,464835528 |
| GGBR4 | GOAU4 | -2,14625553 | 4,30402191 | 1,384047868 | 0,701444158 |
| NETC4 | VIVT4 | 16,19417573 | 5,267597467 | 0,713925203 | 1,531811524 |
| ALL3 | CCRO3 | 13,53227156 | 10,43391552 | 0,553130247 | 1,837772167 |
| AMBV3 | CRUZ3 | 5,833808502 | 4,165960975 | 0,07300974 | 0,34551787 |
| AMBV4 | CRUZ3 | 5,487565968 | 4,29105597 | 0,083388386 | 0,340143965 |
| CCRO3 | OHLB3 | -14,3555694 | 7,892573733 | 1,503264746 | 2,184525383 |
| CMIG3 | LIGT3 | 6,547708969 | 10,20721763 | 0,570326611 | 1,206727047 |
| CMIG4 | GETI4 | 4,568064617 | 8,349695121 | 0,310259215 | 0,5435167 |
| CMIG4 | TBLE3 | 9,04154433 | 6,392932611 | 0,458926582 | 0,895834095 |

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| AMBV4 | CRUZ3 | 5,487565968 | 4,29105597 | 0,083388386 | 0,340143965 |
| CCRO3 | OHLB3 | -14,3555694 | 7,892573733 | 1,503264746 | 2,184525383 |
| CMIG3 | LIGT3 | 6,547708969 | 10,20721763 | 0,570326611 | 1,206727047 |
| CMIG4 | GETI4 | 4,568064617 | 8,349695121 | 0,310259215 | 0,5435167 |
| CMIG4 | TBLE3 | 9,04154433 | 6,392932611 | 0,458926582 | 0,895834095 |
| COCE5 | CPFE3 | 4,732602088 | 7,451644683 | 0,665824064 | 0,774759738 |
| CPLE6 | ELET6 | 5,7539341 | 3,529087375 | 0,566703762 | 0,711004766 |
| CPLE6 | TBLE3 | 6,401909338 | 7,116344556 | 0,471537355 | 0,919930561 |
| ENBR3 | TBLE3 | 9,425058224 | 6,293021479 | 0,378631375 | 0,910473856 |
| GETI4 | ELET3 | 3,368352022 | 8,82955826 | 1,246043633 | 1,185904304 |
| GETI4 | TRPL4 | -10,6936409 | 7,576334871 | 3,760470278 | 2,018252583 |
| GGBR3 | GGBR4 | -1,31794264 | 2,588868306 | 1,309913472 | 0,512843894 |
| GGBR3 | GOAU4 | -3,40362516 | 2,444783895 | 1,799522979 | 0,765311269 |
| GRND3 | LAME4 | -9,95452057 | 5,088797429 | 4,534811976 | 0,997142236 |
| ITUB4 | BBDC3 | -2,59083328 | 7,643842293 | 0,913991322 | 0,985103994 |
| VALE3 | VALE5 | 4,706255532 | 4,013067173 | 0,736441977 | 0,524277474 |
| BBAS3 | ITSA4 | 3,458042719 | 5,825446572 | 0,222679348 | 0,385056098 |
| BBDC3 | ITSA4 | 2,303027608 | 7,567364739 | 0,260353143 | 0,390794295 |
| BBDC4 | ITSA4 | 2,071714287 | 9,860411741 | 0,235760981 | 0,37151982 |
| BRAP4 | VALE3 | 2,83956171 | 3,940809509 | 1,271738896 | 0,79696871 |
| BRAP4 | VALE5 | 5,084095263 | 2,763085591 | 0,974094927 | 0,552556386 |
| BRT04 | TMAR5 | 13,52952595 | 4,346765755 | 2,758715724 | 2,279692154 |
| CESP6 | CMIG3 | 10,82026886 | 7,983662877 | 0,245929022 | 1,035425459 |
| CESP6 | CMIG4 | 17,72514296 | 7,204929827 | 0,137647896 | 1,358167889 |
| CESP6 | ENBR3 | 14,76971943 | 4,628893708 | 0,388496011 | 1,13085582 |
| CESP6 | TBLE3 | 13,4188811 | 4,073601468 | 0,205364911 | 0,790093743 |
| CMIG3 | ENBR3 | 1,817949464 | 7,268295314 | 1,314001432 | 1,416357138 |
| CPLE6 | CMIG3 | 1,348460209 | 7,467305013 | 0,59983844 | 0,912174717 |
| CPLE6 | CMIG4 | 10,79361261 | 8,470521125 | 0,404414335 | 1,123269952 |
| CPLE6 | TBLE3 | 5,820010421 | 5,068966845 | 0,487811648 | 0,765569462 |
| ELET3 | CMIG4 | 6,773373346 | 8,512899349 | 0,795530446 | 1,2866704 |
| ELET6 | CMIG4 | 5,906831483 | 10,47331563 | 0,719021497 | 1,399875239 |
| ELET6 | TBLE3 | 1,939587464 | 10,51177131 | 0,76732038 | 1,377404744 |
| ENBR3 | CMIG4 | 11,35622841 | 6,330126747 | 0,405252063 | 1,144900623 |
| ENBR3 | TBLE3 | 6,779511848 | 5,010742383 | 0,476225593 | 0,880200286 |
| GETI3 | CMIG4 | 13,36015425 | 7,340906144 | 0,641217383 | 1,333431019 |
| GGBR3 | GOAU4 | -0,39362803 | 1,9989231 | 1,685880325 | 0,549308758 |
| GRND3 | LAME4 | -6,86335428 | 9,560257731 | 3,801243175 | 1,031714622 |
| TBLE3 | CMIG4 | 8,753977867 | 6,976010428 | 0,668939499 | 1,252763674 |
| TRPL4 | CMIG4 | 4,731150375 | 7,465411729 | 0,483537134 | 1,19767919 |
| BBAS3 | ITSA4 | 3,457747247 | 5,815237097 | 0,222730092 | 0,384965358 |
| BBDC3 | ITSA4 | 2,311196315 | 7,567645259 | 0,260100865 | 0,391456953 |
| BBDC4 | ITSA4 | 2,0768641 | 9,938418615 | 0,235665703 | 0,371710078 |
| BRAP4 | VALE3 | 2,804944102 | 3,969474056 | 1,273217337 | 0,788475528 |
| BRAP4 | VALE5 | 5,055224352 | 2,831483002 | 0,97520181 | 0,551116637 |
| BRT04 | TMAR5 | 13,53032804 | 4,31337262 | 2,758888404 | 2,279694299 |

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| CESP6 | CMIG3 | 10,80546118 | 8,445020287 | 0,247511706 | 1,014548212 |
| CESP6 | CMIG4 | 17,70944972 | 7,48064234 | 0,139513351 | 1,334202545 |
| CESP6 | ENBR3 | 14,76226415 | 4,916269325 | 0,389879951 | 1,111184779 |
| CESP6 | TBLE3 | 13,40204452 | 4,094130691 | 0,206245668 | 0,789884166 |
| CMIG3 | CMIG4 | 9,89239698 | 7,957682163 | 0,674427646 | 0,92008799 |
| CMIG3 | ENBR3 | 1,786677256 | 7,139956444 | 1,315666272 | 1,413845405 |
| COCE5 | LIGT3 | 6,915118772 | 6,927689298 | 0,656564431 | 1,077061511 |
| CPLE6 | CMIG4 | 10,80187021 | 8,521400166 | 0,404795179 | 1,104024271 |
| CPLE6 | TBLE3 | 5,792900308 | 5,128575606 | 0,488708302 | 0,768520954 |
| ELET3 | CMIG4 | 6,819475692 | 8,597692791 | 0,793600522 | 1,274380154 |
| ELET6 | CMIG4 | 5,984910764 | 10,50460604 | 0,715590465 | 1,389675033 |
| ELET6 | TBLE3 | 1,980862077 | 10,99233536 | 0,764504585 | 1,386362739 |
| ENBR3 | CMIG4 | 11,39046836 | 6,306692424 | 0,404330928 | 1,131314363 |
| ENBR3 | TBLE3 | 6,744192692 | 5,132141327 | 0,477351694 | 0,883275096 |
| GETI3 | CMIG4 | 13,36000813 | 7,49491132 | 0,642215164 | 1,317785393 |
| GETI3 | TRPL4 | 24,18192471 | 7,037154825 | 0,751270263 | 2,164455532 |
| GGBR3 | GOAU4 | -0,39288727 | 1,970914118 | 1,686069232 | 0,54561327 |
| GRND3 | LAME4 | -6,81299376 | 9,367289555 | 3,787903254 | 1,028985456 |
| LAME4 | LREN3 | -2,88848737 | 6,877977667 | 2,972822255 | 1,993806415 |
| PETR3 | PETR4 | -0,22894127 | 5,943744186 | 0,816925385 | 0,422629749 |
| TBLE3 | CMIG4 | 8,787077129 | 7,174615841 | 0,668197888 | 1,235979614 |
| TRPL4 | CMIG4 | 4,952419889 | 7,682319554 | 0,476579728 | 1,202300347 |
| BBAS3 | BBDC3 | 5,48233655 | 7,648215641 | 0,759345103 | 0,919306734 |
| BBAS3 | BBDC4 | 6,811493947 | 4,705782882 | 0,869278531 | 0,840534013 |
| BBAS3 | ITSA4 | 3,023105296 | 7,699812487 | 0,26068538 | 0,430063683 |
| BBAS3 | ITUB4 | 10,76940154 | 5,826566228 | 0,837067494 | 1,381401283 |
| BBDC3 | ITUB4 | 6,49048082 | 10,42030546 | 0,998380632 | 1,512857803 |
| BRAP4 | VALE3 | 4,572496703 | 3,774449039 | 1,180053196 | 0,710647809 |
| BRAP4 | VALE5 | 5,657562619 | 5,056085969 | 0,936325174 | 0,680453319 |
| BRTO4 | TMAR5 | 7,426488157 | 2,048122299 | 3,274625274 | 1,3795976 |
| CESP6 | CMIG3 | 10,73509318 | 8,507377964 | 0,261911567 | 0,869949397 |
| CESP6 | CMIG4 | 17,63142513 | 5,951236646 | 0,164815177 | 1,058701769 |
| CESP6 | ELET3 | 14,715456 | 5,107163849 | 0,157421524 | 0,967552529 |
| CESP6 | TBLE3 | 13,57500475 | 4,184613095 | 0,181203202 | 0,731509821 |
| CESP6 | TRPL4 | 29,62664817 | 7,470640029 | 0,234517451 | 2,058698911 |
| CMIG3 | CMIG4 | 10,11784309 | 6,667963715 | 0,679685472 | 0,790604951 |
| CMIG3 | CPFE3 | 7,744623483 | 5,047223477 | 0,367103019 | 0,555056496 |
| CMIG3 | TRPL4 | 20,96526317 | 8,169003387 | 0,832190726 | 1,988982747 |
| CMIG4 | TBLE3 | 3,27589311 | 5,187679183 | 0,652788716 | 0,862560149 |
| CMIG4 | TRPL4 | 8,750591341 | 6,289384929 | 1,215853061 | 1,749454008 |
| CNFB4 | CSNA3 | -4,12256448 | 7,754526582 | 6,023303377 | 1,809247009 |
| CNFB4 | USIM3 | -11,3397422 | 8,974077338 | 7,741363069 | 2,283826676 |
| CNFB4 | USIM5 | -10,395231 | 10,01609485 | 7,697710566 | 2,352032646 |
| CPLE6 | CMIG4 | 10,88416469 | 5,361322183 | 0,405317834 | 0,783424751 |
| CPLE6 | CPFE3 | 8,054370323 | 5,597118768 | 0,2233786 | 0,536801053 |
| CPLE6 | ELET3 | 9,324408148 | 5,453578315 | 0,341984033 | 0,866569787 |

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| CPL6 | TBLE3 | 8,805016603 | 6,217190093 | 0,332126898 | 0,816055844 |
| CPL6 | TRPL4 | 19,7851472 | 6,823735359 | 0,587049121 | 1,763620332 |
| ELET3 | CMIG4 | 8,738896238 | 7,314541998 | 0,670519496 | 1,103348006 |
| ELET3 | TBLE3 | 6,319641645 | 6,309244093 | 0,591481039 | 0,993962539 |
| ELET3 | TRPL4 | 13,93497064 | 6,033502844 | 1,129678631 | 1,948932358 |
| ELET6 | CMIG4 | 12,1163865 | 9,11960745 | 0,400350165 | 1,253724379 |
| ELPL4 | CMIG4 | 15,0836241 | 7,474906482 | 0,335261153 | 1,192798101 |
| LAME4 | LREN3 | -2,88848737 | 6,877977667 | 2,972822255 | 1,993806415 |
| PETR3 | PETR4 | -0,22894127 | 5,943744186 | 0,816925385 | 0,422629749 |
| TBLE3 | CMIG4 | 8,787077129 | 7,174615841 | 0,668197888 | 1,235979614 |
| TRPL4 | CMIG4 | 4,952419889 | 7,682319554 | 0,476579728 | 1,202300347 |
| BBAS3 | BBDC3 | 5,48233655 | 7,648215641 | 0,759345103 | 0,919306734 |
| BBAS3 | BBDC4 | 6,811493947 | 4,705782882 | 0,869278531 | 0,840534013 |
| BBAS3 | ITSA4 | 3,023105296 | 7,699812487 | 0,26068538 | 0,430063683 |
| BBAS3 | ITUB4 | 10,76940154 | 5,826566228 | 0,837067494 | 1,381401283 |
| BBDC3 | ITUB4 | 6,49048082 | 10,42030546 | 0,998380632 | 1,512857803 |
| BRAP4 | VALE3 | 4,572496703 | 3,774449039 | 1,180053196 | 0,710647809 |
| BRAP4 | VALE5 | 5,657562619 | 5,056085969 | 0,936325174 | 0,680453319 |
| BRT04 | TMAR5 | 7,426488157 | 2,048122299 | 3,274625274 | 1,3795976 |
| CESP6 | CMIG3 | 10,73509318 | 8,507377964 | 0,261911567 | 0,869949397 |
| CESP6 | CMIG4 | 17,63142513 | 5,951236646 | 0,164815177 | 1,058701769 |
| CESP6 | ELET3 | 14,715456 | 5,107163849 | 0,157421524 | 0,967552529 |
| CESP6 | TBLE3 | 13,57500475 | 4,184613095 | 0,181203202 | 0,731509821 |
| CESP6 | TRPL4 | 29,62664817 | 7,470640029 | 0,234517451 | 2,058698911 |
| CMIG3 | CMIG4 | 10,11784309 | 6,667963715 | 0,679685472 | 0,790604951 |
| CMIG3 | CPFE3 | 7,744623483 | 5,047223477 | 0,367103019 | 0,555056496 |
| CMIG3 | TRPL4 | 20,96526317 | 8,169003387 | 0,832190726 | 1,988982747 |
| CMIG4 | TBLE3 | 3,27589311 | 5,187679183 | 0,652788716 | 0,862560149 |
| CMIG4 | TRPL4 | 8,750591341 | 6,289384929 | 1,215853061 | 1,749454008 |
| CNFB4 | CSNA3 | -4,12256448 | 7,754526582 | 6,023303377 | 1,809247009 |
| CNFB4 | USIM3 | -11,3397422 | 8,974077338 | 7,741363069 | 2,283826676 |
| CNFB4 | USIM5 | -10,395231 | 10,01609485 | 7,697710566 | 2,352032646 |
| CPL6 | CMIG4 | 10,88416469 | 5,361322183 | 0,405317834 | 0,783424751 |
| CPL6 | CPFE3 | 8,054370323 | 5,597118768 | 0,2233786 | 0,536801053 |
| CPL6 | ELET3 | 9,324408148 | 5,453578315 | 0,341984033 | 0,866569787 |
| CPL6 | TBLE3 | 8,805016603 | 6,217190093 | 0,332126898 | 0,816055844 |
| CPL6 | TRPL4 | 19,7851472 | 6,823735359 | 0,587049121 | 1,763620332 |
| ELET3 | CMIG4 | 8,738896238 | 7,314541998 | 0,670519496 | 1,103348006 |
| ELET3 | TBLE3 | 6,319641645 | 6,309244093 | 0,591481039 | 0,993962539 |
| ELET3 | TRPL4 | 13,93497064 | 6,033502844 | 1,129678631 | 1,948932358 |
| ELET6 | CMIG4 | 12,1163865 | 9,11960745 | 0,400350165 | 1,253724379 |
| ELPL4 | CMIG4 | 15,0836241 | 7,474906482 | 0,335261153 | 1,192798101 |
| ELPL4 | ELET3 | 11,91080581 | 6,543548755 | 0,343886288 | 1,063557059 |
| ELPL4 | TRPL4 | 19,433879 | 3,58343555 | 0,895804812 | 1,380940383 |
| ENBR3 | CESP6 | -21,9331251 | 10,71319606 | 1,747300322 | 2,901772978 |
| ENBR3 | CMIG3 | 4,097450593 | 9,456567102 | 0,498301218 | 1,015120206 |

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|-------|--------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| ENBR3 | CMIG4 | 11,94477837 | 4,660105601 | 0,382307824 | 0,924761562 |
| ENBR3 | CPFE3 | 8,395858181 | 4,953575494 | 0,221762827 | 0,569268083 |
| ENBR3 | ELET3 | 9,349824501 | 4,460132465 | 0,362156472 | 0,843125341 |
| ENBR3 | TBLE3 | 9,681839774 | 5,979970881 | 0,31291994 | 0,910922514 |
| ENBR3 | TRPL4 | 18,39279219 | 4,080497191 | 0,687057557 | 1,52419273 |
| GETI3 | CMIG4 | 15,43290552 | 6,799493896 | 0,444558917 | 1,194737149 |
| GETI3 | CPFE3 | 10,19822557 | 6,117655551 | 0,277884512 | 0,696879657 |
| GETI3 | ELET3 | 11,81717224 | 5,04821914 | 0,496922582 | 1,011637093 |
| GETI3 | ENBR3 | 7,035348277 | 10,29435018 | 1,351978043 | 1,594195034 |
| GETI3 | TBLE3 | 13,16116626 | 8,62443613 | 0,307333838 | 1,150092618 |
| GETI3 | TRPL4 | 20,75178632 | 3,901571844 | 1,15300897 | 1,47496216 |
| GETI4 | CMIG4 | 18,03646373 | 8,160842105 | 0,189073625 | 1,372628479 |
| GETI4 | LIGT3 | 4,694444025 | 4,722038253 | 0,982033185 | 0,855063647 |
| GETI4 | TRPL4 | 21,76918353 | 5,646512418 | 0,960798272 | 1,752540252 |
| GGBR3 | GGBR4 | 0,280120863 | 4,708434264 | 1,237339052 | 0,459681579 |
| GGBR3 | GOAU4 | -0,15033855 | 1,912784218 | 1,668287081 | 0,414248557 |
| IBOV | PIBB11 | 1,191686864 | 2,786361538 | 0,001441006 | 1,13821228 |
| NETC4 | TIMP3 | 5,145785858 | 9,904050768 | 0,057097825 | 0,739981163 |
| TNLP3 | TNLP4 | 4,309918832 | 3,644170316 | 0,671083649 | 0,778616589 |
| TRPL4 | CPFE3 | 4,959050238 | 5,255383648 | 0,248111016 | 0,581706049 |
| USIM3 | USIM5 | 0,825329388 | 2,626677034 | 0,997756112 | 0,34400914 |
| VALE3 | VALE5 | 2,058333566 | 5,615215775 | 0,792539391 | 0,439275492 |
| BBAS3 | BBDC3 | 8,900899739 | 5,240336306 | 0,490270333 | 0,774878486 |
| BBAS3 | ITSA4 | 2,922586356 | 7,763706862 | 0,27330016 | 0,415488928 |
| BBAS3 | ITUB4 | 10,57823607 | 6,018203086 | 0,860190893 | 1,34251115 |
| BRAP4 | VALE3 | 7,541839058 | 4,303280358 | 1,022614873 | 0,798106997 |
| BRAP4 | VALE5 | 7,46910217 | 2,724997217 | 0,839370943 | 0,480612433 |
| BRFS3 | PCAR4 | -2,95354495 | 4,454875538 | 2,202448357 | 2,148928903 |
| BRKM5 | LUPA3 | 22,41769742 | 10,17428195 | 0,153732178 | 3,429428274 |
| BRT04 | TMAR5 | 2,242796341 | 1,431832155 | 3,720548848 | 1,009083219 |
| BRT04 | VIVT4 | 25,69719173 | 6,310905377 | 0,689932606 | 1,55560278 |
| CESP6 | CMIG3 | 10,71694815 | 7,815989376 | 0,260344531 | 0,805892877 |
| CESP6 | CMIG4 | 17,04428178 | 5,229580077 | 0,213334762 | 0,898680624 |
| CESP6 | COCE5 | 1,927288996 | 6,852969547 | 0,952829036 | 1,155563614 |
| CESP6 | ELET3 | 12,10999919 | 4,281114851 | 0,357266231 | 0,794500499 |
| CESP6 | ELPL4 | 2,096462454 | 7,472170334 | 0,991841621 | 1,326761556 |
| CESP6 | GETI3 | 1,515274759 | 6,896614417 | 0,671714542 | 0,787125244 |
| CESP6 | TRPL4 | 22,94454495 | 3,839003204 | 0,750409044 | 1,322254543 |
| CMIG3 | CMIG4 | 7,860651308 | 4,262773361 | 0,846849926 | 0,556688694 |
| CMIG3 | CPFE3 | 4,369198538 | 3,663311566 | 0,61160633 | 0,442626987 |
| CMIG3 | CPLE6 | -6,01953069 | 6,761783124 | 2,013504515 | 1,57359739 |
| CMIG3 | ELET3 | 5,705082332 | 6,415117479 | 0,805819974 | 1,035669488 |
| CMIG3 | ENBR3 | -0,16797439 | 8,498803422 | 1,506107783 | 1,625646022 |
| CMIG3 | TRPL4 | 8,058163744 | 6,469830761 | 1,79036457 | 1,798913326 |
| CMIG4 | CPFE3 | 1,418901669 | 5,797018076 | 0,58770163 | 0,509257919 |
| CMIG4 | ENBR3 | -6,9711548 | 8,947454635 | 1,424448109 | 1,763788879 |

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|--------|--------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| CMIG4 | TRPL4 | 0,061096174 | 8,129542821 | 1,688847247 | 1,979126562 |
| CNFB4 | USIM3 | -3,64218267 | 6,757777442 | 5,239318569 | 1,384923932 |
| CNFB4 | USIM5 | -0,85636773 | 7,125756552 | 4,59981804 | 1,289030526 |
| COCE5 | CMIG3 | 11,23481852 | 7,83187268 | 0,20931892 | 0,938057384 |
| COCE5 | CMIG4 | 17,66961223 | 5,478621457 | 0,159224713 | 1,002964499 |
| COCE5 | CPFE3 | 10,93541217 | 7,242349831 | 0,146689091 | 0,685692042 |
| COCE5 | ELET3 | 12,13929817 | 4,720006197 | 0,328939507 | 0,888951394 |
| COCE5 | TRPL4 | 22,61507155 | 4,060648814 | 0,714838347 | 1,44559836 |
| CPFE3 | ELET6 | 3,060394012 | 8,504909022 | 1,347517428 | 1,192511389 |
| CPFE3 | ENBR3 | -7,21186325 | 8,622298717 | 2,183869148 | 1,536790939 |
| CPFE3 | TRPL4 | 1,811407411 | 7,138553618 | 2,436542121 | 1,844270323 |
| CPL6 | CMIG4 | 13,11693825 | 4,623896767 | 0,304593363 | 0,73498451 |
| CPL6 | CPFE3 | 7,934870431 | 6,300404242 | 0,229793902 | 0,530070818 |
| CSMG3 | S BSP3 | 11,38446338 | 5,099970318 | 0,730057328 | 1,473704177 |
| CYRE3 | RSID3 | -1,62642447 | 10,43218346 | 0,624232999 | 1,115065274 |
| ELET3 | CMIG4 | 11,89196874 | 6,041835497 | 0,47843424 | 0,911767437 |
| ELET3 | CPFE3 | 5,958179681 | 6,77077922 | 0,421038879 | 0,5959016 |
| ELET3 | GETI3 | -10,495111 | 7,815255372 | 1,265911699 | 1,467548135 |
| ELET3 | TRPL4 | 8,313755268 | 5,014659881 | 1,48349404 | 1,808825586 |
| ELET6 | CMIG3 | 6,419234116 | 9,039893238 | 0,391711016 | 0,967279472 |
| ELET6 | CMIG4 | 12,73400566 | 6,484155631 | 0,35848572 | 0,964947528 |
| ELET6 | TRPL4 | 9,300020918 | 6,829160877 | 1,188834605 | 1,937148133 |
| ELPL4 | CMIG3 | 10,81586162 | 6,576514141 | 0,224523163 | 0,865124501 |
| ELPL4 | CMIG4 | 17,0650214 | 4,863026111 | 0,187508439 | 0,926540846 |
| ELPL4 | CPFE3 | 10,66664238 | 6,684728202 | 0,155892037 | 0,641097376 |
| ELPL4 | GETI3 | 0,787361119 | 6,062521452 | 0,636780646 | 0,667509758 |
| ELPL4 | TRPL4 | 22,03168904 | 2,963137284 | 0,7172104 | 1,196668074 |
| ENBR3 | CESP6 | -10,7908213 | 8,471594198 | 1,183254987 | 1,528568238 |
| ENBR3 | GETI3 | -7,56860307 | 6,015361175 | 0,878605527 | 0,934951103 |
| ENBR3 | TRPL4 | 11,62079094 | 2,661184065 | 1,035209708 | 1,203656632 |
| GETI3 | CMIG3 | 10,72557525 | 7,396521025 | 0,336548402 | 0,866822108 |
| GETI3 | CMIG4 | 17,06728893 | 4,902053163 | 0,274413797 | 0,938095671 |
| GETI3 | CPFE3 | 10,63403067 | 6,311585954 | 0,231098263 | 0,647100964 |
| GETI3 | GETI4 | 1,004318043 | 3,698245707 | 1,061480102 | 0,416843637 |
| GETI3 | TRPL4 | 21,40251348 | 2,421945487 | 1,104243417 | 1,061342939 |
| GETI4 | CMIG3 | 10,91267801 | 8,319399838 | 0,279327646 | 0,933590056 |
| GETI4 | CMIG4 | 17,1236035 | 5,347184609 | 0,234940173 | 0,969333682 |
| GETI4 | CPFE3 | 10,63378547 | 6,977736103 | 0,201413171 | 0,672537244 |
| GETI4 | LIGT3 | 7,544021843 | 5,913948617 | 0,761569828 | 0,871690182 |
| GETI4 | TRPL4 | 20,88487832 | 3,203285166 | 1,000945155 | 1,19573451 |
| G FSA3 | RSID3 | -1,9609363 | 10,95544751 | 1,053891732 | 1,269800167 |
| GGBR3 | GGBR4 | -1,45053566 | 3,997410447 | 1,392022411 | 0,370257448 |
| GGBR3 | GOAU4 | 0,892668432 | 1,617564899 | 1,576578141 | 0,279794386 |
| GGBR4 | GOAU4 | 2,744458362 | 6,281641144 | 1,12003568 | 0,523230893 |
| GRND3 | LREN3 | 2,985812426 | 4,921904703 | 3,419580204 | 1,489487373 |
| LAME4 | NATU3 | 6,394668171 | 6,092338874 | 1,925387551 | 1,281735907 |

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| LIGT3 | CMIG3 | 10,28297881 | 10,32935605 | 0,24635777 | 1,042833874 |
| LIGT3 | CMIG4 | 16,03924215 | 6,163386424 | 0,238464387 | 1,016038142 |
| LIGT3 | CPFE3 | 9,638338841 | 8,938306361 | 0,20814343 | 0,71684189 |
| LIGT3 | GETI3 | -5,53375834 | 9,401568657 | 0,969704078 | 1,106695969 |
| LIGT3 | TRPL4 | 14,99592265 | 5,365487113 | 1,087465414 | 1,569970747 |
| PETR3 | LUPA3 | 11,94397173 | 8,081098082 | 0,36095391 | 2,730770257 |
| PETR4 | LUPA3 | 11,8784293 | 8,408062577 | 0,449376483 | 2,752727439 |
| SUZB5 | FIBR4 | -9,67210991 | 5,650399879 | 2,936123167 | 2,011756494 |
| TBLE3 | CMIG3 | 1,935958148 | 6,552679745 | 0,773740981 | 0,851971786 |
| TMAR5 | VIVT4 | 24,77624454 | 6,101384252 | 0,195980793 | 1,520582651 |
| TNLP3 | VIVT4 | 28,62275388 | 6,487563407 | 0,182670232 | 1,583126926 |
| TNLP4 | VIVT4 | 27,10652371 | 6,207254679 | 0,285523985 | 1,530914662 |
| BBAS3 | ITUB4 | 8,951539583 | 9,256926135 | 0,964524781 | 1,238300055 |
| BBDC3 | ITUB4 | -3,91309504 | 5,736466317 | 1,708943934 | 0,813398568 |
| BRAP4 | VALE5 | 5,542669722 | 3,062202492 | 0,920008444 | 0,509454362 |
| BRT04 | NETC4 | -0,67405878 | 9,514418193 | 1,512564834 | 1,626622049 |
| BRT04 | TMAR5 | 3,503260419 | 1,867258972 | 3,617361815 | 0,796733666 |
| CESP6 | COCE5 | 2,653686435 | 5,797202514 | 0,939936281 | 0,877283701 |
| CESP6 | LIGT3 | 13,43520584 | 8,571133584 | 0,314290072 | 0,859342788 |
| CESP6 | TRPL4 | 21,4422907 | 5,804894323 | 0,858592969 | 1,319862491 |
| CMIG3 | CPLE6 | -15,6018729 | 5,071200827 | 2,692241256 | 1,191038585 |
| CMIG3 | ENBR3 | -5,56915171 | 4,186017382 | 1,916563931 | 0,94936225 |
| CMIG3 | TRPL4 | 9,388579434 | 7,831662894 | 1,753324675 | 1,507719498 |
| CMIG4 | CPLE6 | -24,4834848 | 6,706127334 | 2,398099508 | 1,785168357 |
| CMIG4 | ENBR3 | -12,1370132 | 5,894621609 | 1,718862298 | 1,296486318 |
| CMIG4 | TRPL4 | 4,964640786 | 10,76394908 | 1,496893157 | 1,897451465 |
| COCE5 | ENBR3 | 6,897851627 | 8,64199699 | 0,896224987 | 1,262411468 |
| COCE5 | LIGT3 | 13,04276214 | 9,054683447 | 0,308293583 | 0,912998373 |
| COCE5 | TRPL4 | 19,19748124 | 4,311159314 | 0,904013592 | 1,133746176 |
| CPFE3 | TRPL4 | -0,47242436 | 9,285184067 | 2,684441474 | 1,903106119 |
| CPLE6 | ENBR3 | 6,108356923 | 4,203059294 | 0,689760566 | 0,894380577 |
| CSMG3 | SBSP3 | 9,871017873 | 5,34058029 | 0,795493007 | 1,333977515 |
| CYRE3 | GFSA3 | 0,787900481 | 5,019532345 | 0,555472676 | 0,40358341 |
| ELPL4 | GETI3 | 1,759788825 | 5,078260385 | 0,589321381 | 0,518192885 |
| ELPL4 | LIGT3 | 12,53587845 | 8,325263593 | 0,329326757 | 0,810760399 |
| ENBR3 | TRPL4 | 14,49179919 | 5,056184302 | 0,914475358 | 1,235124838 |
| GETI3 | LIGT3 | 11,61529699 | 6,95364583 | 0,554040349 | 0,771634687 |
| GETI4 | LIGT3 | 9,591050808 | 6,276291432 | 0,62647505 | 0,712708869 |
| GGBR4 | GOAU4 | 2,649312571 | 7,238178351 | 1,114323717 | 0,426119012 |
| GRND3 | LREN3 | 0,392349744 | 6,847170758 | 3,972710172 | 1,682655652 |
| ITSA4 | ITUB4 | -0,54458766 | 10,52057408 | 3,40098906 | 0,567690568 |
| LIGT3 | TRPL4 | 0,61585151 | 8,925421168 | 1,891498006 | 1,860206123 |
| LREN3 | NATU3 | 9,9608583 | 7,296861898 | 0,643600344 | 1,193845012 |
| LREN3 | PCAR4 | 9,786010343 | 8,659061156 | 1,354642388 | 2,252832887 |
| NETC4 | TMAR5 | 18,05683563 | 8,910712522 | 1,710977719 | 3,384435526 |
| SUZB5 | FIBR4 | -11,829972 | 3,848545157 | 3,092118033 | 1,426786911 |

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| TMAR5 | TNLP3 | 4,428397619 | 9,289752434 | 0,569026712 | 1,814767842 |
| TNLP3 | BRTO4 | 0,404639202 | 10,88390109 | 0,379714512 | 0,791468127 |
| TNLP3 | TNLP4 | -1,37808995 | 3,04571694 | 0,850412259 | 0,659914468 |
| TNLP4 | TMAR5 | 6,240216561 | 10,69881826 | 1,650628354 | 2,51417778 |
| ALLL3 | CCRO3 | -2,53550479 | 6,611942017 | 2,426960266 | 1,976724635 |
| ALLL3 | OHLB3 | -25,7630895 | 6,508998961 | 3,825695545 | 2,868610162 |
| AMBV3 | AMBV4 | 2,830419457 | 3,360064119 | 1,062913111 | 0,373659647 |
| BBDC3 | BBDC4 | -0,26721493 | 3,146924146 | 1,240151488 | 0,276706082 |
| BRAP4 | VALE5 | 3,441825077 | 3,820395847 | 0,994492976 | 0,576634807 |
| CESP6 | COCE5 | 4,303204139 | 5,583409104 | 0,854911757 | 0,835798592 |
| CMIG3 | CMIG4 | 2,105985515 | 4,345675629 | 1,218343089 | 0,457288682 |
| CMIG3 | TRPL4 | 15,7280877 | 6,357968842 | 1,369402014 | 1,221651591 |
| CMIG4 | CPLE6 | -28,8891382 | 8,172358788 | 2,646807265 | 2,085026778 |
| CMIG4 | ENBR3 | -13,9519934 | 8,040634011 | 1,844242448 | 1,64705738 |
| COCE5 | LIGT3 | 14,86660786 | 10,62487173 | 0,230661079 | 0,873855087 |
| COCE5 | TRPL4 | 23,65894795 | 3,994465895 | 0,684313551 | 0,961512911 |
| CPLE6 | ENBR3 | 6,113543648 | 3,289982642 | 0,698940701 | 0,732228696 |
| CSMG3 | SBSP3 | 11,92030976 | 6,188896338 | 0,731120953 | 1,31643869 |
| CYRE3 | GFSA3 | 1,125947307 | 5,3987882 | 0,537951464 | 0,43150981 |
| ELET6 | CPFE3 | 6,544007549 | 6,68977116 | 0,339195839 | 0,522229742 |
| ELPL4 | LIGT3 | 13,19061064 | 9,297982947 | 0,304449011 | 0,793403583 |
| NATU3 | LREN3 | -19,7123679 | 5,550179805 | 1,710214378 | 1,832073427 |
| RAPT4 | RENT3 | 0,629603169 | 5,547592069 | 1,976085252 | 0,848221729 |
| TBLE3 | TRPL4 | 15,69479214 | 2,865479756 | 1,250059216 | 0,870362309 |
| ALLL3 | CCRO3 | 3,48018522 | 7,521266813 | 2,057560655 | 1,715344469 |
| AMBV3 | AMBV4 | 2,645465548 | 2,842653508 | 1,072188468 | 0,39830947 |
| BBDC3 | BBDC4 | -0,51023522 | 4,342251246 | 1,255038559 | 0,326370255 |
| BRTO4 | VIVT4 | 23,0353538 | 9,22714319 | 0,761771533 | 1,042307496 |
| CESP6 | CPLE6 | -5,5604923 | 8,326079166 | 1,723707943 | 1,892354443 |
| CESP6 | ENBR3 | -1,94303663 | 6,573790698 | 1,419763673 | 1,555701775 |
| CMIG3 | CMIG4 | -0,9010638 | 3,214879283 | 1,394529162 | 0,386838352 |
| COCE5 | CESP6 | 1,039008349 | 8,663947598 | 0,913853611 | 1,159641446 |
| COCE5 | TRPL4 | 24,6830768 | 3,962159031 | 0,639296507 | 0,857412852 |
| CPLE6 | CMIG4 | 12,19808563 | 9,279335435 | 0,334550765 | 0,75469991 |
| CSNA3 | USIM5 | 3,990261956 | 9,298986948 | 0,754974926 | 0,869709252 |
| CYRE3 | GFSA3 | -0,2185575 | 5,11599163 | 0,593436428 | 0,440216328 |
| DASA3 | ODPV3 | -6,75689974 | 8,825569295 | 1,319697551 | 0,949613474 |
| ELET3 | CESP6 | 9,98841919 | 9,062649166 | 0,53903009 | 1,202088518 |
| ELET3 | ELET6 | 2,256062168 | 2,309132272 | 1,048645236 | 0,327741242 |
| ELET6 | CESP6 | 8,881995907 | 8,670179852 | 0,511882953 | 1,197411577 |
| ENBR3 | CMIG4 | 11,67189153 | 9,460812423 | 0,387207941 | 0,844415267 |
| GGBR3 | GOAU4 | 1,786153014 | 7,467981489 | 1,533035089 | 0,686372161 |
| GGBR4 | GOAU4 | 2,02198432 | 5,140151827 | 1,142989807 | 0,510709444 |
| LREN3 | NATU3 | 12,63783484 | 4,622345679 | 0,544355436 | 1,02021783 |
| RAPT4 | RENT3 | -0,16037591 | 4,290515531 | 2,065805244 | 0,835303158 |
| TBLE3 | TRPL4 | 20,76896629 | 3,822656478 | 0,972046529 | 0,87303791 |

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| TMAR5 | TNLP4 | 6,270206008 | 8,315415305 | 0,422994184 | 0,985813587 |
| ALLL3 | CCRO3 | 7,816100084 | 5,313304596 | 1,805426598 | 1,437845945 |
| BBDC4 | BBAS3 | 9,893975752 | 7,776559581 | 0,588766532 | 0,832294414 |
| CESP6 | CMIG3 | 15,5822087 | 10,97665209 | 0,079419049 | 0,71104865 |
| CESP6 | CMIG4 | 16,11430273 | 9,51951783 | 0,32301088 | 0,99423636 |
| CESP6 | CPFE3 | -2,95533133 | 6,36388054 | 0,850776651 | 0,918476669 |
| CESP6 | ENBR3 | -1,53188232 | 4,352106213 | 1,426910694 | 1,406474241 |
| CMIG3 | CMIG4 | -0,58677248 | 5,15791141 | 1,385895375 | 0,481372454 |
| COCE5 | CESP6 | 4,066516925 | 8,57923812 | 0,800956526 | 1,229934296 |
| COCE5 | CMIG3 | 16,48725425 | 10,5668033 | 0,038965479 | 0,71994981 |
| COCE5 | CMIG4 | 19,71200344 | 10,26302286 | 0,16200515 | 1,09443152 |
| CPFE3 | CMIG3 | 16,92076237 | 10,62820026 | 0,029326837 | 0,719774316 |
| CPFE3 | CMIG4 | 18,69882041 | 10,01039031 | 0,291557351 | 1,008102268 |
| CPFE3 | ENBR3 | 5,917919698 | 5,04380538 | 1,526982944 | 0,905913999 |
| CPLE6 | CESP6 | 6,771819683 | 5,968639245 | 0,472989506 | 0,948583509 |
| CPLE6 | CMIG3 | 13,37361822 | 10,88458614 | 0,11769232 | 0,657329305 |
| CPLE6 | CMIG4 | 13,69620599 | 9,069558631 | 0,287148085 | 0,840319654 |
| CYRE3 | GFSA3 | 0,427202548 | 10,42057714 | 0,550641617 | 0,544421464 |
| DASA3 | ODPV3 | -5,33662994 | 6,094775766 | 1,237095907 | 1,001144792 |
| ELET3 | CMIG3 | 14,51861492 | 9,917425655 | 0,130879037 | 0,6564629 |
| ELET3 | CMIG4 | 18,61683547 | 9,974238998 | 0,222958561 | 0,985796979 |
| ELET3 | ELET6 | 2,271626567 | 2,839050833 | 1,049603262 | 0,33766643 |
| ELET6 | CMIG3 | 14,42967714 | 10,29720268 | 0,117055402 | 0,663315288 |
| ELET6 | CMIG4 | 18,16536999 | 10,38079067 | 0,211200145 | 0,984724376 |
| ELPL4 | CMIG4 | 21,72475038 | 10,52046167 | 0,074966487 | 1,102712458 |
| ENBR3 | CMIG3 | 15,36036751 | 10,9531426 | 0,065481016 | 0,701055008 |
| ENBR3 | CMIG4 | 16,09005907 | 8,899792635 | 0,238238114 | 0,922031823 |
| GETI4 | CMIG4 | 20,91740934 | 10,01238653 | 0,152983499 | 1,090124399 |
| LIGT3 | CMIG3 | 14,56023382 | 10,73824224 | 0,144582716 | 0,703818062 |
| LIGT3 | CMIG4 | 21,01792739 | 10,63203465 | 0,12797941 | 1,100664256 |
| LREN3 | NATU3 | 13,19304917 | 4,356425849 | 0,535425099 | 1,117473958 |
| SUZB5 | KLBN4 | 2,232688026 | 3,870329196 | 0,154881652 | 0,165719871 |
| TBLE3 | CMIG3 | 15,04303826 | 10,49073304 | 0,119022346 | 0,707351977 |
| TBLE3 | CMIG4 | 16,75518678 | 9,718731713 | 0,341440076 | 1,033049564 |
| TBLE3 | GETI4 | -1,06225271 | 10,06866102 | 0,915826128 | 0,800971144 |
| TRPL4 | CMIG3 | 14,46955897 | 10,79543331 | 0,072951025 | 0,710850716 |
| TRPL4 | CMIG4 | 15,67826928 | 10,29005624 | 0,195165821 | 1,060209014 |
| TRPL4 | TBLE3 | -3,93572586 | 4,267551757 | 0,591005449 | 0,651395644 |
| FIBR4 | KLBN4 | 3,401514228 | 7,340665212 | 0,039187428 | 0,258821614 |
| AMBV3 | AMBV4 | -1,08985295 | 2,488855815 | 1,206550244 | 0,480997862 |
| AMBV3 | BRFS3 | 15,53462949 | 6,384246915 | 0,252967664 | 0,806261631 |
| AMBV4 | BRFS3 | 15,86108458 | 6,951974303 | 0,206963127 | 0,819290393 |
| BBAS3 | BBDC4 | -1,34501707 | 8,13387323 | 1,122818717 | 0,952307497 |
| BBAS3 | ITUB4 | 9,987450793 | 5,344244158 | 0,969088819 | 0,866773914 |
| BRTO4 | TMAR5 | 15,14356944 | 7,69129481 | 2,884580675 | 1,781865349 |
| CESP6 | CMIG4 | 12,52075477 | 6,009436281 | 0,481074001 | 0,779659941 |

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| CESP6 | GETI3 | -1,67528674 | 8,836635337 | 0,724845644 | 0,84623793 |
| CESP6 | GETI4 | -6,03754321 | 7,720212135 | 1,000762775 | 1,109067571 |
| CESP6 | TBLE3 | -6,11832453 | 6,498591191 | 1,113442874 | 1,146570173 |
| CESP6 | TRPL4 | 1,372039789 | 5,67866445 | 1,664665462 | 1,602789583 |
| CMIG3 | CESP6 | -1,99987483 | 9,095310086 | 1,482738819 | 1,396489451 |
| CMIG3 | TRPL4 | -12,5273919 | 10,18778404 | 3,060136182 | 2,249181645 |
| CMIG4 | TBLE3 | -17,9444418 | 9,530661212 | 1,60853843 | 1,498943149 |
| CMIG4 | TRPL4 | -17,1161724 | 7,609924124 | 2,43809488 | 2,099813237 |
| CPFE3 | CESP6 | 4,261089264 | 9,138422408 | 1,144081381 | 1,317291562 |
| CPFE3 | ENBR3 | 10,13517081 | 4,598411947 | 1,289100472 | 0,772538624 |
| CPLE6 | CESP6 | -0,11057859 | 5,73465108 | 0,678216132 | 0,997249299 |
| CSNA3 | USIM3 | -2,53415525 | 9,119974591 | 0,993784459 | 1,043717007 |
| DASA3 | ODPV3 | -9,62737943 | 5,264455052 | 1,525462866 | 1,16386713 |
| ENBR3 | CESP6 | -1,73081381 | 7,452296782 | 0,796272707 | 1,334404762 |
| ENBR3 | GETI4 | -15,2642067 | 10,44452437 | 1,024555976 | 1,273502769 |
| GETI3 | TBLE3 | -1,60577927 | 7,288342077 | 1,41543808 | 0,781837371 |
| LREN3 | NATU3 | 11,72014175 | 4,145522409 | 0,568864268 | 1,259619508 |
| RAPT4 | RENT3 | -0,92129044 | 5,048092853 | 2,181058853 | 1,160615895 |
| RSID3 | CYRE3 | 8,450328429 | 9,652147956 | 0,910969528 | 0,996622094 |
| SBSP3 | CSMG3 | 9,674699989 | 8,798808145 | 0,411645841 | 1,360767512 |
| TBLE3 | TRPL4 | 12,05594693 | 3,829213389 | 1,422370558 | 0,967893878 |
| CSNA3 | USIM3 | -2,53415525 | 9,119974591 | 0,993784459 | 1,043717007 |
| DASA3 | ODPV3 | -9,62737943 | 5,264455052 | 1,525462866 | 1,16386713 |
| ENBR3 | CESP6 | -1,73081381 | 7,452296782 | 0,796272707 | 1,334404762 |
| ENBR3 | GETI4 | -15,2642067 | 10,44452437 | 1,024555976 | 1,273502769 |
| GETI3 | TBLE3 | -1,60577927 | 7,288342077 | 1,41543808 | 0,781837371 |
| LREN3 | NATU3 | 11,72014175 | 4,145522409 | 0,568864268 | 1,259619508 |
| RAPT4 | RENT3 | -0,92129044 | 5,048092853 | 2,181058853 | 1,160615895 |
| RSID3 | CYRE3 | 8,450328429 | 9,652147956 | 0,910969528 | 0,996622094 |
| SBSP3 | CSMG3 | 9,674699989 | 8,798808145 | 0,411645841 | 1,360767512 |
| TBLE3 | TRPL4 | 12,05594693 | 3,829213389 | 1,422370558 | 0,967893878 |
| AMBV3 | AMBV4 | -1,2320292 | 2,204915442 | 1,21410755 | 0,474514135 |
| CESP6 | CPLE6 | 3,481510786 | 4,344629986 | 1,326173984 | 1,160202146 |
| CESP6 | GETI3 | -3,02582272 | 6,981321979 | 0,793499771 | 0,923557889 |
| CESP6 | GETI4 | -3,02095385 | 5,940211351 | 0,894014827 | 0,883101469 |
| CESP6 | TBLE3 | -3,70983428 | 5,695431201 | 1,026367829 | 1,038371466 |
| COCES | ENBR3 | 10,01603843 | 8,173104976 | 0,982709067 | 1,352359609 |
| CPFE3 | ENBR3 | 5,616232109 | 3,174898706 | 1,533614503 | 0,694568722 |
| CPLE6 | GETI4 | -4,10564645 | 6,691482761 | 0,640480646 | 0,789541806 |
| CPLE6 | TBLE3 | -5,08134552 | 5,883215768 | 0,738664791 | 0,906043119 |
| GETI4 | TBLE3 | 0,844842546 | 7,639161207 | 1,093501603 | 0,80166215 |
| ITSA4 | BBDC4 | -8,7358212 | 9,09146095 | 3,278681684 | 0,947130238 |
| LAME4 | LREN3 | -2,8421976 | 9,35364538 | 3,794631222 | 2,879094055 |
| LREN3 | NATU3 | 12,26235778 | 7,016745109 | 0,570624585 | 1,654986817 |
| OHLB3 | CCRO3 | 12,89015591 | 5,515152057 | 0,541978171 | 1,431151646 |
| TBLE3 | TRPL4 | 9,708728559 | 2,823783231 | 1,516282459 | 0,889656745 |

| Ação1 | Ação2 | Intercepto | Meia Vida | Inclinação | Desv. Padrão |
|--------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| TRPL4 | CESP6 | 2,921241857 | 6,122711634 | 0,516591207 | 0,962239221 |
| VALE3 | VALE5 | -1,98451695 | 8,768583472 | 0,913876609 | 0,503221809 |
| AMBV3 | AMBV4 | -2,2986095 | 1,895161945 | 1,244579652 | 0,445370265 |
| BBAS3 | BBDC4 | 5,115495265 | 6,630842882 | 0,923683779 | 0,65103461 |
| BBDC4 | ITSA4 | 2,641984344 | 10,71247613 | 0,301184394 | 0,273728533 |
| CESP6 | CMIG3 | -8,75278223 | 8,726732692 | 1,051848652 | 1,13191699 |
| CESP6 | GETI3 | -4,48117898 | 5,385242352 | 0,852384082 | 0,829881135 |
| CESP6 | GETI4 | -0,3391727 | 3,590137865 | 0,802971752 | 0,622570711 |
| CESP6 | TBLE3 | 1,788371249 | 5,859446485 | 0,821289849 | 0,938104441 |
| CMIG4 | CESP6 | 7,331015626 | 6,218977632 | 0,753369698 | 0,951374882 |
| COCE5 | ENBR3 | 19,0352621 | 5,402987643 | 0,641322878 | 1,011483697 |
| CPFE3 | ENBR3 | 11,18307668 | 2,946122637 | 1,246021968 | 0,691586599 |
| CPLE6 | GETI3 | -9,58001231 | 10,47454559 | 0,719209212 | 1,059816695 |
| CPLE6 | TBLE3 | -5,50167506 | 5,757050021 | 0,753006586 | 0,903619369 |
| ELPL4 | COCE5 | 2,488234814 | 7,117471964 | 0,881193576 | 1,030280331 |
| ENBR3 | CESP6 | -3,75527283 | 7,169312926 | 0,866773127 | 1,289743157 |
| GGBR3 | GGBR4 | -11,1523409 | 4,499430299 | 1,97837948 | 0,542070635 |
| GGBR3 | GOAU4 | -11,1587895 | 5,005002359 | 2,236431691 | 0,73912244 |
| LIGT3 | CESP6 | 16,12358164 | 8,663730028 | 0,487433499 | 1,141198276 |
| RAPT4 | RENT3 | 6,119591362 | 5,801246916 | 1,653922989 | 1,213563562 |
| TIMP3 | TMAR5 | 12,27598258 | 7,231123744 | 4,91708349 | 2,365168227 |
| TRPL4 | CPLE6 | 8,582734905 | 9,236853123 | 0,673498397 | 1,391011589 |
| USIM5 | GGBR3 | 9,172805511 | 9,698064711 | 0,364568507 | 0,705034436 |

Considere o processo auto-regressivo de ordem I, AR(1):

$$y_t = \mu + \rho y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Onde μ e ρ são parâmetros e $\varepsilon_t \sim \text{ID}(0, \sigma^2)$, se:

- $|\rho| < 1$: y_t é uma série estacionária;
- $\rho = 1$: y_t é uma série não estacionária;
- $\rho > 1$: y_t é uma série explosiva.

Assim, podemos testar se uma série é estacionária testando se $|\rho| < 1$. Para realizar o teste DF estima-se uma equação, subtraindo y_{t-1} de ambos os lados da Equação (8):

$$\Delta y_t = \mu + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (9)$$

Onde $\gamma = \rho - 1$, e as hipóteses são:

$$\begin{cases} H_0: \gamma = 0 \\ H_1: \gamma < 0 \end{cases}$$

Mackinnon (1991) estimou os valores críticos para a hipótese nula dos testes de Dickey-Fuller e Augmented-Dickey-Fuller para qualquer tamanho amostral, e qualquer número de variáveis do lado direito da Eq. (9). Os valores críticos do teste ADF dependem também de uma constante e uma tendência linear no modelo estimado, para assegurar que o teste terá a correta frequência de rejeição, sob a hipótese nula. No entanto, incluindo irrelevantes regressores na equação, reduz-se o poder do teste, levando a concluir que existe uma raiz unitária quando não se tem.

Este teste de raiz unitária, só é válido se a série seguir um processo AR(1). Caso a série seja correlacionada a ordens de defasagens superiores a 1, a hipótese de ε_t ser um ruído branco é então violada.

ANEXO B - TESTE DE COINTEGRAÇÃO ENGLE-GRANGER

Engle & Granger (1987) propõem um método de estimação de dois passos. O primeiro passo consiste em realizar uma regressão de cointegração por MQO entre as séries integradas, de forma a estimar o relacionamento de longo prazo de equilíbrio. O segundo passo é testar os resíduos defasados dessa regressão, para estacionariedade, estimando o relacionamento dinâmico da correção do erro.

Segundo este método, realiza-se uma regressão pelo método dos mínimos quadrados ordinários:

$$y_t = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t \quad (10)$$

E em seguida testa-se a estacionariedade através do teste ADF. Se ε_t for estacionário, x_t e y_t são cointegrados e o vetor de cointegração é $y_t - \beta x_t$.

ANEXO C – TESTE DE COINTEGRAÇÃO DE JOHANSEN

No caso da existência de mais de duas séries, o método de Engle-Granger pode sofrer viés. Neste sentido Johansen (1991) propôs uma metodologia para investigar a cointegração em um sistema multivariado, sob a hipótese de existir mais de um vetor de cointegração.

Seja um VAR⁶ de ordem p:

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + R x_t + \varepsilon_t \quad (11)$$

Onde y_t é um vetor de K variáveis não estacionárias I(1), x_t é um vetor de d variáveis exógenas e ε_t é um vetor de inovação. Pode-se então, reescrever o VAR como um ECM (Vetor de Correção de Erro), ver Anexo 1.

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + B x_t + \varepsilon_t \quad (12)$$

$$\text{Onde } \Pi = \sum_{i=1}^p A_i - I, \Gamma_i = - \sum_{j=i+1}^p A_j.$$

Se o coeficiente da matriz Π possui posto reduzido ($r < k$), existe $k \times r$ matrizes α e β , cada qual com posto r, tal que $\Pi = \alpha\beta'$ e $\beta' y_t$ é I(0). r é o número de relações de cointegração (o posto de cointegração), e cada coluna de β é o vetor de cointegração. Os elementos de α são conhecidos como os parâmetros de ajustamento no modelo de ECM. O método de Johansen é estimar a matriz na forma de um VAR não restrito, e testar se é possível rejeitar as restrições implícitas pelo posto reduzido de Π .

⁶ O modelo Auto Regressivo Vetorial (VAR) é comumente utilizado para estimação de sistemas inter relacionados de séries temporais. O VAR trata todas as variáveis como endógenas e em função de seus próprios valores defasados.