

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO GERAL E APLICADA  
CENTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

## **ESTRATÉGIA DE ARBITRAGEM DE ATIVOS CORRELACIONADOS**

Autor: Rodrigo Felix

Projeto Técnico apresentado à  
Universidade Federal do Paraná para  
obtenção de título de Especialista em  
MBA em Finanças Corporativas.

Orientador: Profº. Antônio Barbosa Lemes  
Júnior

Curitiba  
2005

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha esposa e filho, que são fonte de inspiração e objetivo de vida. Tudo que faço é para eles.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	VI
<b>LISTA DE TABELAS</b>	VII
<b>RESUMO</b>	VIII
<b>Capítulo I - INTRODUÇÃO</b>	
1. Objetivo do trabalho	1
<b>Capítulo II - REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA</b>	
1. Eficiência dos Mercados	2
2. A Lei do Preço Único	4
3. Risco	5
4. Beta	10
5. Estatística Aplicada	13
<b>Capítulo III - Arbitragem</b>	
1. Definição de Arbitragem	18
2. Arbitragem de Ativos Correlacionados (Pairs Trading)	22
<b>Capítulo IV - Seleção de Ativos Correlacionados</b>	
1. Análise Setorial	27
2. Liquidez	36
3. Coeficiente de Determinação ( $R^2$ )	44
<b>Capítulo V - Aplicação Prática da Arbitragem de Ativos Correlacionados</b>	
1. Metodologia	48
2. Resultados	51
3. Datas de mudança de posição e cálculo do beta.	64

<b>Capítulo VI – Conclusão</b>	67
<b>Referências Bibliográficas</b>	68

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Regressão linear	10
Figura 2 – Exemplos de beta	12
Figura 3 – Relação BBDC4 x ITAU4	23
Figura 4 – Relação, resultados e $R^2$ : Itaubanco PN x Bradesco PN	53
Figura 5 – Relação, resultados e $R^2$ : Petrobrás ON x Petrobrás PN	55
Figura 6 – Relação, resultados e $R^2$ : CSN ON x Usiminas PNA	57
Figura 7 – Relação, resultados e $R^2$ : Telemar PN x Brasil Telecom PN	59
Figura 8 – Relação, resultados e $R^2$ : Vale do Rio Doce PNA x Caemi PN	61
Figura 9 – Relação, resultados e $R^2$ : Cemig PN x Eletrobrás PNB	63

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Exemplo de retornos individuais	7
Tabela 2 – Exemplo de retornos de carteiras	8
Tabela 3 – Cálculo do beta	10
Tabela 4 – Beta igual a 1	12
Tabela 5 – Formação da “Curva de Performance Relativa”	24
Tabela 6 – Classificação setorial das empresas listadas na Bovespa	28
Tabela 7 – Composição do Ibovespa (por percentual de participação no índice)	37
Tabela 8 – Composição do Ibovespa (por setor econômico e representatividade)	39
Tabela 9 – Setores com maior representatividade no índice	41
Tabela 10 – Oportunidades de Arbitragem (análise de liquidez)	42
Tabela 11 – Nível de Correlação	45
Tabela 12 – Coeficiente de Determinação $R^2$	45
Tabela 13 – Mudanças de posição: ITAU4 x BBDC4	64
Tabela 14 – Mudanças de posição: PETR3 x PETR4	64
Tabela 15 – Mudanças de posição: CSNA3 x USIM5	65
Tabela 16 – Mudanças de posição: TNLP4 x BRTO4	65
Tabela 17 – Mudanças de posição: VALE5 x CMET4	66
Tabela 18 – Mudanças de posição: CMIG4 x ELET6	66

## RESUMO

O tema arbitragem sempre esteve associado à negociação de um mesmo ativo em diferentes mercados, buscando tirar proveito de discrepâncias temporárias – como oscilações na taxa de câmbio, por exemplo – sem praticamente correr risco algum. Basicamente, compra-se um ativo em um mercado (país ou bolsa, por exemplo), para imediatamente vendê-lo em outro, onde o ativo encontra-se incorretamente precificado. Tais discrepâncias, ou divergências de preço, são evidência material de que os mercados não são eficientes. Se fossem, os preços incorporariam todas as informações disponíveis naquele momento, públicas ou não, refletindo no valor presente o exato fluxo de caixa futuro.

Esse trabalho busca desenvolver um outro aspecto do tema arbitragem, dentro do campo que costumamos denominar de arbitragem de risco. Trata-se da estratégia de Pairs Trading, ou numa tradução livre, negociação de ativos em pares, ou ainda, como prefiro, Arbitragem de Ativos Correlacionados, que ao contrário da forma mais pura de arbitragem, não é livre de riscos. A estratégia consiste inicialmente em encontrar pares de ativos altamente correlacionados, aplicando técnicas estatísticas relativamente simples. Em seguida, procuramos estabelecer curvas de oportunidade, ou seja, através da análise da relação média entre os preços desses ativos, identificar situações extraordinárias, onde um dos ativos encontra-se temporariamente valorizado em relação ao outro. Finalmente, vendemos o ativo valorizado para imediatamente comprar aquele de menor valor, esperando com base na correlação média histórica, que os preços desses ativos possam novamente convergir para o mesmo ponto. Lucramos em uma ou ambas as posições.

Como geralmente ativos correlacionados fazem parte de uma mesma indústria, a estratégia tem como objetivo principalmente maximizar resultados em carteiras setoriais. Adicionalmente, não se trata de uma estratégia construída para obter ganhos de forma especulativa. Como veremos, a Arbitragem de Ativos Correlacionados apresenta performance superior sobretudo no médio e longo prazos. Trata-se de uma estratégia de posicionamento, que associada a técnicas de análise fundamentalista, produz resultados diferenciados.

## **Capítulo I - INTRODUÇÃO**

### **1. Objetivo do trabalho**

O trabalho tem como objetivo, desenvolver o conceito de arbitragem em carteiras de ativos correlacionados, com maior ênfase em carteiras de ações. O objetivo inicial será aprofundar o tema arbitragem e descrever suas principais aplicações. Em seguida, propor a utilização do conceito em carteiras com ações de empresas que operam num mesmo mercado (ou oferecem produtos similares), desde que o objetivo do investidor seja um posicionamento de longo prazo neste setor da economia. Finalmente, através da análise da volatilidade histórica, identificar o melhor momento de compra ou venda de cada papel, a fim de obter maiores ganhos.



## Capítulo II - REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA

### 1. Eficiência dos Mercados

Um mercado eficiente de capitais é aquele no qual os preços dos títulos refletem completamente as informações disponíveis. Isto significa que os preços correntes de mercado refletem o valor presente dos títulos, e que não há maneira alguma de obter lucros extraordinários usando as informações disponíveis. Como a informação se reflete imediatamente nos preços, os investidores só devem esperar obter uma taxa normal de retorno. A tomada de conhecimento da informação apenas no momento em que é divulgada não traz vantagem alguma para o investidor. O preço se ajusta antes que o investidor tenha tido tempo de comprar ou vender a ação.

Entretanto, algumas informações podem afetar os preços dos ativos mais rapidamente do que outras. Para lidar com essas diferenças, as informações são classificadas em três diferentes modalidades: informações a respeito de preços passados, informações publicamente disponíveis, e toda informação possível. A eficiência dos mercados é analisada de acordo com o efeito desses três conjuntos de informações.

Dizemos que um mercado é eficiente na forma fraca, quando ele incorpora completamente as informações sobre os preços passados dos títulos. A eficiência na forma fraca pode ser representada pela seguinte equação:

$$P_t = P_{t-1} + \text{Retorno Esperado} + \text{Erro Aleatório}$$

A equação diz que o preço corrente ( $P_t$ ) é igual à soma do último preço observado ( $P_{t-1}$ ) com o retorno esperado da ação e um componente aleatório que ocorra no período considerado. O retorno esperado do título existe em função de seu risco. Já o componente aleatório deve-se à nova informação a respeito do título. Poderia ser positivo ou negativo, e seu valor presente esperado é igual a zero. O componente aleatório de um período é independente do componente aleatório de qualquer período anterior. Portanto esse componente não pode ser previsto a partir

dos preços passados. Se os preços obedecerem à essa equação, podemos dizer que eles se comportam conforme um *random-walk*.

Quando dizemos que o mercado é eficiente na forma fraca, estamos negando qualquer estratégia defendida pelos analistas técnicos (profissionais que se dedicam a predizer o futuro a partir de padrões observados em movimentos passados de preços). Se fosse possível obter lucros extraordinários simplesmente identificando padrões de comportamento em séries de preços, todos o fariam, e qualquer possibilidade de lucro logo desapareceria. Os investidores espertos comprariam nos pontos de baixa, forçando os preços para cima. Inversamente, venderiam nos pontos de alta, forçando a queda dos preços. Com a concorrência entre os investidores, oportunidades desapareceriam, restando oscilações puramente aleatórias.

Outras formas de eficiência são a semi-forte e a forte. Um mercado é dito eficiente no sentido semi-forte quando os preços refletem (incorporam) toda informação publicamente disponível, incluindo demonstrações financeiras publicadas pela imprensa e dados históricos de preço. Um mercado é eficiente no sentido forte se os preços refletem toda informação, pública ou privada. A distinção entre eficiência na forma semi-forte e na forma fraca é a de que a primeira requer não apenas que o mercado seja eficiente em relação a dados históricos de preço, como também que toda informação disponível ao público esteja refletida no preço. A eficiência na forma forte inclui os outros dois tipos de eficiência. Além disso, essa forma diz que qualquer coisa que seja pertinente ao valor da ação e seja conhecida por pelo menos um indivíduo, é imediatamente incorporada ao valor do título. Evidências estatísticas existentes a respeito de diferentes mercados financeiros apoiam a eficiência fraca e a eficiência semi-forte, mas não a eficiência na forma forte.

## 2. A Lei do Preço Único

A Lei do Preço Único é um conceito fundamental para a Administração Financeira. Seu entendimento, no entanto, é bastante simples. Vamos considerar dois diferentes ativos, não importando quais – poderíamos, por exemplo, considerar duas diferentes ações, com seu fluxo de dividendos e posterior venda, uma ação e uma opção, ou ainda, dois diferentes títulos de renda fixa. A Lei do Preço Único afirma que, se esses ativos produzirem o mesmo fluxo de caixa, deverão possuir um único preço no momento zero.

Veremos mais adiante que qualquer violação à Lei do Preço Único oferece uma oportunidade de arbitragem. Estamos, obviamente, desconsiderando o efeito de fatores externos, tais como impostos, liquidez do ativo, risco de crédito, custos de transação e etc. Inclusive, trata-se de um erro comum na análise de oportunidades de arbitragem. As diferenças geradas por tais fatores não podem ser consideradas como oportunidades reais .

Importante destacar que a Lei está essencialmente ligada à eficiência dos mercados, assunto discutido no tópico anterior. Quanto mais eficientes forem os mercados, menos violações à Lei existirão. Conseqüentemente, menos oportunidades de arbitragem estarão disponíveis. O mesmo nível de eficiência determinará a rapidez com a qual a distorção será corrigida. Um mercado eficiente ajustará rapidamente qualquer preço incorreto ou artificial, que não incorpore todas as informações disponíveis. Voltaremos nesse assunto mais adiante, na análise do conceito de arbitragem.

### 3. Risco

Risco de mercado é a potencial oscilação do valor de um ativo num determinado período de tempo. O preço dos ativos oscila por natureza. Uns mais, outros menos. A isso chamamos de volatilidade, que é uma medida dessa oscilação. Assim, os preços das ações são mais voláteis (oscilam mais) que os preços dos títulos de renda fixa. A medida matemática dessa oscilação é o desvio padrão, que representa a dispersão dos retornos de um ativo em relação à média desses retornos. Ou, de outra maneira, o Risco de Mercado é representado pelos desvios (ou volatilidade) em relação ao resultado esperado. Risco de mercado, volatilidade e desvio padrão, na prática, podem ser utilizados como sinônimos.

Se esperarmos, por exemplo, que um determinado ativo apresente um retorno de 25% ao ano, temos a expectativa de que ao aplicarmos R\$100, obteremos um retorno de R\$25,00. Quaisquer rentabilidades acima ou abaixo são consideradas risco. E mesmo que o ativo tenha gerado uma rentabilidade superior, neste exemplo, acima de 25%, poderia ter gerado uma rentabilidade abaixo da esperada. Ou seja, está implícito que para este ativo ter gerado uma rentabilidade acima do esperado ele incorreu em riscos, que poderiam ter provocado uma rentabilidade inferior a 25%. Logo, desvios, tanto positivos como negativos, são vistos como risco.

#### 3.1. Risco Sistemático e Não-Sistemático

O risco de mercado pode ser subdividido em duas diferentes categorias. O risco sistemático e o risco não-sistemático. O risco sistemático é a parte da volatilidade do ativo que tem sua origem em fatores comuns a todos os demais ativos do mercado. Determinado resultado das eleições presidenciais, por exemplo, afeta em maior ou menor grau, todos os ativos do mercado. O risco não sistemático, ou específico, por sua vez, é a parte da volatilidade que tem sua origem em características específicas do ativo. Se determinado administrador de uma companhia renuncia, apenas as ações desta empresa perceberão algum impacto.

### 3.2. Risco Absoluto e Risco Relativo

Risco de mercado absoluto é a volatilidade ou desvio padrão total dos retornos. Risco de mercado relativo é a volatilidade dos retornos em relação aos retornos de um benchmark – ou referência de rentabilidade para um determinado ativo.

Digamos, por exemplo, que determinada carteira de ações tenha sua gestão caracterizada como passiva (quando o objetivo do gestor for apenas perseguir algum índice ou parâmetro de mercado). Essa carteira repetirá diariamente, o retorno de seu benchmark (na prática, nunca existirão retornos absolutamente idênticos, mas para efeito de simplificação, suponhamos a mesma oscilação). Esta carteira deverá subir ou cair, sempre acompanhando seu benchmark. Pois bem, qual é sua volatilidade total? Sua volatilidade será  $X$ , sendo  $X$  diferente de zero. Este é seu risco de mercado absoluto. E seu risco de mercado relativo? Vale zero, já que não existe volatilidade dos retornos do fundo em relação ao seu benchmark.

O risco de mercado relativo da carteira procura medir a possibilidade desta descolar-se de seu benchmark. Enquanto a medida do risco de mercado absoluto é o desvio padrão. Existem outras medidas para avaliar o nível de descolamento da carteira em relação ao seu benchmark. Essa avaliação é denominada tracking error. Este assunto, no entanto, não faz parte do escopo deste trabalho.

### 3.3. Fatores de Risco de Mercado

Os ativos, no mercado brasileiro, estão expostos a 4 fatores de risco de mercado:

- Oscilação no preço das ações
- Oscilação nas cotações de câmbio
- Oscilação das taxas de juros
- Oscilação nos preços das commodities

Isto significa que as ações estão expostas ao fator de risco oscilação no preço. Uma NTN cambial está exposta ao fator de risco cotações do câmbio e às taxas de juros (cupom pago acima do indexador). Um CDB pré-fixado está exposto ao fator de risco taxa de juros. Os três primeiros fatores influenciam muito mais o mercado brasileiro, já que no Brasil, o mercado de commodities é relativamente limitado.

### 3.4. Diversificação dos Investimentos

Diversificar significa escolher ativos que tenham, ao menos potencialmente, comportamentos diferentes uns dos outros, de modo que o resultado final seja um portfólio com um risco menor do que cada um dos ativos tomados isoladamente. Trata-se então de diversificar os riscos.

O risco de mercado é representado pelo desvio padrão, que é uma medida da oscilação dos retornos em relação à média desses retornos. Quanto maior for o desvio padrão, maior a oscilação e, portanto, maior o risco do investimento. Digamos, agora, que queiramos formar um portfólio com dois ativos, e tenhamos três para escolher, os ativos A, B e C. A seguir, uma tabela com os retornos mensais destes três ativos, o retorno total e o desvio padrão de cada um deles.

Tabela 1 – Exemplo de retornos individuais

	<b>Ativo A</b>	<b>Ativo B</b>	<b>Ativo C</b>
<b>Mês 1</b>	10%	-8%	10%
<b>Mês 2</b>	-8%	10%	-8%
<b>Mês 3</b>	10%	-8%	10%
<b>Mês 4</b>	-8%	10%	-8%
<b>Total</b>	2,4%	2,4%	2,4%
<b>Desvio Padrão</b>	10%	10%	10%

Perceba que os retornos totais dos três ativos são exatamente os mesmos, assim como o desvio padrão. Ou seja, tanto faz, do ponto de vista do investidor, escolher qualquer dos três ativos, se ele pretende ficar com o investimento até o final do quarto mês. Mas, e se o investidor quiser resgatar ao final, digamos, do terceiro mês? Neste caso, o investimento no ativo B teria sido um péssimo negócio. Se, a priori, não sabemos qual dos ativos apresentará o melhor retorno, como fazemos para diminuir esse risco.

A solução é formar um portfólio com dois desses ativos. A pergunta, nesse momento, seria quais ativos? Vejamos a tabela seguinte, em que mostramos os retornos dos três possíveis portfólios formados por estes três ativos (cada um desses portfólios possui metade de cada um desses ativos).

Tabela 2 – Exemplo de retornos de carteiras

	<b>Portfólio AB</b>	<b>Portfólio AC</b>	<b>Portfólio BC</b>
<b>Mês 1</b>	1%	10%	1%
<b>Mês 2</b>	1%	-8%	1%
<b>Mês 3</b>	1%	10%	1%
<b>Mês 4</b>	1%	-8%	1%
<b>Total</b>	4,1%	2,4%	4,1%
<b>Desvio Padrão</b>	0%	10%	0%

Claramente, os portfólios que possuem o ativo B são superiores. Apresentam o mesmo retorno (4,1%) com risco zero. Tanto faz, agora, o mês em que o investidor resgata seus investimentos. Todos os meses, o portfólio apresenta o mesmo retorno. O que ocorre, no entanto, com ativo B? Se olharmos a primeira tabela, vamos notar que o ativo B possui um comportamento exatamente oposto aos ativos A e C. Quando um sobe, o outro cai, e vice-versa. Isso significa que o ativo B possui correlação negativa com os ativos A e C. Já os ativos A e C possuem correlação positiva entre si.

Este é o chamado efeito portfólio, ou efeito diversificação. Ao montar um portfólio com ativos que tenham correlação menor do que 1, o desvio padrão deste portfólio será menor que a média ponderada dos desvios de cada um dos ativos que compõe esse portfólio. Assim, a média dos desvios padrão dos ativos A e B é 10%, mas o portfólio formado por esses dois ativos tem desvio padrão menor do que 10% (zero, nesse caso). Já no caso do portfólio AC, o desvio padrão é igual aos desvios de cada um dos ativos, por que a correlação é igual a 1. Neste caso, não houve efeito diversificação. Portanto, e essa é uma conclusão importante, sempre que agregarmos ativos com correlação menor do que 1 ao portfólio, estamos ajudando na diversificação do risco de mercado desse portfólio. A correlação não precisa ser negativa, basta que ela seja menor do que 1 para provocar o efeito diversificação.

Lembrando que o risco de mercado é dividido em duas partes. O risco sistemático, que é aquele que depende dos fatores que afetam todos os ativos, e o risco não sistemático, ou específico, que é gerado pelos riscos dos ativos individualmente. O risco específico pode ser diversificado a tal ponto de ser eliminado, de modo a não correremos risco de ativos individualmente. O risco sistemático, no entanto, não pode ser diversificado, pois todo o mercado é sujeito a ele.



#### 4. Beta

Vimos anteriormente que risco sistemático é a parte da volatilidade da ação que tem sua origem em fatores comuns a todas as ações do mercado. O Beta de uma ação em relação a um determinado índice de mercado mede o grau de sensibilidade desta ação aos acontecimentos que afetam todo o mercado. Quanto maior o beta, maior é esta sensibilidade e, portanto, maior o seu risco. Se o gestor de uma carteira de ações entende que o mercado como um todo não oferece retornos compatíveis com o risco assumido, ele poderia escolher ações com beta mais baixo para sua carteira, e vice-versa.

O beta é calculado através de uma regressão linear entre os retornos do ativo ou a carteira que se estar querendo medir, contra os retornos do parâmetro em relação ao qual se estar querendo medir a sensibilidade. É mais utilizado para fundos de ações. Digamos que a ação A e um índice de ações (por exemplo, o Ibovespa) tenham apresentado os seguintes retornos, nos últimos 4 meses:

Tabela 3 – Cálculo do beta

	Índice	Ação A
Mês 1	4%	1%
Mês 2	-1%	0%
Mês 3	-3%	-1%
Mês 4	3%	2%

Se desenharmos um gráfico com esses retornos, teremos:

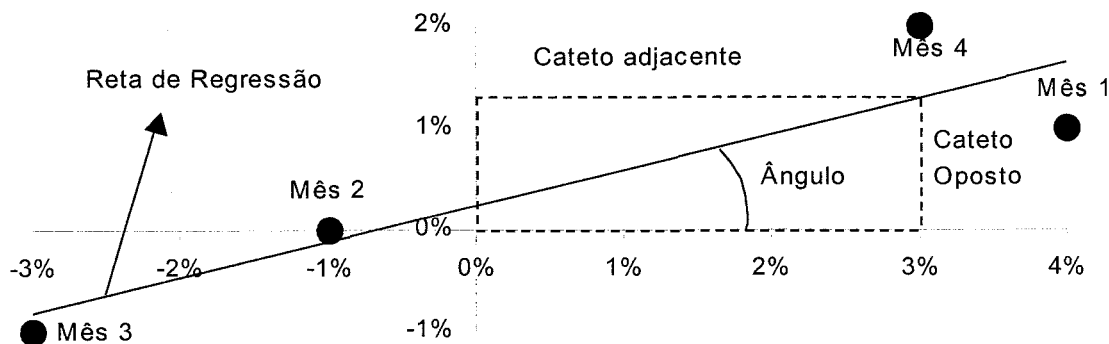


Figura 1 – Regressão linear

No gráfico acima, temos os pontos referentes aos quatro meses. Em seguida, podemos traçar uma reta, chamada reta de regressão, que procura passar o mais próximo possível dos quatro pontos. Essa reta pretende explicar o comportamento da ação A em função do índice. O beta nada mais é do que o coeficiente angular da reta, que é dado pela tangente do ângulo formado entre a reta e o eixo X. Apenas como lembrança, na trigonometria, a tangente de um ângulo é dado pela divisão entre o cateto oposto e o cateto adjacente do triângulo retângulo (linha pontilhada) formado entre o eixo X, o eixo Y e a reta de regressão. Assim, temos:

$$\beta = \frac{\text{CatetoOposto}}{\text{CatetoAdjacente}} \approx \frac{1,2}{3} \approx 0,4$$

Uma outra forma de cálculo do beta, mais precisa, é através da fórmula a seguir:

$$\beta = \frac{\text{COV}(A;I)}{\sigma_i^2}$$

Onde COV (A;I) é a covariância entre os retornos da ação e os retornos do índice, e  $\sigma_i^2$  é a variância dos retornos do índice.

O gráfico a seguir mostra o comportamento de três ações com betas diferentes em relação ao índice de mercado. Poderiam ser também três carteiras ou fundos de ações. Podemos observar que, para ações com beta 1 (ação B), para cada ponto percentual que o mercado sobe, a carteira tende a subir também um ponto percentual. Já para ações com beta 0,5 (ação C), a ação tende a subir meio ponto percentual para cada um que sobe o mercado. E finalmente, a ação com beta 2 (ação A) tende a subir dois pontos percentuais para cada um que sobe o mercado. Essa é a lógica do cálculo do beta.

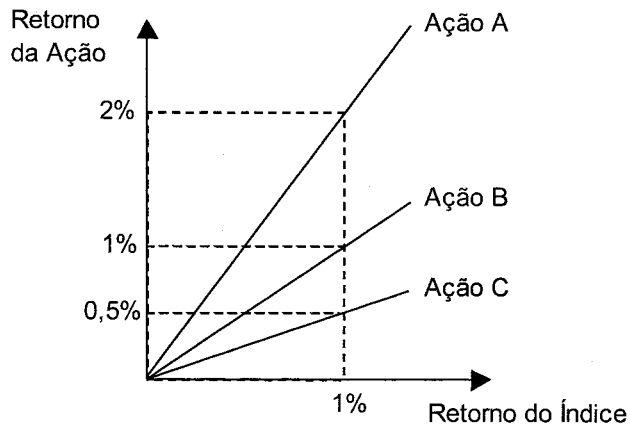


Figura 2 – Exemplos de beta

Por outro lado, estamos falando de tendências estatísticas, e não de algo líquido e certo, que se repetirá precisamente a cada dia. Lembrando que o beta mede apenas o risco sistemático, e não o risco total da ação. Por esse motivo, a ação pode apresentar retornos substancialmente diferentes do mercado no dia-a-dia, mesmo tendo beta igual a 1. A seguir um exemplo.

Tabela 4 – Beta igual a 1

Ação	Índice
0,0%	0,0%
-1,5%	-1,0%
-1,0%	-1,0%
-0,5%	-1,0%
0,5%	1,0%
1,0%	1,0%
1,5%	1,0%

Beta = 1

Ou seja, uma ação pode ter risco sistemático igual ao mercado (beta 1), mas também risco não sistemático, o que se traduz em volatilidade dos retornos em relação ao mercado.

## 5. Estatística Aplicada

Neste tópico serão apresentados alguns conceitos de estatística de uma forma simplificada, importantes para uma melhor compreensão do tema proposto.

### 5.1. Média Aritmética Simples

As medidas de posição ou de tendência central visam identificar em que posição os dados de uma série se concentram. A média é a medida de tendência central mais utilizada. Dentre os vários tipos de médias existentes, é possível destacar a média aritmética simples, a média aritmética ponderada, a média harmônica e a média geométrica. Neste trabalho, utilizaremos apenas o conceito de Média Aritmética Simples.

A média aritmética simples é calculada pela divisão entre a soma dos dados existentes numa série que se está analisando e o número de valores contidos numa série:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Onde:

$n$  é o número de dados na série,

$X_i$  é o valor de cada dado e

$\bar{X}$  a média aritmética simples

### 5.2. Variância e Desvio-Padrão

As medidas de dispersão, como o próprio nome já sugere, mostram como os valores de uma série se dispersam em relação à sua média. As principais medidas de dispersão são: Variância e o Desvio-Padrão.

A variância é obtida calculando-se a média dos desvios quadrados de uma série em relação à média da série. Os valores são elevados ao quadrado para se fugir do sinal negativo que alguns desvios possuem. A variância é dada pela seguinte fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}$$

Onde:

$n$  é o número de dados na série,

$\bar{X}$  a média aritmética simples,

$(x_i - \bar{X})$  dispersão de cada um dos números da série,

$\sigma^2$  variância da série.

Utiliza-se  $(n - 1)$  no denominador da fórmula acima em vez de  $(n)$ , para representar o número de dados total da amostra, por que deduções estatísticas mostram que com  $(n - 1)$  a variância calculada pela amostra representa melhor a variância da população. O mesmo conceito vale para o cálculo do desvio-padrão apresentado a seguir.

O desvio padrão de uma série é a raiz quadrada da variância.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}}$$

Onde:

$n$  é o número de dados na série,

$\bar{X}$  a média aritmética simples,

$(x_i - \bar{X})$  dispersão de cada um dos números da série,

$\sigma$  desvio padrão da série.

### 5.3. Covariância

Sabemos intuitivamente que quando os juros sobem, espera-se que os preços das ações caiam. Este comportamento mostra que há uma covariância entre as variáveis taxa de juros e preços das ações. A covariância é uma medida que avalia como as variáveis X e Y se inter-relacionam de forma linear, ou seja, como Y varia em relação a uma determinada relação de X. A fórmula da covariância entre X e Y é:

$$\text{COV}_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{(n - 1)}$$

Onde:

$\bar{x}$  é a média aritmética da variável x,

$\bar{y}$  é a média aritmética da variável y,

n é o número de dados na série,

$(x_i - \bar{x})$  dispersão de cada um dos números da variável X,

$(y_i - \bar{y})$  dispersão de cada um dos números da variável Y,

$\text{COV}_{XY}$  Covariância entre a série X e a série Y.

Se a covariância for positiva, significa que as duas variáveis variam na mesma direção, isto é, se uma aumenta, a outra também aumenta e vice-versa. Se a covariância for negativa, significa que as duas variáveis variam em direções inversas, isto é, se uma sobe a outra desce e vice-versa. Quanto mais próximo de zero for a covariância, menor será a possibilidade de se identificar um comportamento interdependente entre as variáveis.

### 5.4. Correlação

A covariância busca mostrar se há um comportamento de interdependência linear entre duas variáveis. Porém a covariância é uma medida dimensional, sendo afetada pela unidade de medida

da série X e da série Y. Para corrigir esse problema da covariância, chegou-se à medida de correlação, que é um número adimensional que varia entre  $-1$  e  $1$ . A correlação (ou coeficiente de correlação) é dado pela fórmula:

$$\rho_{XY} = \frac{COV_{XY}}{\sigma_x \times \sigma_y}$$

Onde:

$COV_{XY}$  covariância entre a série X e a série Y,

$\sigma_x$  e  $\sigma_y$  são respectivamente os desvios padrões das séries X e Y,

$\rho_{XY}$  é a correlação entre a série X e a série Y.

O coeficiente de correlação mostra se há relação linear entre duas séries de dados X e Y. Se o coeficiente de correlação for igual a  $1$ , significa que existe correlação linear positiva perfeita entre X e Y, de tal forma que se X aumenta, Y também aumenta na mesma proporção. Assim sendo, os pontos estão alinhados perfeitamente numa reta que sobe quando X aumenta.

Se o coeficiente de correlação for igual a  $-1$  significa que existe relação linear negativa perfeita entre X e Y, de tal forma que se X aumenta, Y também diminui na mesma proporção. Assim sendo, os pontos estão alinhados perfeitamente numa reta que desce quando X aumenta.

Quando a correlação não é perfeita, os pontos não estão alinhados em uma reta, porém há relação de linearidade entre X e Y. Se a correlação for positiva, quando X aumenta há a tendência de Y aumentar e vice-versa. Se a correlação for negativa, quando X aumenta há a tendência de Y diminuir e vice-versa. Finalmente, quando a correlação for zero, não existe relação de linearidade entre as variáveis X e Y.

### 5.5. Coeficiente de Determinação ( $R^2$ )

Duas variáveis X e Y, por exemplo, possuem relação linear, pois o coeficiente de correlação entre elas é 0,70. Isso significa que temos uma tendência bem definida de linearidade, quando X aumenta, Y em média também aumenta, e quando X diminui, em média Y também diminui.

Se a correlação fosse perfeita, ou seja, igual a 1 ou  $-1$ , toda a variação em Y seria explicada por uma variação em X, uma vez que todos os pontos (X, Y) estão alinhados perfeitamente em cima de uma linha reta.

Se a correlação for positiva ou negativa, a linha reta não é suficiente para explicar as variações de Y a partir das variações de X. Em ambos os casos, parte da variação em Y é explicada pelas variações em X. Porém, parte da variação de Y se deve a fatores aleatórios que tiram os pontos de cima da reta.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mostra quanto da variação de Y é explicada pela variação de X e quanto da variação de Y é devida a fatores aleatórios. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) está relacionado com o coeficiente de correlação, pois a correlação mostra se os pontos estão alinhados sobre a reta ou se estão dispersos. A fórmula do coeficiente de determinação é dada por:

$$R^2 = \rho_{XY}^2$$

Onde,  $\rho_{XY}$  é a correlação entre a série X e a série Y. Portanto o coeficiente de determinação é o quadrado do coeficiente de correlação. No exemplo acima, onde duas variáveis possuem coeficiente de correlação de 0,70, teremos um coeficiente de determinação de 0,49 ou 49% ( $R^2 = 0,70^2 = 0,49$ ). Isso significa que 49% da variação de Y é explicada por variações em X. Os outros 51% da variação de Y são explicados por fatores aleatórios.



## Capítulo III - Arbitragem

### 1. Definição de Arbitragem

Arbitragem, em sua forma mais pura, é definida como a compra de um ativo em um mercado para venda imediata do mesmo ativo em outro mercado, com o objetivo de lucrar a partir de discrepâncias de preços. Essa estratégia resulta num lucro imediato e livre de risco.

Por exemplo, suponhamos que o preço de uma determinada ação esteja sendo negociado na NYSE fora de sincronia com seu contrato futuro correspondente na Bolsa de Chicago. Um trader poderia simultaneamente vender o ativo mais caro e comprar o outro, obtendo, portanto, o lucro da diferença. Esse tipo de arbitragem requer que pelo menos uma das seguintes três condições sejam violadas (como já vimos, através da lei do preço único):

- O mesmo ativo deve ser negociado pelo mesmo preço, em todos os mercados – excluindo, no entanto, fatores externos, como tratamento fiscal, custos de negociação e etc.
- Dois ativos com fluxos de caixa idênticos devem ser negociados pelo mesmo preço, num mesmo mercado, ou em quaisquer mercados.
- Um ativo que possua um preço futuro conhecido (através de contratos futuros) deve ser negociado no momento zero pelo preço futuro descontado por uma taxa livre de risco.

Um outro exemplo de arbitragem. Tomemos uma ação de uma companhia brasileira, também negociada em uma bolsa nos EUA na forma de ADR's (American Depositary Receipts). Suponhamos que o preço deste ativo ainda não tenha se ajustado às constantes variações da taxa de câmbio. Dessa forma, um trader poderá comprar aquela que estiver subvalorizada, vendendo ao mesmo tempo o ativo que estiver acima do preço, obtendo lucro a partir da diferença.

Existem diversas formas de arbitragem, que são conhecidas por diferentes nomes. Aqui vão alguns exemplos:

### 1.1. Arbitragem Estatística

Uma situação potencial de lucro que surge a partir de ineficiências de preços entre ativos. Investidores identificam a possível arbitragem através de modelos matemáticos. O conceito está diretamente relacionado à probabilidade de que os ativos tendem a seguir certo comportamento histórico. Essa forma de arbitragem, no entanto, não é isenta de risco.

### 1.2. Arbitragem de Mercado

Basicamente, comprar e vender o mesmo papel, ao mesmo tempo, em diferentes mercados, a fim de obter uma vantagem a partir das diferenças de preço entre os dois mercados. Um profissional venderia no mercado que pratica temporariamente a cotação mais alta, comprando no local onde o preço está mais baixo. Na prática, oportunidades como essa surgem e desaparecem em questão de poucos minutos. A própria ação dos traders, vendendo no local onde o preço está mais alto, faz com que as cotações recuem. O contrário também é verdadeiro, no mercado onde o ativo está cotado por um preço inferior.

### 1.3. Arbitragem de Risco

Trata-se de uma definição ampla para três tipos de arbitragem que contém algum elemento de risco.

- Arbitragem de Fusão e Aquisição: A compra da ação de uma companhia que está sendo adquirida por outra, e simultaneamente, venda da ação da companhia que está comprando.
- Arbitragem de Liquidação: Pouco comum em nosso mercado, mas muito praticado nos Estados Unidos – quando empresas são compradas e vendidas em partes menores. Trata-se de explorar a diferença entre o valor atual da ação da empresa e seu valor estimado quando esta sofrer o processo de liquidação.
- Pairs Trading (Negociação em Pares ou Arbitragem de Ativos Correlacionados): Tema deste trabalho. Trata-se de explorar a diferença no comportamento de ações de empresas similares, pertencentes à mesma indústria, por exemplo, e que historicamente possuem alto nível de

correlação. Quando o preço de duas destas ações diverge a partir de um comportamento histórico, poderemos aproveitar a diferença, vendendo a mais cara e comprando a mais barata. Historicamente, ambas deverão convergir para o mesmo ponto, de forma que poderemos lucrar com a discrepância. Esse tema será mais profundamente desenvolvido adiante.

#### 1.4. Arbitragem de Renda Fixa

Uma estratégia que tem como objetivo lucrar a partir de oportunidades de arbitragem em ativos de renda fixa (pré ou pós-fixados). Um investidor, usando essa estratégia, assumirá posições opostas no mercado, a fim de obter vantagens de pequenas diferenças de preço em taxas de juros. Essa estratégia é bastante utilizada em Hedge Funds, que tentam explorar oportunidades que surgem em swaps de taxas de juros, títulos de dívida soberana, títulos privados, contratos futuros de taxas de juros e etc.

#### 1.5. Arbitragem de Índice

Uma estratégia desenhada para lucrar a partir de discrepâncias entre os preços das ações que fazem parte de um índice e o preço do contrato futuro deste índice. Através da compra e venda simultânea das ações e do índice, o investidor poderá algumas vezes explorar ineficiências de mercado para obter lucro. Devido à necessidade de compra e venda de muitas ações e futuros diferentes, esse tipo de arbitragem possui custos elevados, e está disponível apenas para grandes investidores.

Existem ainda outras formas de arbitragem, mas essas são as principais. Todas, no entanto, tem o mesmo objetivo final. Investidores que adotam a estratégia estão constantemente a procura de ineficiências no mercado e por ativos com preços incorretos ou defasados (que ainda não incorporaram todas as informações disponíveis), a fim de obter lucro com pouco ou nenhum risco. Oportunidades de arbitragem são freqüentemente muito difíceis de detectar, uma vez que esses desvios geralmente são muito pequenos. Além disso, tendem a desaparecer quase que imediatamente, já que a própria ação dos arbitradores faz com que as oportunidades desapareçam.

Devido a essas características, grandes investidores precisam dispor de computadores e sistemas sofisticados, a fim de monitorar essas oportunidades.

## 2. Arbitragem de Ativos Correlacionados (Pairs Trading)

‘Quants’. Esta é a maneira pela qual os pesquisadores de mercado são chamados em Wall Street.. Esses profissionais utilizam técnicas de análise quantitativa para desenvolver estratégias de negociação lucrativas, através da análise da relação matemática entre os preços dos ativos. Durante a década de 80, um grupo de ‘Quants’, trabalhando para o Morgan Stanley, desenvolveu com grande sucesso a estratégia denominada “Pairs Trading” (ou negociação em pares). Desde então, investidores institucionais e mesas de operações de grandes bancos de investimento têm obtido resultados com o modelo.

Convenientemente, bancos de investimento e gerentes de fundos mútuos de investimento não costumam dividir com o público suas estratégias de negociação mais lucrativas. Dessa forma, a metodologia permaneceu em segredo entre os melhores profissionais, até o advento da Internet. A negociação ‘on-line’ tornou acessível para novatos informações financeiras em tempo real, trazendo-lhes a oportunidade de acessar quaisquer tipos de estratégias de investimento. Não demorou muito para o “Pairs Trading” atrair investidores individuais, ou pequenos investidores, buscando minimizar riscos e maximizar lucros em suas carteiras.

A arbitragem de ativos correlacionados tem o potencial de gerar lucros através de posições relativamente simples e com baixo risco. A estratégia pode ser chamada de ‘market-neutral’ (posicionamento de mercado neutro). Isso significa que, desde que o objetivo do investidor seja posicionar-se em determinado setor ou mercado, o risco sistemático não afeta seus ganhos ou perdas. O modelo consiste em encontrar dois ativos altamente correlacionados, e quando a relação entre os preços desses ativos oscilar um determinado número de desvios ( $\sigma$ ), vender um ativo em comprar o outro. Quando os preços dos ativos retornarem à sua média histórica, a carteira realizará lucro em uma ou ambas as posições.

Vamos analisar um exemplo no mercado de ações. O primeiro passo para construir a estratégia será encontrar dois ativos altamente correlacionados. Na prática, isso significa que os negócios deverão pertencer à mesma indústria ou setor da economia. Poderíamos, por exemplo, selecionar intuitivamente duas ações do setor bancário: Bradesco e Itaú. Trata-se de grandes

corporações privadas do setor bancário nacional. E por que foi uma seleção intuitiva? Por que essa escolha não se baseou em critérios técnicos, como correlação e coeficiente de determinação. Por enquanto, podemos apenas intuir que os preços devem caminhar juntos, já que pertencem à mesma indústria.

A seguir, podemos formar um gráfico com a relação dos preços dessas ações (calculado através da divisão do preço da ação do Itaú pelo preço da ação do Bradesco). Vamos considerar o período de 01/07/2004 a 28/07/2005. A partir de agora vamos denominar o gráfico como “Curva de Performance Relativa”. A linha central representa a média móvel de 3 meses desta relação. Podemos tanto trabalhar com o conceito de média histórica, calculada sobre um determinado período fixo de tempo, ou média móvel, cujo cálculo utiliza sempre uma amostra mais recente da curva, como os últimos 3 meses, por exemplo. A utilização de uma ou outra metodologia, dependerá basicamente do comportamento do mercado, ou seja, mais ou menos volátil, mais ou menos ascendente, e assim por diante.

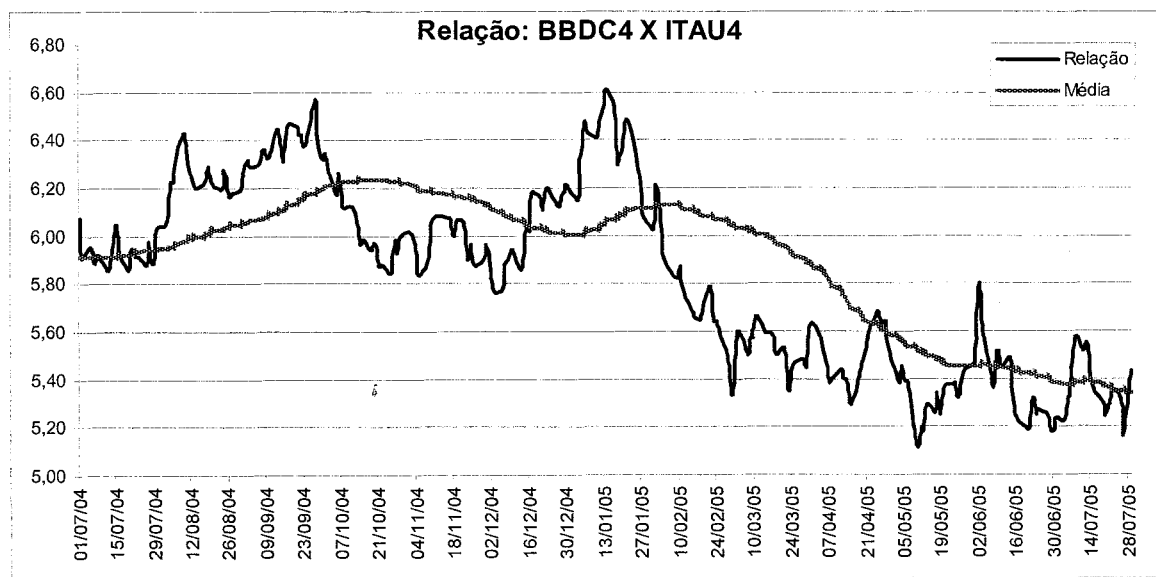


Figura 3 – Relação BBDC4 x ITAU4

A “Curva de Performance Relativa” nada mais é do que a seqüência de resultados do quociente formado pelos preços da ação do Itaú – denominador – com a ação do Bradesco –

numerador. Sabemos que os picos situados acima da média da curva (linha central) formada por esses quocientes são gerados a partir das seguintes combinações de resultados.

Tabela 5 – Formação da “Curva de Performance Relativa”

<b>Itaú</b>	<b>Bradesco</b>
Alta (maior)	Alta (Menor)
Alta	Constante
Alta	Queda
Constante	Queda
Queda (menor)	Queda (Maior)

Por analogia, os pontos mais baixos no gráfico formam-se quando ocorrem situações opostas.

Podemos dizer que quando a curva estiver em seu ponto mais alto, a ação do Itaú estará mais valorizada ou acima do preço, em comparação à ação do Bradesco. O oposto também será verdadeiro quando o gráfico atingir o ponto mais baixo. Note que não estamos afirmando que a ação está valorizada ou desvalorizada, em relação ao seu preço ideal de mercado. Estamos afirmando que o preço está mais ou menos valorizado em relação ao seu par, já que trata-se uma curva de performance “relativa”. Em nossa análise, um papel poderia estar vivendo um momento ruim no mercado, e ainda assim estar valorizado em relação ao seu par, que vive momento ainda pior. Por esse motivo, a estratégia será útil para maximizar resultados no posicionamento de uma carteira em um setor da economia (estratégia adotada por um fundo setorial, por exemplo). Não se trata de uma estratégia livre de riscos, já que ambas as ações podem cair. O objetivo nesse momento será, “pretendo investir no setor de bens de consumo, bancário ou mineração, por exemplo, e desejo obter melhores resultados”, e não, “desejo obter melhores resultados negociando ações”.

Mas se os ativos são altamente correlacionados, por que determinada ação apresentará num dado momento retorno bem superior ou inferior à outra? Como vimos anteriormente, apesar do risco sistemático afetar ambas as ações de forma bastante semelhante, ainda existirá o risco não sistemático, ou específico, inerente àquela empresa, e que exercerá influência diversa em cada um dos ativos, fazendo com que um deles apresente em um determinado momento, retornos

superiores ou inferiores em relação ao seu par, desligando-se temporariamente de seu comportamento histórico. Como esperamos que tais desvios sejam de fato temporários (caso contrário não haveria correlação), os preços futuros deverão novamente convergir para sua média histórica, criando nesse momento uma oportunidade de arbitragem. Assim, poderíamos aproveitar a situação, comprando o papel que estiver mais baixo em relação ao seu par.

A Lei do Preço Único forneceria uma outra possível explicação. Se dois ativos possuem fluxos de caixa idênticos (ou semelhantes, no nosso exemplo, já que ambas as empresas situam-se na mesma indústria, dispondo de oportunidades de negócios similares e boa administração), não há razão para acreditar que seus retornos serão muito distintos. Se forem, haverá oportunidade de arbitragem. Poderemos, de forma confiante, vender aquele que estiver acima do preço para adquirir o ativo subvalorizado, já que na seqüência, o mercado corrigirá o desvio e realizaremos um lucro. Por esse motivo a Lei afirma que poderão existir violações ao princípio do preço único, principalmente quando os mercados não são eficientes – e estudos confirmam que os mercados de fato não o são.

Suponhamos, por exemplo, que os resultados de uma companhia sejam mal interpretados, ou que determinada empresa se envolva numa briga familiar pela sucessão na administração. Fatores como esses afetam as ações, mas não necessariamente poderão se refletir em resultados negativos. Se o mercado incorporar essas informações ao preço das ações de forma ineficiente, poderíamos adquirir ações mais baratas, e aguardar novas notícias, a fim de confirmar o bom desempenho da empresa e realizar resultados.

Se uma estratégia de pares estivesse sendo aplicada, estaríamos nesse momento num dos extremos do gráfico (uma das ações permanece valorizada, enquanto a outra cai). Por esse motivo, a utilização da “Curva de Performance Relativa” torna ainda mais fácil a identificação do momento adequado para a arbitragem, ou seja, se ambas as empresas devem apresentar retornos similares, e nesse momento demonstram comportamentos diversos, uma delas possivelmente estará mal precificada ou fora do preço. O operador certamente notará que as recentes notícias afetaram a cotação desse papel de forma exagerada, podendo assumir posições neste, aguardando nova alta de preços.



Obviamente, esse movimento não é imune a risco. O temor inicial poderá se confirmar e o preço da companhia subvalorizada permanecerá nesse nível indefinidamente, ou, romperia ainda mais com a média história, apresentando novas quedas. Seria uma situação atípica (já que os ativos são historicamente correlacionados) mas possível. Por esse motivo, antes de implementar a estratégia, é necessário definir pontos de stop-loss, ou seja, definir antecipadamente o momento em que a estratégia seria abandonada, caso o retorno de um papel demonstre continuamente ser inferior ao outro.

Mas quando trocar um papel pelo outro? Afinal, existem custos de negociação. Como avaliar se a oportunidade é boa o suficiente? Como definir pontos de troca e de stop-loss? Além disso, como selecionar ativos para a implementar a estratégia e garantir um nível de correlação adequado? Procuraremos responder essas e outras questões a seguir.

## Capítulo IV - Seleção de Ativos Correlacionados

### 1. Análise Setorial

O primeiro passo na construção da estratégia de Arbitragem de Ativos Correlacionados será, evidentemente, encontrar ativos correlacionados. Um bom começo seria selecionar ações pertencentes ao mesmo setor da economia. Não existe, porém, necessidade de criarmos critérios próprios de classificação setorial. Esse não é nosso objetivo. Precisamos apenas de pistas de ativos correlacionados, para em seguida, aplicar o modelo de análise. Por esse motivo, poderemos utilizar os critérios de classificação setorial fornecidos pela Bovespa, conforme segue.

A estrutura para a classificação setorial da Bovespa foi elaborada considerando-se, principalmente, os tipos e os usos dos produtos ou serviços desenvolvidos pelas empresas, com os seguintes propósitos:

- Fornecer uma identificação mais objetiva dos setores de atuação das empresas, já a partir do primeiro nível da estrutura;
- Permitir uma visão sobre empresas que, embora com atividades diferentes, atuem em estágios similares da cadeia produtiva ou com produtos/serviços relacionados e tendam a responder de forma semelhante às condições econômicas;
- Facilitar a localização dos setores de atuação das empresas negociadas; e
- Aproximar-se de critérios utilizados pelo mercado financeiro nacional e internacional.

Para a classificação das empresas, foram analisados os produtos ou serviços que mais contribuem para a formação das receitas das companhias, considerando-se, ainda, as receitas geradas no âmbito de empresas investidas de forma proporcional às participações acionárias detidas. No caso de companhias de participação, foi considerada a contribuição de cada setor na formação das receitas consolidadas, sendo que:

- Se algum setor representou participação maior ou igual a dois terços das receitas, a empresa de participação foi classificada nesse setor;

- Caso contrário, a empresa de participação foi classificada como holding diversificada.

Por ocasião da elaboração desse trabalho, as empresas listadas na Bovespa possuem a seguinte classificação setorial (classificadas por setor, subsetor e segmento):

Tabela 6 – Classificação setorial das empresas listadas na Bovespa

<b>Petróleo e Gás</b>	<b>Petróleo e Gás</b>	<b>Exploração e/ou Refino</b>
		Ipiranga Refinadora
		Petróleo Manguinhos
		Petrobras
		<b>Distribuição de Combustíveis</b>
		Y P F
		Ipiranga Distribuidora
		Ipiranga Petróleo
<b>Materiais Básicos</b>	<b>Mineração</b>	<b>Minerais Metálicos</b>
		Caemi
		Vale do Rio Doce
	<b>Siderurgia e Metalurgia</b>	<b>Siderurgia</b>
		Acesita
		Acos Villares
		Belgo Mineira
		Ferbasa
		Gerdau
		Gerdau Metalúrgica
		Siderúrgica Nacional
		Siderúrgica Tubarão
		Usiminas
		Vicunha Siderúrgica
		<b>Artefatos de Ferro e Aço</b>
		Aliperti
		Confab
		Fibam
		Mangels Industrial
		Metalúrgica Duque
		Micheletto
		Panatlantica
		Tekno
		Wetzel S/A
		Wiest
		<b>Artefatos de Cobre</b>
		Caraíba Met
		Eluma
		Paranapanema
		SAM Industrial
<b>Materiais Básicos</b>	<b>Químicos</b>	<b>Petroquímicos</b>
		Braskem
		Copesul
		Elekeiroz
		GPC Part
		M G Poliest
		Petroflex
		Petroquímica União
		Petroquisa
		Polialden
		Polipropilen
		Polipr Part

		Políteno
		Pronor
		Suzano Petroquímica
		Unipar
		<b>Fertilizantes e Defensivos</b>
		Adubos Trevo
		Fertibrás
		Fosfértil
		<b>Químicos Diversos</b>
		Millennium
	<b>Madeira e Papel</b>	<b>Madeira</b>
		Duratex
		Eucatex
		Manasa
		<b>Papel e Celulose</b>
		Aracruz
		Celul Irani
		Klabin S/A
		Melhor SP
		Melpaper
		Ripasa
		Suzano Papel
		V C P
	<b>Embalagens</b>	<b>Embalagens</b>
		Dixie Toga
		Metal Iguaçu
		Petropar
		Rimet
	<b>Materiais Diversos</b>	<b>Materiais Diversos</b>
		Magnesita
		Sansuy
		Torion
<b>Bens Industriais</b>	<b>Material de Transporte</b>	<b>Material Aeronáutico</b>
		Embraer
		<b>Material Ferroviário</b>
		Cobrasma
		<b>Material Rodoviário</b>
		Albarus
		Arteb
		D H B
		Fras-Le
		Iochnp-Maxion
		Marcopolo
		Metal Leve
		Plascar Part
		Randon Part
		Recrusul
		Riosulense
		Tupy
	<b>Equipamentos Elétricos</b>	<b>Equipamentos Elétricos</b>
		Trafo
	<b>Máquinas e Equipamentos</b>	<b>Motores e Compressores</b>
		Embraco
		Mundial
		Schulz
		Weg
		<b>Máqs. e Equip. Industriais</b>
		Bardella
		Inds Romi
		Inepar
		Kepler Weber
		Nordon Met

		<b>Máqs. e Equip. Construção e Agrícolas</b>
		Aço Altona
		Metisa
		<b>Máqs. e Equip. Hospitalares</b>
		Baumer
		Celm
		D F Vasconc
		<b>Armas e Munições</b>
		CBC Cartucho
		Forja Taurus
	<b>Tecnologia da Informação</b>	<b>Computadores e Equipamentos</b>
		Itautec
		<b>Programas e Serviços</b>
		Idciasnet
	<b>Serviços</b>	<b>Serviços Diversos</b>
		Contax
		Dijon
		DTCOM-Direct
	<b>Comércio</b>	<b>Material de Transporte</b>
		Mínasmáquina
		<b>Máquinas e Equipamentos</b>
		Lark Maqs
<b>Construção e Transporte</b>	<b>Construção e Engenharia</b>	<b>Materiais de Construção</b>
		Camargo Cim
		Chiarelli
		CP Cimento
		Eternit
		Fer Demellot
		Haga S/A
		Portobello
		<b>Construção Civil</b>
		Brazil Realt
		Cimob Part
		Const A Lind
		Gafisa
		Joao Fortes
		Rossi Resid
		Sergen
		SPEL Empreem
		<b>Construção Pesada</b>
		Azevedo
		Lix da Cunha
		Mendes Jr
		Sultepe
		<b>Engenharia Consultiva</b>
		Sondotecnica
		Tecnosolo
	<b>Transporte</b>	<b>Transporte Aéreo</b>
		Gol
		Tam S/A
		Varig
		Varig Transp
		Vasp
		<b>Transporte Ferroviário</b>
		All Amer Lat
		BR Ferrovias
		Fer C Atlant
		Ferronorte
		Grucai
		MRS Logist
		<b>Transporte Hidroviário</b>
		Trevisa

		<b>Exploração de Rodovias</b>
		Bgpar
		CCR Rodovias
		Concepa
		Econorte
		Ecosul
		NovaDutra
		OHL Brasil
		Triunfo Participações
		<b>Serviços de Apoio e Armazenagem</b>
		Ban Armazens
		Doc Imbituba
		Varig Serv
<b>Consumo Não Cíclico</b>	<b>Alimentos</b>	<b>Café</b>
		Cacique
		Café Brasília
		Iguacu Café
		<b>Grãos e Derivados</b>
		Granoleo
		J B Duarte
		Leco
		<b>Carnes e Derivados</b>
		Avipal
		Excelsior
		Minupar
		Perdigão
		Sadia
		<b>Laticínios</b>
		Parmalat
		Vigor
		<b>Alimentos Diversos</b>
		CTM Citrus
		Josapar
		Oderich
		Rasip Agro
		Renar
		Usin C Pinto
	<b>Bebidas</b>	<b>Cervejas e Refrigerantes</b>
		Ambev
		Flum Refrigerantes
	<b>Fumo</b>	<b>Cigarros e Fumo</b>
		Souza Cruz
	<b>Prods. de Uso Pessoal e de Limpeza</b>	<b>Produtos de Uso Pessoal</b>
		Natura
		<b>Produtos de Limpeza</b>
		Bombril
	<b>Saúde</b>	<b>Medicamentos</b>
		Biommm
		<b>Análises e Diagnósticos</b>
		DASA
	<b>Comércio</b>	<b>Alimentos</b>
		Bompreco Bah
		Pão de Açúcar - CBD
		<b>Medicamentos</b>
		Dimed
		Drogasil
<b>Consumo Cíclico</b>	<b>Tecidos, Vestuário e Calçados</b>	<b>Fios e Tecidos</b>
		Buettner
		Cedro
		Coteminas
		Dohler
		Encorpar

	F Guimarães
	Fab C Renaux
	Indústria Cataguás
	Karsten
	Kuala
	Pettenati
	Santanense
	Santistextil
	Schlosser
	Tecelagem Blumenau
	Tecelagem S Jose
	Teka
	Tex Renaux
	Vicunha Text
	Wembley
	<b>Couro</b>
	Arthur Lange
	<b>Vestuário</b>
	Cia Hering
	Marisol
	Staroup
	<b>Calçados</b>
	Alpargatas
	Cambuci
	Grendene
	Vulcabrás
<b>Utilidades Domésticas</b>	<b>Eletrodomésticos</b>
	Brasmotor
	Gradiente
	Multibrás
	Springer
	<b>Móveis</b>
	Bergamo
	<b>Utensílios Domésticos</b>
	Gazola
	Hercules
	Nadir Figueiredo
<b>Mídia</b>	<b>Televisão por Assinatura</b>
	NET
	<b>Jornais, Livros e Revistas</b>
	Docas
	Saraiva Livraria
<b>Hotelaria</b>	<b>Hotelaria</b>
	Blue Tree
	Eldorado
	Hoteis Othon
	Sauípe
<b>Lazer</b>	<b>Bicicletas</b>
	Bicocletas Caloi
	Bicicletas Monark
	<b>Brinquedos e Jogos</b>
	Estrela
	TecToy
	<b>Parques de Diversão</b>
	Parque Hopi Hari
<b>Diversos</b>	<b>Aluguel de Carros</b>
	Localiza
<b>Comércio</b>	<b>Tecidos, Vestuário e Calçados</b>
	Grazziotin
	Guararapes
	Lojas Hering
	Lojas Renner

		<b>Eletrodomésticos</b>
		Globex
		Semp
		<b>Livrarias e Papelarias</b>
		Livrarias Globo
		<b>Produtos Diversos</b>
		Lojas Americanas
		Shoptime
		Submarino
<b>Telecomunicações</b>	<b>Telefonia Fixa</b>	<b>Telefonia Fixa</b>
		Brasil Telecom Participações
		Brasil Telecom
		Embratel Participações
		Geodex
		La Fonte Participações
		La Fonte Telecomunicações
		LF Telecomunicações
		Tef Data Bra
		Telefônica
		Telemar
		Telemar N L
		Telemar Participações
		Telesp
	<b>Telefonia Móvel</b>	<b>Telefonia Móvel</b>
		Americel
		CRT Celular
		Inepar Telecomunicações
		Tele Centro Oeste
		Tele Leste Celular
		Tele Norte Celular
		Tele Sudeste
		Telemig Celular
		Telemig Participações
		Telesp Celular
		Telet
		TIM Participações
		TIM Sul
<b>Utilidade Pública</b>	<b>Energia Elétrica</b>	<b>Energia Elétrica</b>
		521 Particip
		AES Elpa
		AES Sul
		AES Tietê
		Ampla Energia
		Baesa
		Caiua
		Ceb
		Celesc
		Celg
		Celpa
		Celpe
		Cemat
		Cemig
		Cesp
		Coelba
		Coelce
		Copel
		Cosern
		CPFL Energia
		CPFL Geracao
		CPFL Piratininga
		EBE
		Elektro



		Eletróbrás
		Eletrópaulo
		EMAE
		Energia Paulista
		Energias BR
		Enersul
		Escelsa
		F Cataguazes
		Ger Paranapanema
		Ienergia
		Investco
		Itapebi
		Iven
		Light
		Lightpar
		Neoenergia
		Paul F Luz
		Rio Gde Ener
		Tractebel
		Tran Paulist
		VBC Energia
	<b>Água e Saneamento</b>	<b>Água e Saneamento</b>
		Casan
		Sabesp
		Sanepar
		Sanesalto
	<b>Gás</b>	<b>Gás</b>
		CEG
		Comgas
		Ultrapar
		WLM Ind Com
<b>Financeiro e Outros</b>	<b>Intermediários Financeiros</b>	<b>Bancos</b>
		Alfa Consórcio
		Alfa Holding
		Alfa Investimentos
		Amazonia
		Banese
		Banespa
		Banestes
		Banpara
		Banrisul
		Besc
		Bradesco
		Brasil
		BRB Banco
		Estado Ceará
		Estado Piauí
		Itaubanco
		Itausa
		Mercantil do Brasil
		Mercantil Investimentos
		Nordeste Brasil
		Renner Participações
		Sudameris
		Unibanco
		Unibanco Holdings
		Votorantim
		<b>Soc. Crédito e Financiamento</b>
		Alfa Financeira
		Exprinter
		Finansinos
		Mercantil Financeira

		<b>Soc. Arrendamento Mercantil</b>
		Bradesco LSG
		Itauleasing
	<b>Securizadoras de Recebíveis</b>	<b>Securizadoras de Recebíveis</b>
		Aetatis Sec
		Altere Sec
		Beta Securit
		Fibrasec
		Imigrantes
		Rio Bravo
		Ulbra Receb
		Univercidade
		WT NSBC
		WT Securit
		WT TC
	<b>Previdência e Seguros</b>	<b>Seguradoras</b>
		Par Al Bahia
		Porto Seguro
		Seguradora Al Bahia
		Seguradora Min Bras
		Sul América Nacional
		<b>Soc. de Capitalização</b>
		Sulacap
	<b>Exploração de Imóveis</b>	<b>Exploração de Imóveis</b>
		Cor Ribeiro
		Sao Carlos
		SPTuris
<b>Financeiro e Outros</b>	<b>Holdings Diversificadas</b>	<b>Holdings Diversificadas</b>
		Bahema
		Battistella
		Bradespar
		Bradesplan
		Habitasul
		Monteiro Aranha
		Polpar
		Suzano Holdings
	<b>Serviços Diversos</b>	<b>Serviços Diversos</b>
		Rail Sul
	<b>Outros</b>	<b>Outros</b>
		Cemepe
		Cims
		Invest Bemge
		Itaitinga
		Mehir Hold
		Sole Comex
		Telebrás

## 2. Liquidez

Já conhecemos as ações listadas na Bolsa de Valores de São Paulo e sua classificação setorial. No entanto, precisaremos evoluir um pouco mais na seleção de ativos. Há pouco utilizamos a base histórica de preços dos bancos Itaú e Bradesco para ilustrar a aplicação da estratégia de arbitragem.

Ao invés desses bancos, poderíamos utilizar as ações do Alfa ou Mercantil? Sem dúvida, mas é bem possível que a correlação seja pequena, ou mesmo, que não possamos aplicar o conceito. Isso se dá por que as ações desses bancos, embora possivelmente correlacionadas, são pouco líquidas (ou pouco negociadas). Se forem pouco negociadas, os preços não serão constantemente ajustados pelo mercado, conforme desempenho da empresa. Além disso, quando as ações não são negociadas, o preço do último negócio é repetido indefinidamente no Boletim Diário da Bovespa. Todos esses fatores trazem prejuízos ao cálculo da correlação.

Finalmente, ações pouco líquidas podem trazer dificuldades à aplicação da estratégia. Suponhamos que você tenha identificado o momento ideal de venda de um determinado ativo. Se não houver liquidez, você simplesmente não conseguirá vender suas ações, ou mesmo, deverá baixar o preço até encontrar comprador, o que potencialmente eliminará sua oportunidade de ganhos.

Dessa forma, podemos concluir que para aplicarmos a estratégia, devemos restringi-la a ações bem negociadas. Ações que podem ser compradas ou vendidas a qualquer momento, ou seja, que possuem um preço de mercado disponível e real. E como poderíamos selecionar essas ações? Podemos começar com as ações que fazem parte da composição do índice Ibovespa, o principal índice da Bolsa de Valores de São Paulo. E o motivo de o escolhermos se dá por que a principal característica das ações que o compõem é a liquidez. Esse é o principal critério para escolha das ações que fazem parte do índice.

O Índice Bovespa é o mais importante indicador do desempenho médio das cotações do mercado de ações brasileiro. Sua relevância advém do fato do Ibovespa retratar o comportamento

dos principais papéis negociados na Bovespa e também de sua tradição, pois o índice manteve a integridade de sua série histórica e não sofreu modificações metodológicas desde sua implementação em 1968.

Extremamente confiável e com uma metodologia de fácil acompanhamento pelo mercado, o Índice Bovespa representa fielmente o comportamento médio das principais ações transacionadas, e o perfil das negociações à vista observadas nos pregões da Bovespa. A finalidade básica do Ibovespa é a de servir como indicador médio do comportamento do mercado. Para tanto, sua composição procura aproximar-se o mais possível da real configuração das negociações à vista (lote-padrão) na Bovespa.

Em termos de liquidez: As ações integrantes da carteira teórica do Índice Bovespa respondem por mais de 80% do número de negócios e do volume financeiro verificados no mercado à vista (lote-padrão) da Bovespa. Em termos de capitalização bursátil: As empresas emissoras das ações integrantes da carteira teórica do Índice Bovespa são responsáveis, em média, por aproximadamente 70% do somatório da capitalização bursátil de todas as empresas com ações negociáveis na Bovespa.

Na ocasião da elaboração desse trabalho, no terceiro trimestre de 2005, as seguintes ações faziam parte do índice Ibovespa (em ordem decrescente de liquidez e classificadas por setor, conforme tabela anterior):

**Tabela 7 – Composição do Ibovespa (por percentual de participação no índice)**

Código	Ação	Tipo	Quantidade Teórica	Participação	Setor da Economia
TNLP4	TELEMAR	PN EJ	70,72682843	10,5900%	Telefonia Fixa
PETR4	PETROBRAS	PN	21,82277716	8,3010%	Exploração e Refino de Petróleo
VALE5	VALE R DOCE	PNA	24,55387936	5,7920%	Minerais Metálicos
USIM5	USIMINAS	PNA	25,61975238	5,1560%	Siderurgia
CSNA3	SID NACIONAL	ON EDJ	22,38405768	4,2330%	Siderurgia
GGBR4	GERDAU	PN	38,50260874	3,7710%	Siderurgia
ELET6	ELETOBRAS	PNB*EJS	26,6196824	3,1850%	Energia Elétrica
CMET4	CAEMI	PN	402,0682137	3,1230%	Minerais Metálicos
EBTP4	EMBRAT PAR	PN *	170,0328209	2,9630%	Telefonia Fixa
BBDC4	BRADESCO	PN	9,126732988	2,9310%	Bancos

ITAU4	ITAUBANCO	PN EJ	1,557994048	2,7710%	Bancos
CMIG4	CEMIG	PN *ED	9,55751049	2,7610%	Energia Elétrica
TSPP4	TELESP CL PA	PN *	116,8576804	2,6010%	Telefonia Móvel
BRTO4	BRASIL TELEC	PN *	60,39369295	2,3850%	Telefonia Fixa
PETR3	PETROBRAS	ON	5,499282693	2,3800%	Exploração e Refino de Petróleo
BRKM5	BRASKEM	PNA*	5,139449093	2,0330%	Petroquímica
AMBV4	AMBEV	PN *	0,601741219	1,7080%	Cervejas e Refrigerantes
NETC4	NET	PN	702,5740908	1,6690%	Televisão por Assinatura
VALE3	VALE R DOCE	ON	5,950094896	1,6410%	Minerais Metálicos
ELET3	ELETOBRAS	ON *EJS	11,47842106	1,4370%	Energia Elétrica
CPLE6	COPEL	PNB*EJ	24,76921631	1,3750%	Energia Elétrica
ACES4	ACESITA	PN ED	9,328689583	1,3480%	Siderurgia
BRTP4	BRASIL T PAR	PN *ED	20,04075475	1,3090%	Telefonia Fixa
EMBR4	EMBRAER	PN	18,00200919	1,3040%	Material Aeronáutico
TNLP3	TELEMAR	ON EJ	6,460697593	1,3020%	Telefonia Fixa
ITSA4	ITAUSA	PN ES	65,51894264	1,2960%	Bancos
CSTB4	SID TUBARAO	PN *	2,554070143	1,2900%	Siderurgia
TCSL4	TIM PART S/A	PN *	77,81860024	1,2530%	Telefonia Móvel
TMAR5	TELEMAR N L	PNA EJ	5,691110585	1,2410%	Telefonia Fixa
VCPA4	V C P	PN ED	10,43547131	1,1430%	Papel e Celulose
ARCZ6	ARACRUZ	PNB EDJ	35,43679152	1,0650%	Papel e Celulose
GOAU4	GERDAU MET	PN	7,65076125	1,0240%	Siderurgia
SBSP3	SABESP	ON *	1,911146039	1,0120%	Água e Saneamento
TCOC4	TELE CTR OES	PN *	26,36664746	0,9980%	Telefonia Móvel
UBBR11	UNIBANCO	UNT	14,82289842	0,9840%	Bancos
BBAS3	BRASIL	ON	8,066504399	0,9500%	Bancos
CLSC6	CELESC	PNB ED	258,846261	0,9270%	Energia Elétrica
TMCP4	TELEMIG PART	PN *EDS	52,72905766	0,9020%	Telefonia Móvel
BRAP4	BRADESPAR	PN EB	5,091943162	0,8010%	Holdings Diversificadas
ELPL4	ELETROPAULO	PN *	1,966682118	0,6250%	Energia Elétrica
TLPP4	TELESP	PN *EJ	3,117710545	0,6060%	Telefonia Fixa
KLBN4	KLABIN S/A	PN	37,80827533	0,5710%	Papel e Celulose
CRUZ3	SOUZA CRUZ	ON	4,776540043	0,5640%	Cigarros e Fumo
CRTP5	CRT CELULAR	PNA*	0,285930462	0,5620%	Telefonia Móvel
EMBR3	EMBRAER	ON	9,845177852	0,5550%	Material Aeronáutico
PTIP4	IPIRANGA PET	PN	5,00639498	0,5260%	Exploração e Refino de Petróleo
BRTP3	BRASIL T PAR	ON *	6,111451848	0,5170%	Telefonia Fixa
CESP4	CESP	PN *	13,18755389	0,4960%	Energia Elétrica
TRPL4	TRAN PAULIST	PN *	5,721772894	0,4350%	Energia Elétrica
CGAS5	COMGAS	PNA*EDS	0,41047794	0,4310%	Gás
TCSL3	TIM PART S/A	ON *	23,8276057	0,3710%	Telefonia Móvel
TLCP4	TELE LEST CL	PN *	157,7484265	0,2600%	Telefonia Móvel
CMIG3	CEMIG	ON *ED	0,914628821	0,1970%	Energia Elétrica
LIGH3	LIGHT	ON *	1,117056811	0,1910%	Energia Elétrica
TBLE3	TRACTEBEL	ON *	2,916848786	0,1410%	Energia Elétrica

Como podemos perceber, algumas ações possuem maior representatividade no índice – Telemar, por exemplo, possui uma participação de mais de 10% no índice – o que significa que são extremamente líquidas, e outras, mesmo fazendo parte do índice e do mesmo setor (no caso, telefonia fixa), possuem menos representatividade – Brasil Telecom Participações, com apenas 0,51% de participação. Portanto, mesmo fazendo parte do Ibovespa, deveremos fazer uma boa escolha, selecionando pares de ações com liquidez semelhante. Vejamos a mesma tabela acima, ordenada por setor econômico, e por ordem decrescente de liquidez (para cada setor):

**Tabela 8 – Composição do Ibovespa (por setor econômico e representatividade)**

Código	Ação	Tipo	Quantidade Teórica	Participação	Setor da Economia
SBSP3	SABESP	ON *	1,91114604	1,0120%	Água e Saneamento
BBDC4	BRABESCO	PN	9,12673299	2,9310%	Bancos
ITAU4	ITAUBANCO	PN EJ	1,55799405	2,7710%	Bancos
ITSA4	ITAUSA	PN ES	65,5189426	1,2960%	Bancos
UBBR11	UNIBANCO	UNT	14,8228984	0,9840%	Bancos
BBAS3	BRASIL	ON	8,0665044	0,9500%	Bancos
AMBV4	AMBEV	PN *	0,60174122	1,7080%	Cervejas e Refrigerantes
CRUZ3	SOUZA CRUZ	ON	4,77654004	0,5640%	Cigarros e Fumo
ELET6	ELETROBRAS	PNB*EJS	26,6196824	3,1850%	Energia Elétrica
CMIG4	CEMIG	PN *ED	9,55751049	2,7610%	Energia Elétrica
ELET3	ELETROBRAS	ON *EJS	11,4784211	1,4370%	Energia Elétrica
CPLE6	COPEL	PNB*EJ	24,7692163	1,3750%	Energia Elétrica
CLSC6	CELESC	PNB ED	258,846261	0,9270%	Energia Elétrica
ELPL4	ELETROPAULO	PN *	1,96668212	0,6250%	Energia Elétrica
CESP4	CESP	PN *	13,1875539	0,4960%	Energia Elétrica
TRPL4	TRAN PAULIST	PN *	5,72177289	0,4350%	Energia Elétrica
CMIG3	CEMIG	ON *ED	0,91462882	0,1970%	Energia Elétrica
LIGH3	LIGHT	ON *	1,11705681	0,1910%	Energia Elétrica
TBLE3	TRACTEBEL	ON *	2,91684879	0,1410%	Energia Elétrica
PETR4	PETROBRAS	PN	21,8227772	8,3010%	Exploração e Refino de Petróleo
PETR3	PETROBRAS	ON	5,49928269	2,3800%	Exploração e Refino de Petróleo
PTIP4	IPIRANGA PET	PN	5,00639498	0,5260%	Exploração e Refino de Petróleo
CGAS5	COMGAS	PNA*EDS	0,41047794	0,4310%	Gás
BRAP4	BRADSPAR	PN EB	5,09194316	0,8010%	Holdings Diversificadas
EMBR4	EMBRAER	PN	18,0020092	1,3040%	Material Aeronáutico
EMBR3	EMBRAER	ON	9,84517785	0,5550%	Material Aeronáutico
VALE5	VALE R DOCE	PNA	24,5538794	5,7920%	Minerais Metálicos
CMET4	CAEMI	PN	402,068214	3,1230%	Minerais Metálicos
VALE3	VALE R DOCE	ON	5,9500949	1,6410%	Minerais Metálicos
VCPA4	V C P	PN ED	10,4354713	1,1430%	Papel e Celulose
ARCZ6	ARACRUZ	PNB EDJ	35,4367915	1,0650%	Papel e Celulose
KLBN4	KLABIN S/A	PN	37,8082753	0,5710%	Papel e Celulose

BRKM5	BRASKEM	PNA*	5,13944909	2,0330%	Petroquímica
USIM5	USIMINAS	PNA	25,6197524	5,1560%	Siderurgia
CSNA3	SID NACIONAL	ON EDJ	22,3840577	4,2330%	Siderurgia
GGBR4	GERDAU	PN	38,5026087	3,7710%	Siderurgia
ACES4	ACESITA	PN ED	9,32868958	1,3480%	Siderurgia
CSTB4	SID TUBARAO	PN *	2,55407014	1,2900%	Siderurgia
GOAU4	GERDAU MET	PN	7,65076125	1,0240%	Siderurgia
TNLP4	TELEMAR	PN EJ	70,7268284	10,5900%	Telefonia Fixa
EBTP4	EMBRAT PAR	PN *	170,032821	2,9630%	Telefonia Fixa
BRTO4	BRASIL TELEC	PN *	60,3936929	2,3850%	Telefonia Fixa
BRTP4	BRASIL T PAR	PN *ED	20,0407548	1,3090%	Telefonia Fixa
TNLP3	TELEMAR	ON EJ	6,46069759	1,3020%	Telefonia Fixa
TMAR5	TELEMAR N L	PNA EJ	5,69111058	1,2410%	Telefonia Fixa
TLPP4	TELESP	PN *EJ	3,11771055	0,6060%	Telefonia Fixa
BRTP3	BRASIL T PAR	ON *	6,11145185	0,5170%	Telefonia Fixa
TSPP4	TELESP CL PA	PN *	116,85768	2,6010%	Telefonia Móvel
TCSL4	TIM PART S/A	PN *	77,8186002	1,2530%	Telefonia Móvel
TCOC4	TELE CTR OES	PN *	26,3666475	0,9980%	Telefonia Móvel
TMCP4	TELEMIG PART	PN *EDS	52,7290577	0,9020%	Telefonia Móvel
CRTP5	CRT CELULAR	PNA*	0,28593046	0,5620%	Telefonia Móvel
TCSL3	TIM PART S/A	ON *	23,8276057	0,3710%	Telefonia Móvel
TLCP4	TELE LEST CL	PN *	157,748427	0,2600%	Telefonia Móvel
NETC4	NET	PN	702,574091	1,6690%	Televisão por Assinatura

Com base na tabela, percebemos que alguns não possuem pares de ações (petroquímica, gás ou cervejas e refrigerantes, por exemplo). Outros setores, possuem ações líquidas e não líquidas – e obviamente deveremos concentrar a estratégia nas ações mais líquidas. Com base na tabela acima, vejamos a participação de cada setor na composição do índice:

**Tabela 9 – Setores com maior representatividade no índice**

<b>Setor</b>	<b>Participação no Índice</b>
Telefonia Fixa	20,913%
Siderurgia	16,822%
Energia Elétrica	11,770%
Exploração e Refino de Petróleo	11,207%
Minerais Metálicos	10,553%
Bancos	8,932%
Telefonia Móvel	6,947%
Papel e Celulose	2,779%
Petroquímica	2,033%
Material Aeronáutico	1,859%
Cervejas e Refrigerantes	1,708%
Televisão por Assinatura	1,669%
Água e Saneamento	1,012%
Holdings Diversificadas	0,801%
Cigarros e Fumo	0,564%
Gás	0,431%
<b>Total</b>	<b>100,000%</b>

Poderíamos com tranquilidade aplicar a estratégia de arbitragem de ativos correlacionados em qualquer setor melhor posicionado na tabela acima, mas em especial, nos setores de Telefonia Fixa, Siderurgia, Energia Elétrica, Exploração e Refino de Petróleo, Minerais Metálicos, Bancos, Telefonia Móvel e Papel e Celulose.

Ainda exclusivamente com base na liquidez, podemos em seguida sugerir alguns ativos para testar o nível de correlação entre eles. A tabela a seguir traz algumas sugestões em negrito. Esses ativos possuem por volta de 2% de participação no índice. Esse número, no entanto, é apenas uma sugestão para efeito de simplificação. Poderíamos aplicar o modelo utilizando pares de ativos que possuem menor participação no Ibovespa (em negrito claro, na tabela anexa), ou mesmo, utilizar ativos que não fazem parte do índice. Basta testar o modelo com base no histórico de cotações e avaliar a liquidez no período.



Observe também que selecionamos um par de ações pertencentes à mesma empresa (Petrobrás). É isso mesmo. O conceito pode ser aplicado às ações preferenciais e ordinárias de uma mesma companhia. Basta que essas ações não sejam excessivamente correlacionadas, a ponto de não surgirem boas oportunidades de arbitragem. Também é importante lembrar que o conceito, para facilitar o entendimento, será desenvolvido com pares de ações. No entanto, poderia ser aplicado em quaisquer pares ativos, desde que identificada a correlação entre eles (futuro de índice com ações, opções e ações, opções e opções, futuro de ações e ações, entre outros).

**Tabela 10 – Oportunidades de Arbitragem (análise de liquidez)**

Código	Ação	Tipo	Quantidade Teórica	Participação	Setor da Economia
SBSP3	SABESP	ON *	1,911146039	1,0120%	Água e Saneamento
<b>BBDC4</b>	<b>BRADESCO</b>	<b>PN</b>	<b>9,12673299</b>	<b>2,9310%</b>	<b>Bancos</b>
<b>ITAU4</b>	<b>ITAUBANCO</b>	<b>PN EJ</b>	<b>1,55799405</b>	<b>2,7710%</b>	<b>Bancos</b>
ITSA4	ITAUSA	PN ES	65,5189426	1,2960%	Bancos
UBBR11	UNIBANCO	UNT	14,8228984	0,9840%	Bancos
BBAS3	BRASIL	ON	8,0665044	0,9500%	Bancos
AMBV4	AMBEV	PN *	0,601741219	1,7080%	Cervejas e Refrigerantes
CRUZ3	SOUZA CRUZ	ON	4,776540043	0,5640%	Cigarros e Fumo
<b>ELET6</b>	<b>ELETROBRAS</b>	<b>PNB*EJS</b>	<b>26,6196824</b>	<b>3,1850%</b>	<b>Energia Elétrica</b>
<b>CMIG4</b>	<b>CEMIG</b>	<b>PN *ED</b>	<b>9,55751049</b>	<b>2,7610%</b>	<b>Energia Elétrica</b>
ELET3	ELETROBRAS	ON *EJS	11,4784211	1,4370%	Energia Elétrica
CPLE6	COPEL	PNB*EJ	24,7692163	1,3750%	Energia Elétrica
CLSC6	CELESC	PNB ED	258,846261	0,9270%	Energia Elétrica
ELPL4	ELETROPAULO	PN *	1,966682118	0,6250%	Energia Elétrica
CESP4	CESP	PN *	13,18755389	0,4960%	Energia Elétrica
TRPL4	TRAN PAULIST	PN *	5,721772894	0,4350%	Energia Elétrica
CMIG3	CEMIG	ON *ED	0,914628821	0,1970%	Energia Elétrica
LIGH3	LIGHT	ON *	1,117056811	0,1910%	Energia Elétrica
TBLE3	TRACTEBEL	ON *	2,916848786	0,1410%	Energia Elétrica
<b>PETR4</b>	<b>PETROBRAS</b>	<b>PN</b>	<b>21,8227772</b>	<b>8,3010%</b>	<b>Exploração e Refino de Petróleo</b>
<b>PETR3</b>	<b>PETROBRAS</b>	<b>ON</b>	<b>5,49928269</b>	<b>2,3800%</b>	<b>Exploração e Refino de Petróleo</b>
PTIP4	IPIRANGA PET	PN	5,00639498	0,5260%	Exploração e Refino de Petróleo
CGAS5	COMGAS	PNA*EDS	0,41047794	0,4310%	Gás
BRAP4	BRADESPAR	PN EB	5,091943162	0,8010%	Holdings Diversificadas

EMBR4	EMBRAER	PN	18,00200919	1,3040%	Material Aeronáutico
EMBR3	EMBRAER	ON	9,845177852	0,5550%	Material Aeronáutico
<b>VALE5</b>	<b>VALE R DOCE</b>	<b>PNA</b>	<b>24,5538794</b>	<b>5,7920%</b>	<b>Minerais Metálicos</b>
<b>CMET4</b>	<b>CAEMI</b>	<b>PN</b>	<b>402,068214</b>	<b>3,1230%</b>	<b>Minerais Metálicos</b>
VALE3	VALE R DOCE	ON	5,9500949	1,6410%	Minerais Metálicos
VCPA4	V C P	PN ED	10,4354713	1,1430%	Papel e Celulose
ARCZ6	ARACRUZ	PNB EDJ	35,4367915	1,0650%	Papel e Celulose
KLBN4	KLABIN S/A	PN	37,80827533	0,5710%	Papel e Celulose
BRKM5	BRASKEM	PNA*	5,139449093	2,0330%	Petroquímica
<b>USIM5</b>	<b>USIMINAS</b>	<b>PNA</b>	<b>25,6197524</b>	<b>5,1560%</b>	<b>Siderurgia</b>
<b>CSNA3</b>	<b>SID NACIONAL</b>	<b>ON EDJ</b>	<b>22,3840577</b>	<b>4,2330%</b>	<b>Siderurgia</b>
<b>GGBR4</b>	<b>GERDAU</b>	<b>PN</b>	<b>38,5026087</b>	<b>3,7710%</b>	<b>Siderurgia</b>
ACES4	ACESITA	PN ED	9,32868958	1,3480%	Siderurgia
CSTB4	SID TUBARAO	PN *	2,55407014	1,2900%	Siderurgia
GOAU4	GERDAU MET	PN	7,65076125	1,0240%	Siderurgia
<b>TNLP4</b>	<b>TELEMAR</b>	<b>PN EJ</b>	<b>70,7268284</b>	<b>10,5900%</b>	<b>Telefonia Fixa</b>
<b>EBTP4</b>	<b>EMBRATEL PAR</b>	<b>PN *</b>	<b>170,032821</b>	<b>2,9630%</b>	<b>Telefonia Fixa</b>
<b>BRT04</b>	<b>BRASIL TELEC</b>	<b>PN *</b>	<b>60,3936929</b>	<b>2,3850%</b>	<b>Telefonia Fixa</b>
B RTP4	BRASIL T PAR	PN *ED	20,0407548	1,3090%	Telefonia Fixa
TNLP3	TELEMAR	ON EJ	6,46069759	1,3020%	Telefonia Fixa
TMAR5	TELEMAR N L	PNA EJ	5,69111058	1,2410%	Telefonia Fixa
TLPP4	TELESP	PN *EJ	3,117710545	0,6060%	Telefonia Fixa
B RTP3	BRASIL T PAR	ON *	6,111451848	0,5170%	Telefonia Fixa
TSPP4	TELESP CL PA	PN *	116,85768	2,6010%	Telefonia Móvel
TCSL4	TIM PART S/A	PN *	77,8186002	1,2530%	Telefonia Móvel
TCOC4	TELE CTR OES	PN *	26,3666475	0,9980%	Telefonia Móvel
TMCP4	TELEMIG PART	PN *EDS	52,7290577	0,9020%	Telefonia Móvel
CRTP5	CRT CELULAR	PNA*	0,285930462	0,5620%	Telefonia Móvel
TCSL3	TIM PART S/A	ON *	23,8276057	0,3710%	Telefonia Móvel
TLCP4	TELE LEST CL	PN *	157,7484265	0,2600%	Telefonia Móvel
NETC4	NET	PN	702,5740908	1,6690%	Televisão por Assinatura

No próximo tópico, aplicaremos o teste do Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) nos ativos selecionados acima.

### 3. Coeficiente de Determinação ( $R^2$ )

Até agora, agrupamos os ativos listados no Ibovespa em setores econômicos, pois acreditamos que por pertencerem a uma mesma indústria, possuem uma maior tendência de apresentarem retornos similares. Em seguida, selecionamos ativos que possuem maior liquidez com base na participação desses ativos no índice. Chegou o momento de testarmos o nível de correlação existente entre esses ativos, calculando o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Vamos aplicar as fórmulas discutidas no tópico “Estatística Aplicada”, nos seguintes grupos de ativos:

- Bancos: Bradesco PN x Itaubanco PN
- Energia Elétrica: Eletrobrás PNB x Cemig PN
- Petróleo: Petrobrás PN x Petrobrás ON
- Minerais Metálicos: Vale do Rio Doce PNA x Caemi PN
- Siderurgia: Usiminas PNA x CSN ON x Gerdau PN
- Telefonia Fixa: Telemar PN x Embratel PN x Brasil Telecom PN

O modo mais simples de calcular a correlação existente entre os preços dessas ações é utilizar a ferramenta de Análise de Dados disponível no Excel. Se selecionarmos a base de dados e clicarmos em Correlação, geramos a tabela da página seguinte, que apresenta o cálculo da correlação existente entre cada um dos pares de ativos. A tabela do coeficiente de determinação, como exposto anteriormente, foi obtida elevando-se ao quadrado o resultado encontrado na tabela de correlação. A correlação foi calculada no período de 02/01/2004 a 30/06/2004. Mais adiante veremos o motivo.

**Tabela 11 – Nível de Correlação**

Ibovespa	BBDC4	ITAU4	ELET6	CMIG4	PETRA	PETR3	VALE5	CMET4	USIM5	CSNA3	GGBR4	TNLP4	EBTP4	BRT04	
1,000															
BBDC4	1,000														
ITAU4	<b>0,957</b>	1,000													
ELET6	0,815	0,725	1,000												
CMIG4	0,811	0,735	<b>0,926</b>	1,000											
PETRA	0,925	0,781	0,716	0,898	0,926	1,000									
PETR3	0,837	0,649	0,576	0,845	0,870	<b>0,969</b>	1,000								
VALE5	0,787	0,854	0,847	0,705	0,667	0,667	0,527	1,000							
CMET4	0,829	0,869	0,843	0,709	0,701	0,744	0,614	<b>0,911</b>	1,000						
USIM5	0,826	0,711	0,632	0,857	0,808	0,866	0,883	0,543	0,614	1,000					
CSNA3	0,738	0,650	0,576	0,735	0,770	0,827	0,845	0,552	0,654	<b>0,900</b>	1,000				
GGBR4	0,266	0,308	0,342	0,187	0,183	0,174	0,207	-0,022	0,036	0,406	0,270	1,000			
TNLP4	0,908	0,884	0,848	0,795	0,800	0,781	0,630	0,830	0,847	0,555	0,510	-0,011	1,000		
EBTP4	0,848	0,665	0,580	0,864	0,841	0,810	0,768	0,521	0,540	0,711	0,596	0,143	0,761	1,000	
BRT04	0,901	0,868	0,820	0,815	0,810	0,793	0,646	0,824	0,855	0,586	0,541	-0,063	<b>0,980</b>	0,774	1,000

**Tabela 12 – Coeficiente de Determinação R<sup>2</sup>**

Ibovespa	BBDC4	ITAU4	ELET6	CMIG4	PETRA	PETR3	VALE5	CMET4	USIM5	CSNA3	GGBR4	TNLP4	EBTP4	BRT04	
1,000															
BBDC4	1,000														
ITAU4	<b>0,915</b>	1,000													
ELET6	0,664	0,526	1,000												
CMIG4	0,657	0,540	<b>0,858</b>	1,000											
PETRA	0,856	0,609	0,512	0,806	0,857	1,000									
PETR3	0,700	0,421	0,331	0,713	0,757	<b>0,939</b>	1,000								
VALE5	0,620	0,729	0,718	0,496	0,445	0,445	0,277	1,000							
CMET4	0,688	0,755	0,711	0,503	0,491	0,554	0,377	<b>0,831</b>	1,000						
USIM5	0,683	0,505	0,399	0,735	0,652	0,751	0,779	0,294	0,376	1,000					
CSNA3	0,545	0,423	0,331	0,540	0,593	0,684	0,714	0,305	0,427	<b>0,810</b>	1,000				
GGBR4	0,071	0,095	0,117	0,035	0,033	0,030	0,043	0,000	0,001	0,165	0,073	1,000			
TNLP4	0,824	0,782	0,719	0,633	0,640	0,610	0,397	0,689	0,718	0,308	0,260	0,000	1,000		
EBTP4	0,720	0,443	0,336	0,746	0,707	0,656	0,589	0,271	0,291	0,506	0,355	0,020	0,579	1,000	
BRT04	0,812	0,753	0,672	0,665	0,656	0,628	0,418	0,679	0,732	0,343	0,293	0,004	<b>0,960</b>	0,598	1,000

Com base na tabela acima, observamos um bom nível de correlação entre quase todos os pares de ativos testados. Vamos utilizar os seguintes pares de ativos para testar a estratégia de arbitragem:

- Bradesco PN x Itaubanco PN: 91,5% de Coeficiente de Determinação;
- Eletrobrás PNB x Cemig PN: 85,8% de Coeficiente de Determinação;
- Petrobrás PN x Petrobrás ON: 93,9% de Coeficiente de Determinação;
- Vale do Rio Doce PNA x Caemi PN: 83,1% de Coeficiente de Determinação;
- Usiminas PNA x CSN ON: 81% de Coeficiente de Determinação;
- Telemar PN x Brasil Telecom PN: 96% de Coeficiente de Determinação.

Não foi encontrada correlação suficiente entre os seguintes pares de ativos, de modo que não aplicaremos a estratégia:

- Usiminas PNA x Gerdau PN: 16,5%
- CSN ON x Gerdau PN: 81%: 0,07%
- Telemar PN x Embratel PN: 57,9%
- Embratel PN x Brasil Telecom PN: 59,8%

Como veremos na seqüência, para que o modelo seja eficiente, é fundamental mantermos um alto nível de correlação (80% ou mais). Se compramos um ativo com preço baixo, esperamos que esse preço se recupere por que existe correlação com um ativo que encontra-se em alta. Essa é a lógica da estratégia. Se essa correlação deixar de existir, a queda inicial no preço desse ativo poderá indicar um movimento de queda ainda mais acentuado. Por esse motivo, enquanto estivermos aplicando a estratégia, o  $R^2$  deve ser monitorado freqüentemente.

Além disso, o modelo fornece apenas uma indicação de um possível ponto ótimo de compra ou venda. No entanto, ele não deve ser utilizado isoladamente. Em uma situação real, quando o modelo indicar um ponto de compra ou venda, seria prudente incluir em nossa avaliação elementos de análise fundamentalista (avaliação que leva em conta fatores econômicos e financeiros da empresa ou indústria analisada). Com isso, poderíamos concluir que o movimento

inicial de alta ou queda no preço do ativo, será apenas o princípio de um movimento mais duradouro. Esse conceito ficará claro mais adiante. Nesse trabalho, no entanto, a aplicação do modelo será essencialmente técnica (e mesmo assim, será possível obter resultados). Na prática, no entanto, se utilizarmos o modelo como mais uma ferramenta de análise, e associarmos a ele técnicas de análise fundamentalista, os resultados poderão ser ainda melhores.

## Capítulo V - Aplicação Prática da Arbitragem de Ativos Correlacionados

### 1. Metodologia

Já selecionamos pares de ativos que possuem ótima liquidez e correlação entre si. A partir desse momento, começaremos a aplicar a estratégia de arbitragem. É importante, no entanto, conhecer a metodologia utilizada:

- Base histórica: Para simular uma situação real, a correlação foi calculada no primeiro semestre de 2004. Encontrado um bom nível de correlação, aplicamos o modelo do início do segundo semestre de 2004 até 29/07/2005. Foram utilizados apenas preços de fechamento.
- Quando ocorreram agrupamentos, split (divisão de uma ação em várias) ou transformação de lotes (lote de 1000 ações em unitário, por exemplo), foi necessário uniformizar a base de dados com base na última cotação. Suponhamos, por exemplo, que tenha ocorrido um split de ações, transformando cada ação em dez novas. Para uniformizar a série, foi necessário dividir a base histórica (anterior à transformação) por dez.
- A Curva de Performance Relativa, ou simplesmente, Relação, foi encontrada dividindo-se a cotação da ação mais cara, por aquela de menor valor. O inverso também poderia ser aplicado. Essa forma foi utilizada para tornar o quociente mais amigável.
- Com base na Curva de Performance Relativa, calculamos a Média Móvel (de 2 a 6 meses, dependendo da volatilidade histórica).
- Também com base na Curva de Performance Relativa, calculamos o Desvio Padrão, no mesmo período de tempo utilizado para calcular a Média Móvel.
- Em seguida, foram traçadas duas Curvas de Oportunidade. Uma acima e outra abaixo da Média Móvel. Essas curvas foram traçadas somando e subtraindo dois desvios padrão a cada ponto da Média Móvel. Dois desvios indicam um intervalo de confiança de 95%, ou seja,

sabemos com 95% de confiança que o próximo ponto da curva de Curva de Performance Relativa ficará dentro do intervalo delimitado pela média móvel menos dois desvios e média móvel mais dois desvios.

- Quando a Curva de Performance Relativa extrapola os limites do que chamamos de Curvas de Oportunidade, sabemos que esse movimento representa uma anomalia, ou seja, uma oportunidade de arbitragem, já que o preço de uma das ações provavelmente encontra-se mais caro ou mais barato em relação à outra. De forma ilustrativa, a Curva de Performance Relativa apresenta “picos” e “vales”. Se para traçarmos a curva dividimos o preço do ativo “1” pelo preço do ativo “2”, os “picos” indicam o momento em que o ativo “1” encontra-se mais caro em relação ao ativo “2”. Os vales, por outro lado, representam o momento em que o ativo “2” encontra-se relativamente mais caro do que o ativo “1”. Nesse trabalho, apresentaremos os pares de ações da seguinte forma: ITAU4 X BBDC4 (onde ITAU4 será o ativo “1”, com pontos de venda nos da Curva de Performance Relativa, e BBDC4 o ativo “2”, com pontos de venda nos vales).
- No modelo desenvolvido neste trabalho, trocamos de posição no primeiro momento imediatamente após um “pico” ou “vale” extrapolar os limites das Curvas de Oportunidade, traçadas através do cálculo de dois desvios somados ou subtraídos à média. Essa metodologia simula um ambiente real, ou seja, não sabemos qual será o próximo preço. No início da subida, não sabemos se “pico” terá mil ou dois mil metros! A análise foi essencialmente técnica, ou seja, se estivermos posicionados no ativo 1, e a Curva de Performance Relativa superar dois desvios em relação à média, formando um “pico” considerável,<sup>1</sup> trocamos de posição vendendo o ativo 1 – que supostamente encontra-se caro em relação ao ativo 2 – e comprando o ativo 2 – que deverá se recuperar em relação ao ativo 1. Como dissemos anteriormente, na aplicação prática deste modelo, poderíamos considerar a utilização de elementos de análise fundamentalista. Isso nos ajudaria, por exemplo, a retardar uma troca de posição, já que poderíamos prever um “pico” de dois mil metros, ao invés de mil!
- Estamos supondo um capital inicial de R\$100.000. Vamos comparar os resultados obtidos com a compra de cada um dos dois ativos, mantendo essas posições durante todo o período



(01/07/2004 a 29/07/2005), com o resultado obtido na aplicação da estratégia de Arbitragem de Ativos Correlacionados.

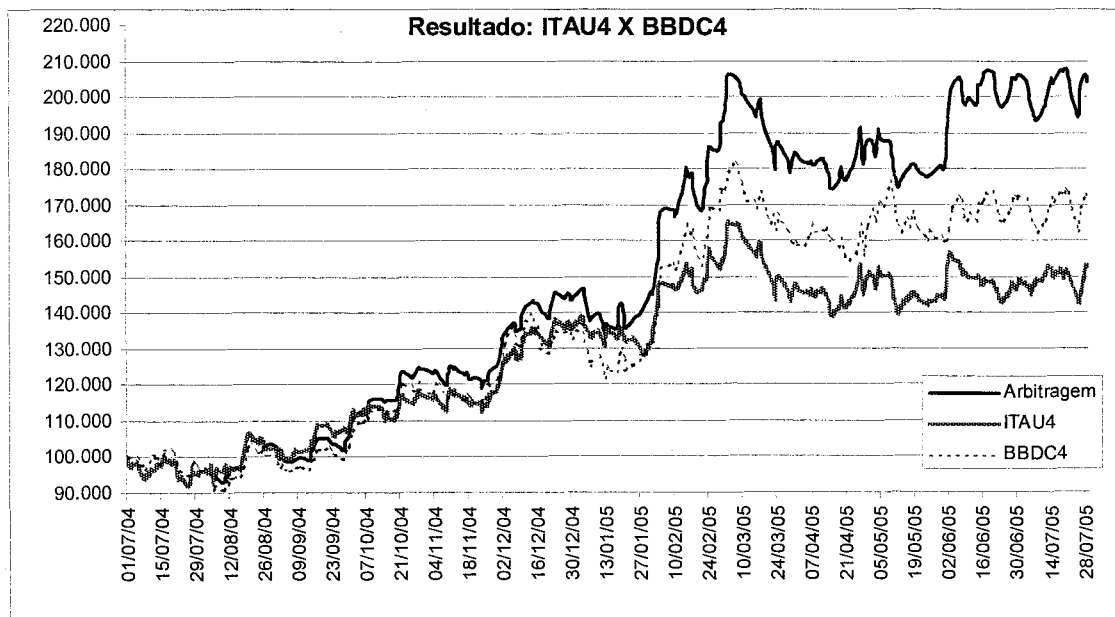
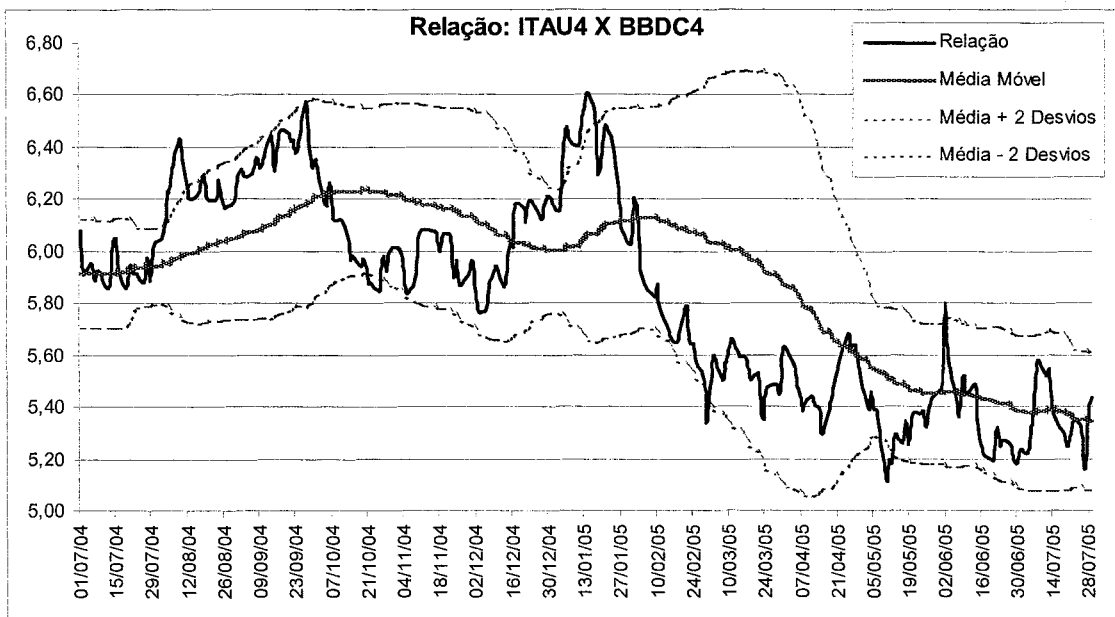
- No início da aplicação da estratégia, sempre faremos a compra do ativo que, através da análise da Curva de Performance Relativa, estiver mais bem posicionado em relação À curva de oportunidade. Por exemplo, se no início do período a curva estiver mais próxima de média mais dois desvio, compraremos o ativo 1. Se no entanto estiver mais próxima de média menos dois desvios, compraremos o ativo 2 (supondo que a curva seja formada pela relação ativo 1/ativo 2). Dessa forma, estaremos comprando o ativo que se encontra num período de elevação.
- Estamos desprezando custos de negociação. Como veremos, o modelo não prevê trocas de posição em períodos de tempo demasiadamente curtos, não tornando a aplicação da estratégia muito dispendiosa. Além disso, trata-se de um modelo que deve ser aplicado essencialmente no longo prazo, fazendo com que custos de negociação se tornem desprezíveis.

## 2. Resultados

Os seguintes resultados serão apresentados na seqüência:

- Gráfico com a Curva de Performance Relativa e Curvas de Oportunidade;
- Gráfico com a evolução do resultado da aplicação da estratégia de arbitragem, comparativamente à evolução dos resultados da compra de cada um dos ativos isoladamente;
- Coeficiente de Determinação calculado ao longo da aplicação do modelo (período de 6 meses);
- Comentários sobre os resultados obtidos;
- No final do tópico, datas de mudança de posição e cálculo do beta.

## 2.1. Itaúbanco PN x Bradesco PN



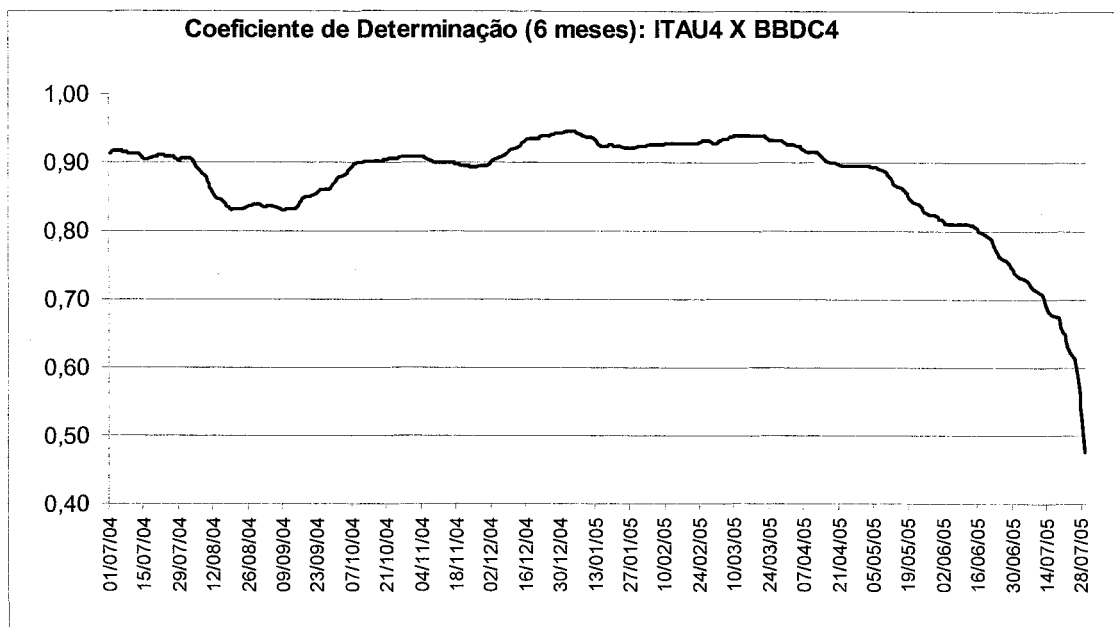
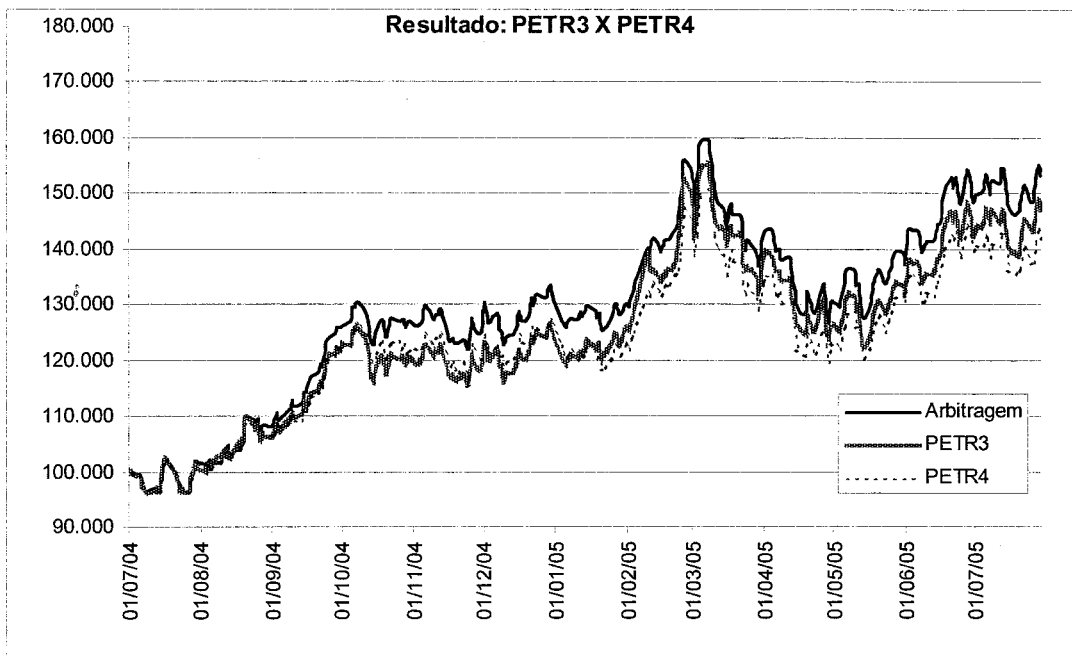
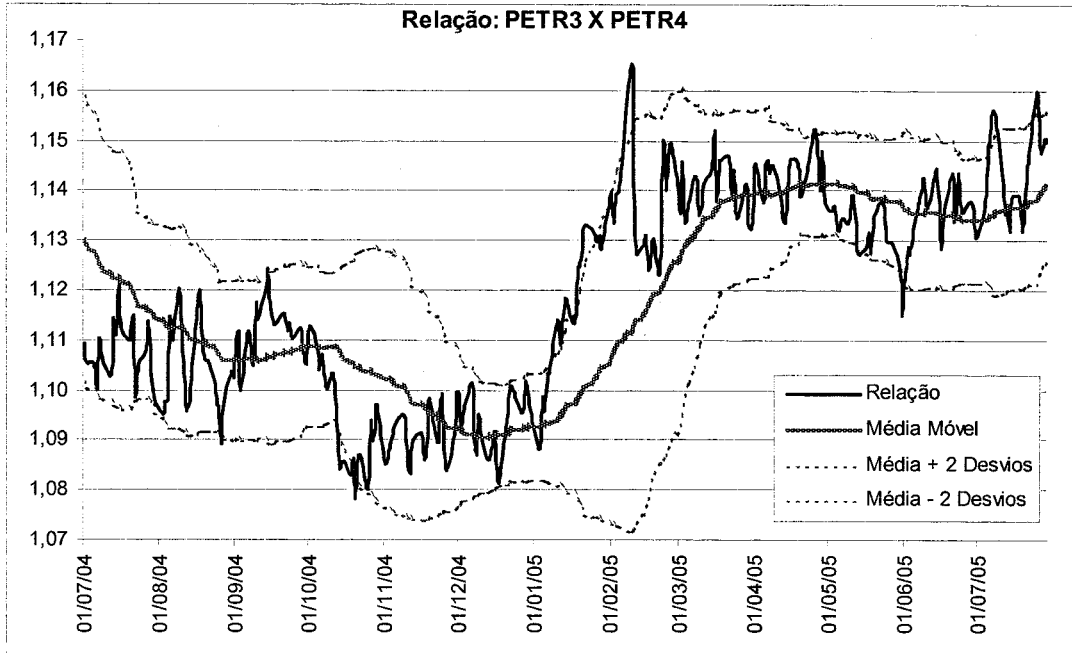


Figura 4 – Relação, resultados e  $R^2$ : Itaubanco PN x Bradesco PN

Como podemos perceber, a estratégia de Arbitragem de Ativos Correlacionados apresentou resultado superior à compra de cada dos ativos isoladamente, durante praticamente todo o período analisado. A estratégia ultrapassou 104% de rentabilidade no período, enquanto o ativo ITAU4 alcançou 52% e o ativo BBDC4 71%. Não há dúvida sobre a importância dos desempenhos individuais de cada papel. No entanto, um bom nível de coeficiente de determinação mantido durante todo o período no qual a estratégia foi aplicada, contribuiu para um resultado visivelmente superior. Nem mesmo a queda da correlação, no final da série, prejudicou o desempenho. No entanto, é importante destacar que, se continuássemos com a aplicação da estratégia, deveríamos analisar mais profundamente os motivos pelos quais a correlação diminuiu.

## 2.2. Petrobrás ON x Petrobrás PN



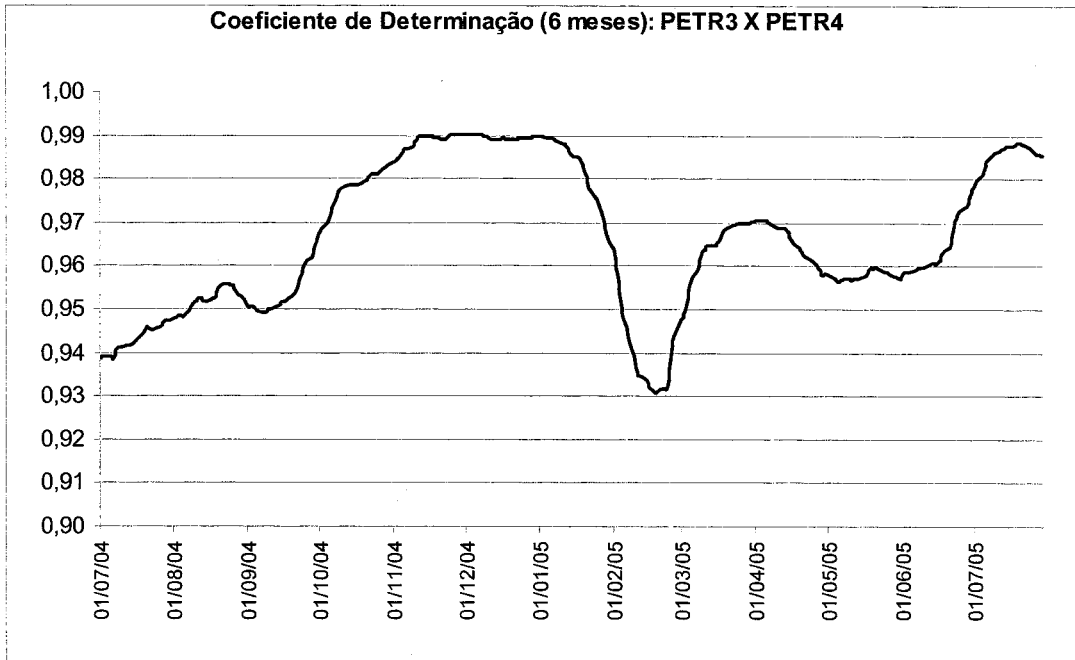
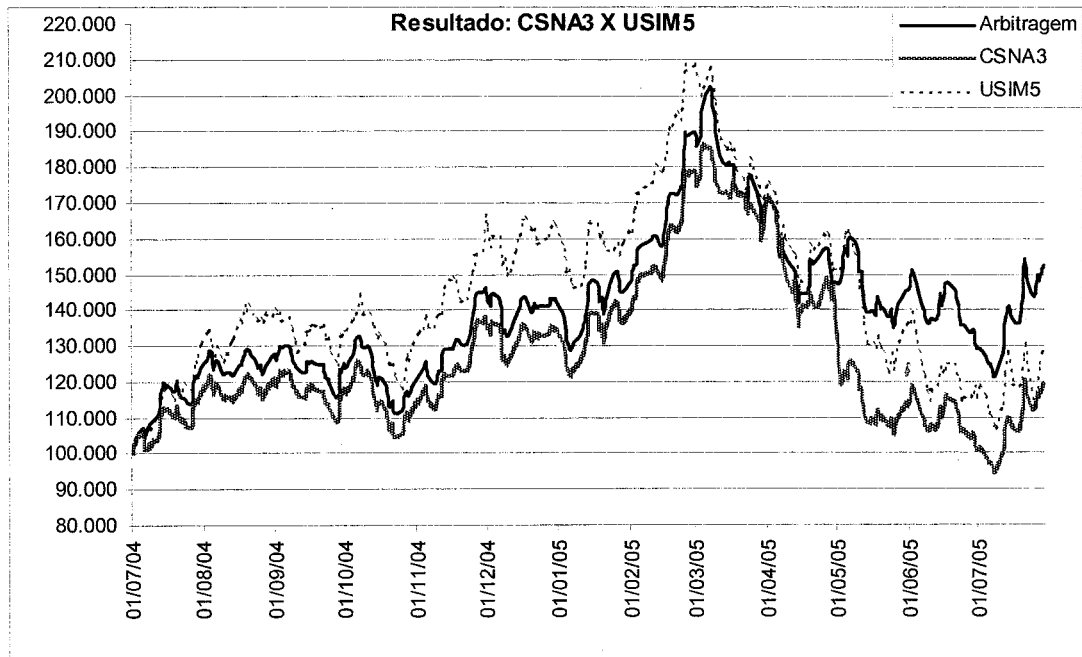
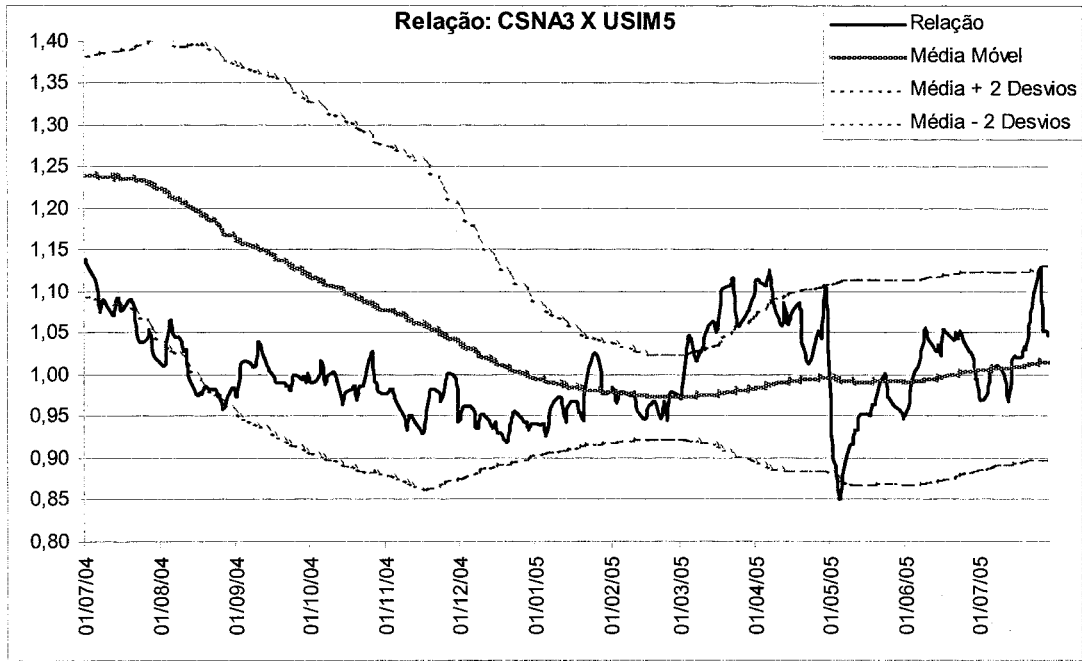


Figura 5 – Relação, resultados e  $R^2$ : Petrobrás ON x Petrobrás PN

Novamente, é possível destacar o bom desempenho da estratégia, em comparação à compra de cada um dos ativos isoladamente. A arbitragem alcançou 53% de rentabilidade, acima dos resultados obtidos com a compra isolada das ações ordinárias e preferenciais, de 46% e 41%, respectivamente. Parece pouco, mais é importante destacar que o resultado foi obtido com pares de ativos altamente correlacionados (com um  $R^2$  que manteve-se entre 93% e 99%). Lembrando que é especialmente complicado operar estratégias de arbitragem com ativos que contenham um alto nível de correlação entre si, principalmente por que oportunidades podem simplesmente não surgir. A aplicação desse modelo, entretanto, mostrou ser possível arbitrar, desde que exista uma boa metodologia de análise. Esse resultado torna-se mais importante quando sabemos que a estratégia, aplicada em pares de ações ordinárias e preferenciais de uma mesma empresa, é virtualmente livre de risco de descolamento, ou perda de correlação. Finalmente, se somássemos ao modelo a estratégia Long-Short (enquanto compramos um ativo mais barato, ficamos vendidos em outro, ou seja, alugamos um papel e o vendemos), a estratégia poderia trazer lucros ainda maiores. A análise desse modelo, no entanto, seria outro trabalho como este.

## 2.3. CSN ON x Usiminas PNA



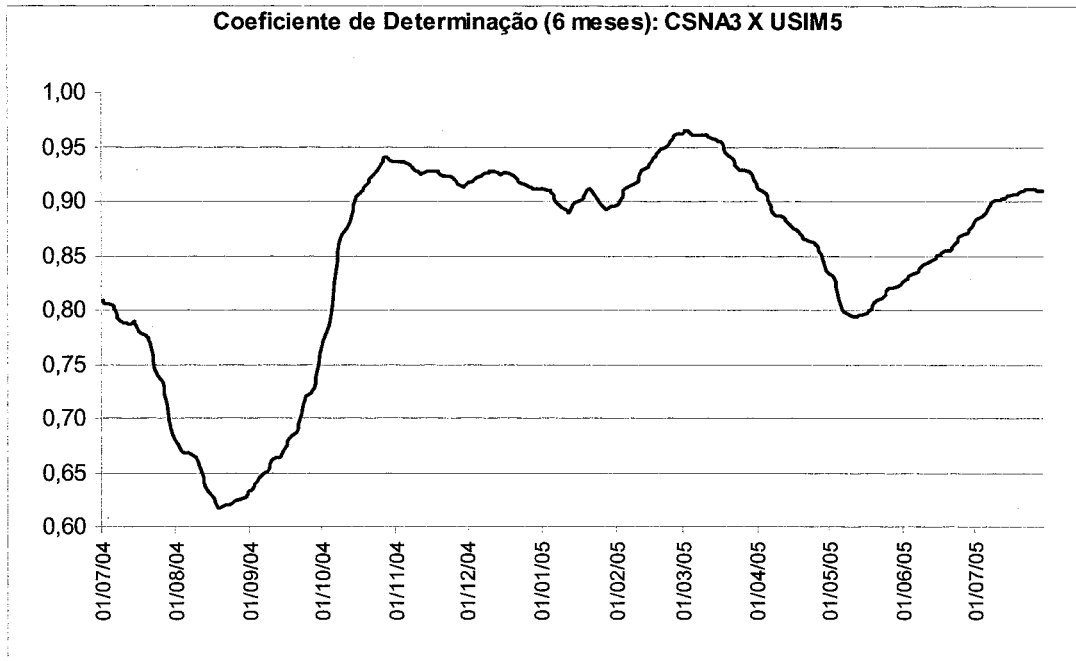
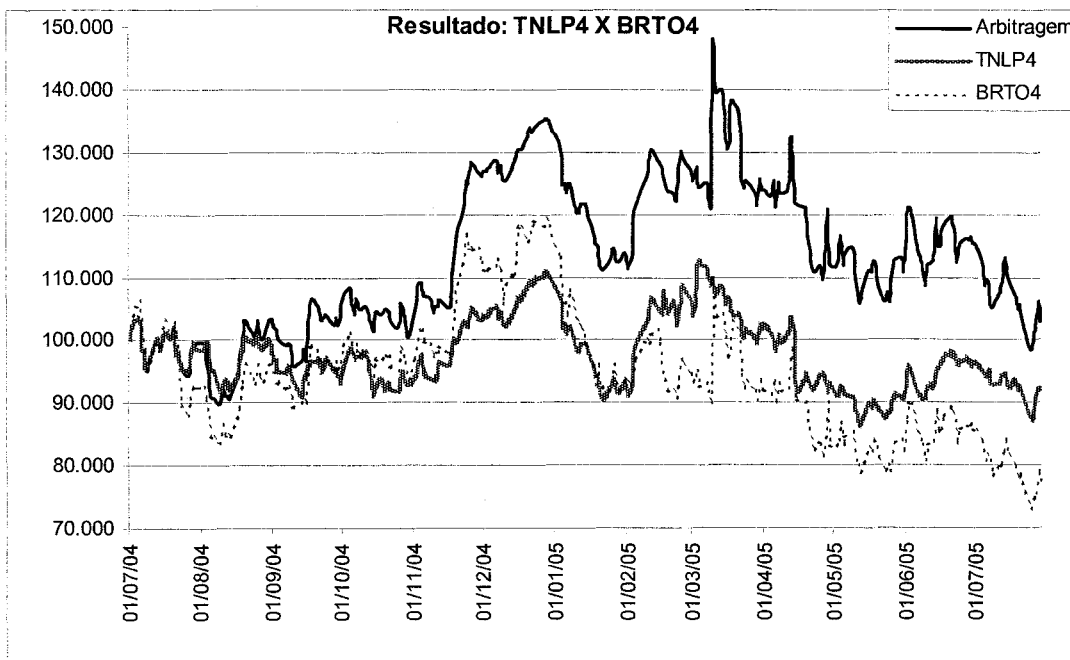
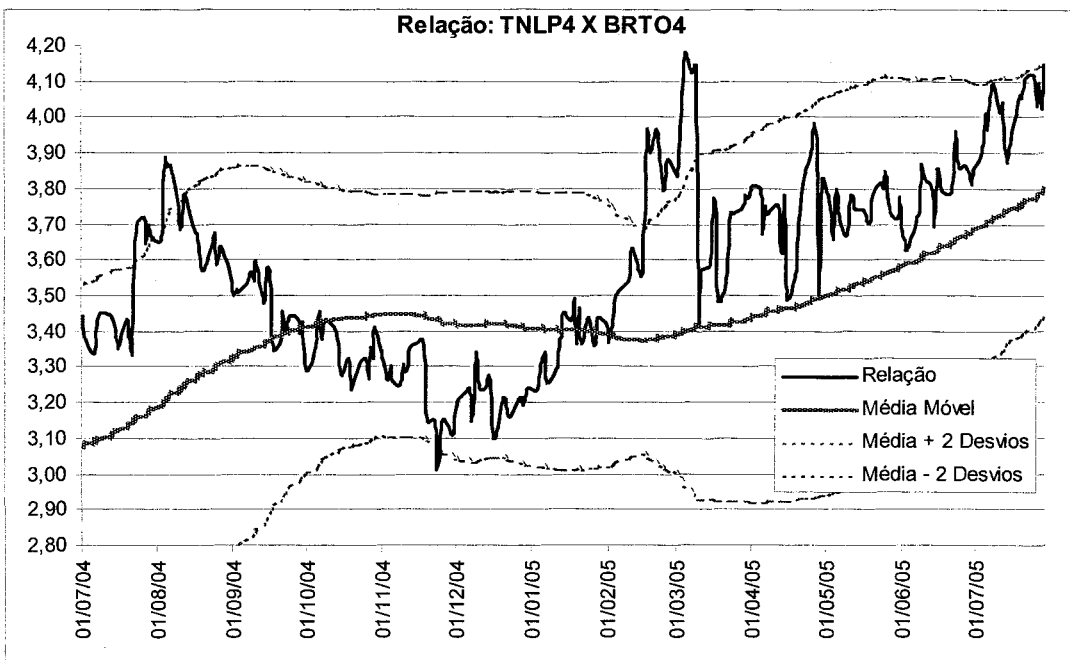


Figura 6 – Relação, resultados e  $R^2$ : CSN ON x Usiminas PNA

Mais uma vez a estratégia mostrou-se lucrativa. Alcançamos 52% de rentabilidade na aplicação do modelo, contra 29% com a compra dos papéis da Usiminas, e apenas 19% com a compra dos papéis da Companhia Siderúrgica Nacional. Como observamos na análise da curva de Resultado, a aplicação da estratégia foi prejudicada ao longo dos primeiros meses, quando os papéis do Usiminas apresentaram rendimento bastante superior aos da Companhia Siderúrgica Nacional (a Curva de Performance Relativa é descendente, o que indica valorização do ativo 2, ou seja, Usiminas). Esse fato fica evidenciado com a queda do Coeficiente de Determinação, no primeiro terço da série. A utilização da Análise Fundamentalista, em conjunto com a aplicação da estratégia de arbitragem, poderia ter previsto esse movimento, e evitado o posicionamento nos papéis da Companhia Siderúrgica Nacional nos primeiros meses da série. Por outro lado, mesmo a aplicação da série de forma essencialmente técnica, como neste trabalho, foi capaz de gerar resultados superiores no longo prazo, principalmente a partir do momento em que a correlação se estabilizou. Se continuássemos com a arbitragem, com certeza os resultados seriam ainda melhores.



### 2.4. Telemar PN x Brasil Telecom PN



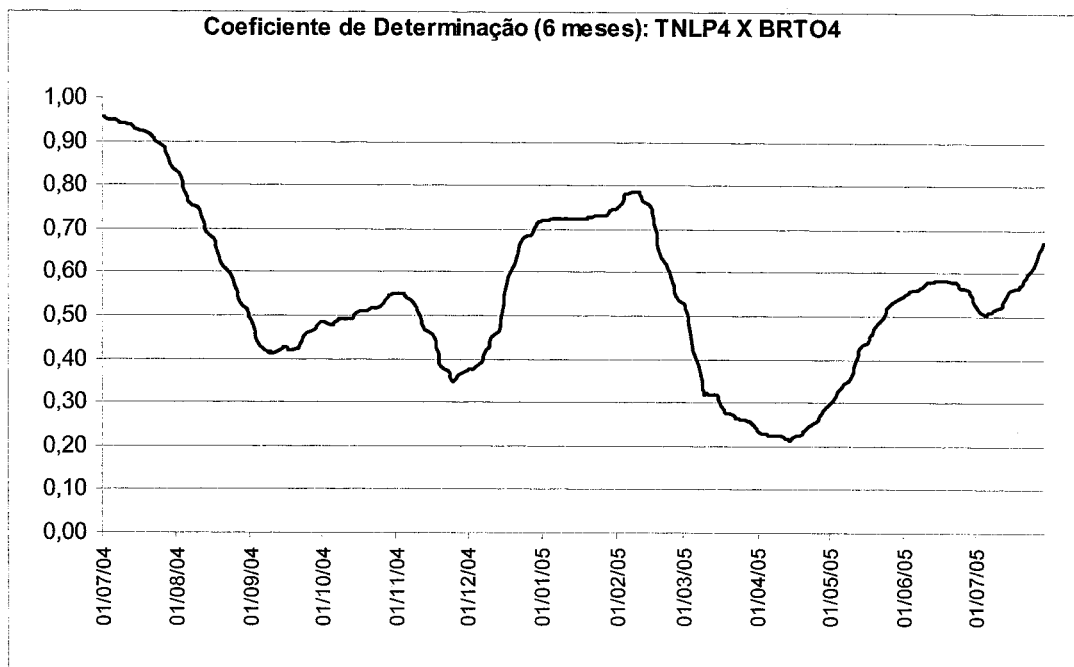
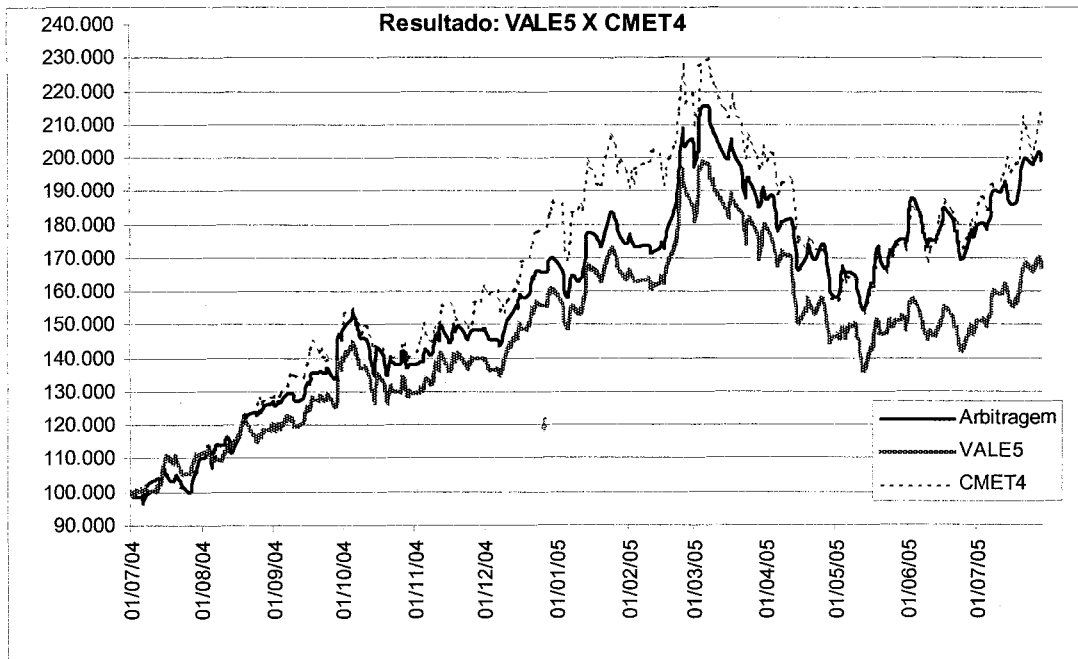
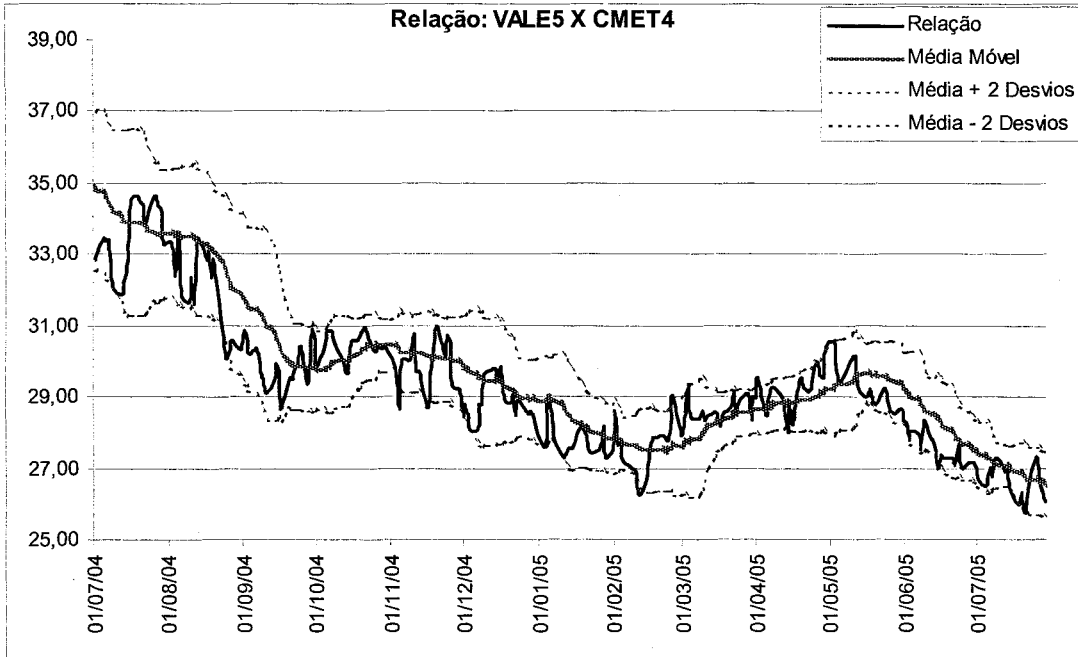


Figura 7 – Relação, resultados e  $R^2$ : Telemar PN x Brasil Telecom PN

Neste caso, os resultados obtidos com a estratégia também foram superiores. Entretanto, nenhum dos dois ativos, adquiridos isoladamente, apresentou desempenho tão satisfatório como os demais analisados anteriormente. As ações preferenciais da Telemar apresentaram desempenho negativo de quase 8%, enquanto os papéis da Brasil Telecom encolheram por volta de 24%. A aplicação da estratégia foi eficiente pelo menos na preservação capital, obtendo um ganho de 2% no período analisado. Isso mostra claramente que a estratégia não é imune a perdas, mas sim eficiente para obter melhores resultados no posicionamento de um investidor em determinado setor da economia. A análise da curva de Resultado, no entanto, evidencia que a estratégia permaneceu bem frente por um longo período, mostrando muita eficiência. Em meados de março de 2005, por exemplo, enquanto cada um dos papéis alcançava por volta de 10% de rentabilidade, a estratégia de arbitragem chegava a 50% de rentabilidade. Por outro lado, mesmo com um resultado tão positivo, o risco assumido foi maior, já que o Coeficiente de Determinação oscilou de forma expressiva. Em uma das trocas, o papel mais barato poderia simplesmente não ter voltado. Níveis baixos de correlação, como neste são exemplo, não são recomendáveis. Felizmente, em todas as situações, a correlação voltou a existir.

## 2.5. Vale do Rio Doce PNA x Caemi PN



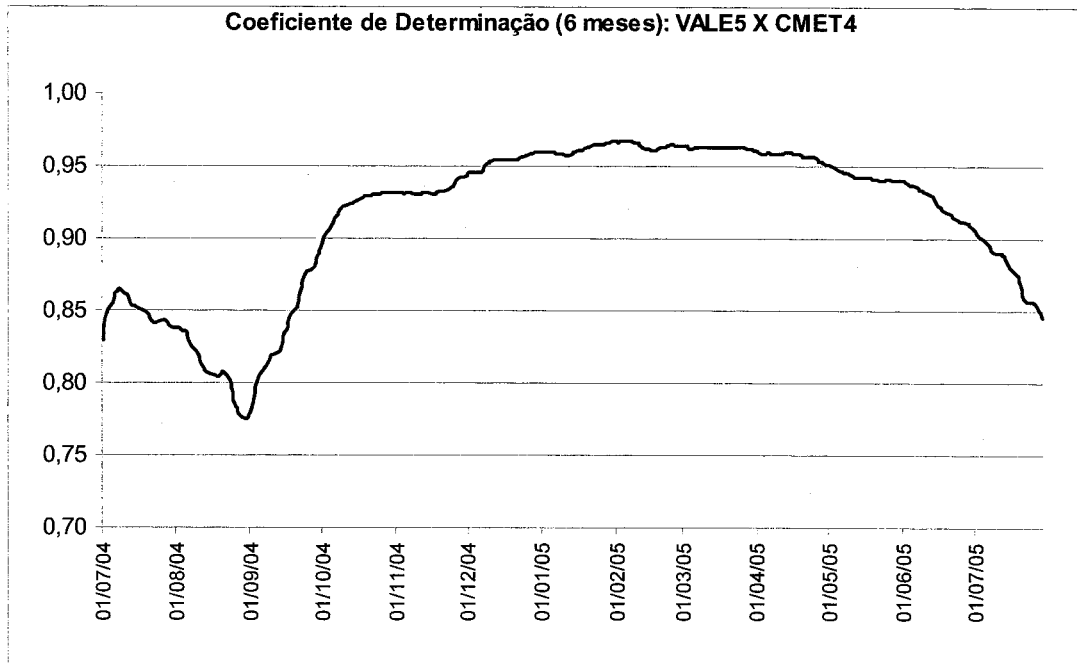
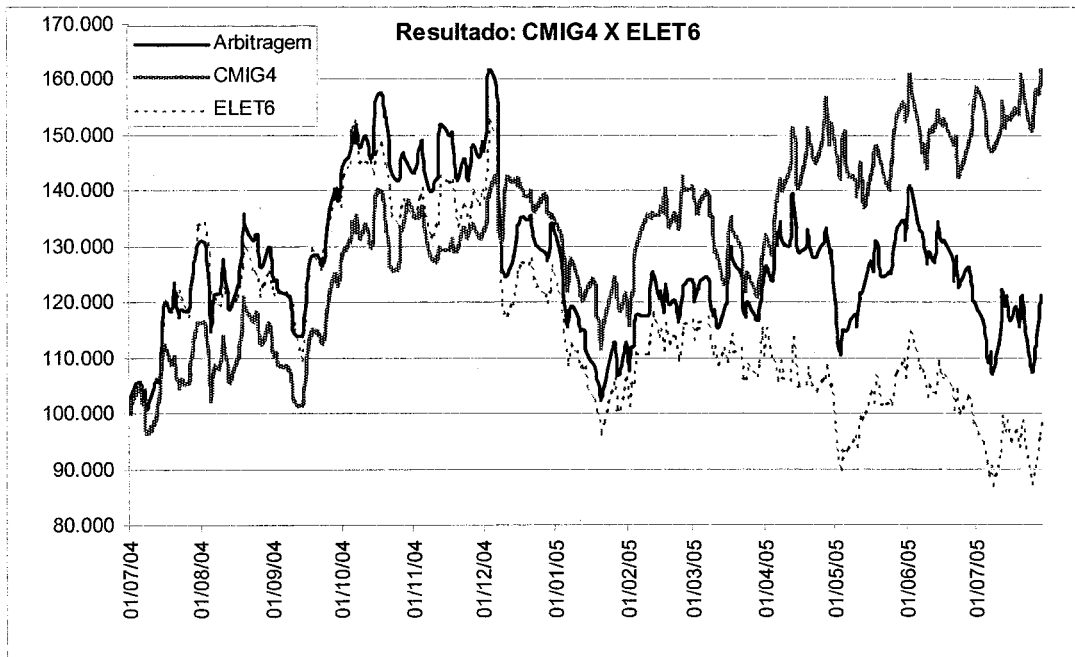
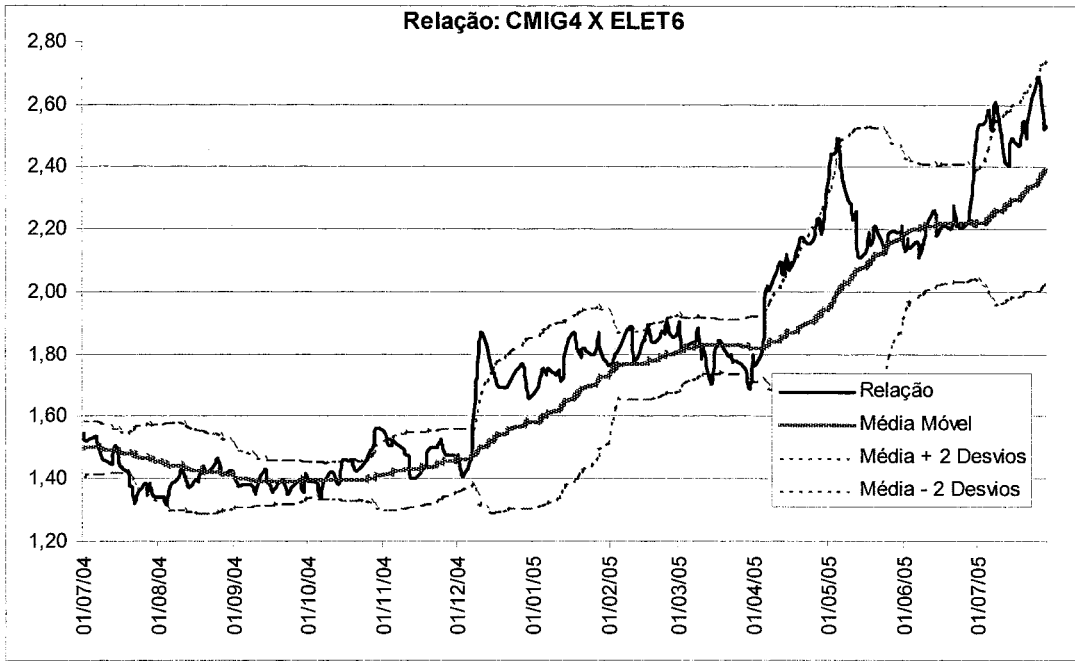


Figura 8 – Relação, resultados e  $R^2$ : Vale do Rio Doce PNA x Caemi PN

Este é o primeiro exemplo no qual a estratégia não se mostrou tão eficiente quanto à compra de um dos ativos de forma isolada. Com a estratégia, foi possível obter 98% de rentabilidade (mesmo assim, uma marca ainda expressiva), contra a ótima performance de 110% da Caemi e 66% com as ações da Vale do Rio Doce. Novamente, analisando o primeiro terço do gráfico do Coeficiente de Determinação perceberemos o motivo. A correlação caiu por que as ações da Caemi valorizaram-se de forma expressiva. Também é possível perceber esse descolamento analisando a Curva de Performance Relativa, descendente na primeira metade do gráfico. Novamente, a análise fundamentalista poderia ter desempenhado um importante papel na prevenção desse movimento. Importante destacar, no entanto, que a partir do momento em que o  $R^2$  novamente alcançou níveis satisfatórios, a aplicação da estratégia passou a dar resultados, alcançando a rentabilidade obtida com o papel da Caemi, ou mesmo superando essa rentabilidade em alguns momentos. Como não poderia ser diferente, a análise técnica não foi capaz de prevenir o movimento da Caemi. Por outro lado, foi capaz de compensar menores rentabilidades obtidas no início com um ótimo desempenho na segunda metade da curva de resultado, comprovando mais uma vez a eficiência do modelo.

## 2.6. Cemig PN x Eletrobrás PNB



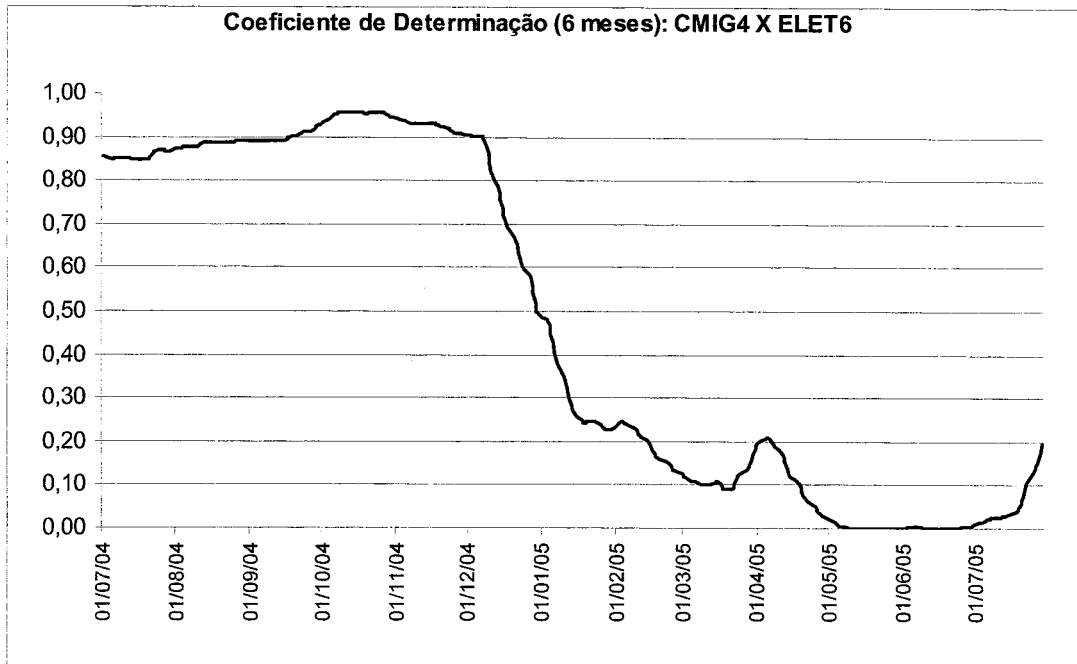


Figura 9 – Relação, resultados e  $R^2$ : Cemig PN x Eletrobrás PNB

Trata-se de um importante exemplo para uma compreensão ampla do tema proposto. A curva do Coeficiente de Determinação evidencia dois momentos claramente distintos. De junho de 2004 a dezembro do mesmo ano, os papéis mantiveram-se unidos, apresentando ótimos níveis de correlação. Como resultado, a estratégia de arbitragem, mais uma vez eficiente, alcançou desempenhos plenamente satisfatórios, com um pico de mais de 60% de rentabilidade, contra algo em torno de 50% obtido com as ações da Eletrobrás e 40% com as ações da Cemig. A partir desse momento, o cenário se alterou de forma dramática. A correlação caiu praticamente a zero, e a estratégia de arbitragem, dependente de um bom  $R^2$  para apresentar resultados, alcançou uma rentabilidade intermediária de 20%, em comparação aos resultados de Cemig (61%) e Eletrobrás (perda de 1,5%). Esse exemplo ilustra a importância do constante monitoramento do nível de correlação e da definição de pontos de stop-loss. Com a queda da correlação e uma Curva de Performance Relativa excessivamente ascendente, indicando uma valorização muito mais acentuada do ativo 1 (Cemig), torna-se óbvia a necessidade de abandonar a estratégia, enquanto ainda há tempo. Não há regras, no entanto, para identificar o momento certo de abandonar a estratégia. Cada investidor deve definir seu momento, conforme seu nível de aversão ao risco.

### 3. Datas de mudança de posição e cálculo do beta.

Tabela 13 – Mudanças de posição: ITAU4 x BBDC4

Data	Estratégia de Arbitragem										Ativo 1		Ativo 2	
	IBOVESPA	ITAU4	BBDC4	Relação	ITAU4	Movimento	BBDC4	Movimento	Arbitragem	ITAU4	BBDC4	Beta Ativo 1	Beta Ativo 2	
01/07/04	21.348,67	295,00	48,55	<b>6,08</b>	338,98	COMPRAR	0,00	100.000,00	338,98	100.000,00	2.059,73	100.000,00		
04/08/04	22.177,92	286,56	46,00	<b>6,23</b>	0,00	VENDER	2111,72	97.138,98	338,98	97.138,98	2.059,73	94.747,68		
21/10/04	23.058,95	343,61	58,50	<b>5,87</b>	359,52	COMPRAR	0,00	123.535,45	338,98	116.477,97	2.059,73	120.494,34		
04/01/05	24.848,04	403,00	64,05	<b>6,29</b>	0,00	VENDER	2262,10	144.887,47	338,98	136.610,17	2.059,73	131.925,85		
01/03/05	27.729,98	453,01	84,90	<b>5,34</b>	423,95	COMPRAR	0,00	192.052,25	338,98	153.562,71	2.059,73	174.871,27		
02/06/05	26.639,83	460,00	79,30	<b>5,80</b>	0,00	VENDER	2459,21	195.015,64	338,98	155.932,20	2.059,73	163.336,77		
29/07/05	26.042,36	451,00	83,03	<b>5,43</b>	0,00	MANTER	2459,21	<b>204.188,50</b>	338,98	<b>152.881,36</b>	2.059,73	<b>171.019,57</b>		

Beta Arbitragem  
3,840

Beta Ativo 1  
2,228

Beta Ativo 2  
2,899

Tabela 14 – Mudanças de posição: PETR3 x PETR4

Data	Estratégia de Arbitragem										Ativo 1		Ativo 2	
	PETR3	PETR4	Relação	PETR3	Movimento	PETR4	Movimento	Arbitragem	PETR3	PETR4	Beta Ativo 1	Beta Ativo 2		
01/07/04	85,30	76,90	<b>1,11</b>	0,00	1300,39	COMPRAR	100.000,00	1.172,33	100.000,00	1.300,39	100.000,00			
26/08/04	90,00	82,62	<b>1,09</b>	1193,76	COMPRAR	0,00	107.438,23	1.172,33	105.509,96	1.300,39	107.438,23			
14/09/04	95,80	85,20	<b>1,12</b>	0,00	1342,28	COMPRAR	114.362,03	1.172,33	112.309,50	1.300,39	110.793,24			
13/10/04	99,62	91,90	<b>1,08</b>	1238,26	COMPRAR	0,00	123.355,29	1.172,33	116.787,81	1.300,39	119.505,85			
10/01/05	102,70	92,20	<b>1,11</b>	0,00	1379,27	COMPRAR	127.169,12	1.172,33	120.398,59	1.300,39	119.895,97			
13/05/05	104,30	92,50	<b>1,13</b>	1223,23	COMPRAR	0,00	127.582,90	1.172,33	122.274,33	1.300,39	120.286,09			
05/07/05	125,50	109,30	<b>1,15</b>	0,00	1404,53	COMPRAR	153.515,38	1.172,33	147.127,78	1.300,39	142.132,64			
29/07/05	125,30	108,98	<b>1,15</b>	0,00	1404,53	MANTER	<b>153.065,93</b>	1.172,33	<b>146.893,32</b>	1.300,39	<b>141.716,51</b>			

Beta Arbitragem  
1,635

Beta Ativo 1  
1,490

Beta Ativo 2  
1,325

Tabela 15 – Mudanças de posição: CSNA3 x USIM5

Data	Estratégia de Arbitragem						Ativo 1	Ativo 2			
	CSNA3	USIM5	Relação	CSNA3	Movimento	USIM5			Movimento	Arbitragem	CSNA3
01/07/04	37,62	33,00	1,14	0,00	3030,30	COMPRAR	100.000,00	2.658,16	100.000,00	3.030,30	100.000,00
07/07/04	38,05	35,41	1,07	2820,05	COMPRAR	0,00	VENDER	2.658,16	101.143,01	3.030,30	107.303,03
04/03/05	69,80	66,60	1,05	0,00	VENDER	2955,55	COMPRAR	2.658,16	185.539,61	3.030,30	201.818,18
04/05/05	46,15	53,15	0,87	3403,85	COMPRAR	0,00	VENDER	2.658,16	122.674,11	3.030,30	161.060,61
29/07/05	44,80	42,77	1,05	3403,85	MANTER	0,00	<b>152.492,36</b>	2.658,16	<b>119.085,59</b>	3.030,30	<b>129.606,06</b>

Beta Arbitragem  
2,111

Beta Ativo 1  
1,802

Beta Ativo 2  
2,042

Tabela 16 – Mudanças de posição: TNLP4 x BRTO4

Data	Estratégia de Arbitragem						Ativo 1	Ativo 2			
	TNLP4	BRTO4	Relação	TNLP4	Movimento	BRTO4			Movimento	Arbitragem	TNLP4
01/07/04	40,50	11,77	3,44	2469,14	COMPRAR	0,00	100.000,00	2.469,14	100.000,00	8.496,18	100.000,00
23/07/04	38,90	10,53	3,69	0,00	VENDER	9121,50	COMPRAR	2.469,14	96.049,38	8.496,18	89.464,74
23/11/04	41,50	13,76	3,02	3024,38	COMPRAR	0,00	VENDER	2.469,14	102.469,14	8.496,18	116.907,39
16/02/05	42,15	11,16	3,78	0,00	VENDER	11422,73	COMPRAR	2.469,14	104.074,07	8.496,18	94.817,33
29/07/05	37,33	9,00	4,15	0,00	MANTER	11422,73	<b>102.804,57</b>	2.469,14	<b>92.172,84</b>	8.496,18	<b>76.465,59</b>

Beta Arbitragem  
1,195

Beta Ativo 1  
0,327

Beta Ativo 2  
0,057



Tabela 17 – Mudanças de posição: VALE5 x CMET4

Data	Estratégia de Arbitragem										Ativo 1	Ativo 2
	VALE5	CMET4	Relação	VALE5	Movimento	CMET4	Movimento	Arbitragem	VALE5	CMET4		
01/07/04	40,10	1,22	<b>32,87</b>	0,00	81967,21	COMPRAR	100.000,00	2.493,77	100.000,00	81.967,21	100.000,00	
23/08/04	46,67	1,51	<b>30,91</b>	2652,04	COMPRAR	0,00	VENDER	123.770,49	2.493,77	116.384,04	81.967,21	
25/02/05	76,65	2,64	<b>29,03</b>	0,00	VENDER	76999,44	COMPRAR	203.278,51	2.493,77	191.147,13	81.967,21	
13/04/05	64,90	2,32	<b>27,97</b>	2752,52	COMPRAR	0,00	VENDER	178.638,69	2.493,77	161.845,39	81.967,21	
25/04/05	63,23	2,11	<b>29,97</b>	0,00	VENDER	82484,35	COMPRAR	174.041,98	2.493,77	157.680,80	81.967,21	
02/06/05	62,73	2,26	<b>27,76</b>	2971,70	COMPRAR	0,00	VENDER	186.414,63	2.493,77	156.433,92	81.967,21	
29/07/05	66,95	2,57	<b>26,05</b>	2971,70	MANTER	0,00		<b>198.955,20</b>	2.493,77	<b>166.957,61</b>	81.967,21	

Beta Arbitragem  
3,110

Beta Ativo 1  
2,511

Beta Ativo 2  
3,573

Tabela 18 – Mudanças de posição: CMIG4 x ELET6

Data	Estratégia de Arbitragem										Ativo 1	Ativo 2
	CMIG4	ELET6	Relação	CMIG4	Movimento	ELET6	Movimento	Arbitragem	CMIG4	ELET6		
01/07/04	47,90	30,99	<b>1,55</b>	0,00	3226,85	COMPRAR	100.000,00	2.087,68	100.000,00	3.226,85	100.000,00	
20/07/04	52,75	38,30	<b>1,38</b>	2342,91	COMPRAR	0,00	VENDER	123.588,25	2.087,68	110.125,26	3.226,85	
15/10/04	66,50	45,49	<b>1,46</b>	0,00	VENDER	3425,00	COMPRAR	155.803,20	2.087,68	138.830,90	3.226,85	
14/03/05	59,00	34,60	<b>1,71</b>	2008,56	COMPRAR	0,00	VENDER	118.504,96	2.087,68	123.173,28	3.226,85	
05/04/05	66,00	33,41	<b>1,98</b>	0,00	VENDER	3967,82	COMPRAR	132.564,87	2.087,68	137.787,06	3.226,85	
29/07/05	77,46	30,55	<b>2,54</b>	0,00	3967,82	MANTER		<b>121.216,91</b>	2.087,68	<b>161.711,90</b>	3.226,85	

Beta Arbitragem  
-0,009

Beta Ativo 1  
1,200

Beta Ativo 2  
-0,531

## Capítulo VI - Conclusão

Os mercados de fato não são eficientes. Somente por esse motivo, estratégias de arbitragem, essencialmente técnicas, podem produzir resultados satisfatórios. A aplicação prática da estratégia de Arbitragem de Ativos Correlacionados demonstrou que, ao encontramos pares de ativos altamente correlacionados, poderemos lucrar explorando ineficiências de mercado, ou seja, momentos onde a correlação é perdida, com cada um dos ativos perseguindo temporariamente direções opostas. Quando vendemos o ativo relativamente mais caro, comprando imediatamente o ativo mais barato, podemos acreditar, com base no comportamento passado dessas ações, que suas cotações novamente deverão convergir para a média histórica formada pela relação entre os preços desses ativos, eliminando potencialmente a discrepância.

Desde que mantida a premissa básica do nível de correlação, a estratégia de Arbitragem de Ativos Correlacionados demonstrou ser eficiente em todas as situações avaliadas neste trabalho. Podemos afirmar que o modelo é capaz de maximizar resultados em carteiras de ações, principalmente carteiras setoriais, indicando o melhor momento de cada ativo. Mesmo quando o resultado final da estratégia foi inferior à compra de um dos ativos de forma isolada, o modelo mostra-se superior quando desconsideramos movimentos extraordinários, que interferem nos níveis históricos de correlação – nesse caso, nenhum modelo de análise técnica seria eficiente. Por esse motivo, movimentos atípicos devem ser sempre monitorados, a fim de garantir a aplicação bem sucedida da estratégia.

Finalmente, é importante destacar a acessibilidade do modelo. Não são necessários conhecimentos profundos de estatística. Qualquer indivíduo pode construir sua série de preços, avaliar a volatilidade histórica e os níveis de correlação adequados, definir suas curvas de oportunidade e iniciar a aplicação do conceito. E como dissemos anteriormente, se associarmos ao modelo, técnicas de análise fundamentalista, levando em conta riscos sistemáticos e específicos, poderemos atingir resultados ainda melhores. A análise técnica deve ser vista como uma sugestão, calculada com base em probabilidades, que deve posteriormente ser confirmada pela análise fundamentalista.

## Referências Bibliográficas

- 1 – ROSS, S. A., WESTERFIELD, R. W., JAFFE, J. F. **Administração Financeira**. São Paulo: Editora Atlas, 1995. 698 p. ISBN 85-224-1342-8
- 2 – BUSSAB, W. O., MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. São Paulo: Editora Atual, 1995. 321 p. ISBN 87-0952
- 3 – GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. São Paulo: Editora Harbra, 1997. 841 p. ISBN 85-294-0060-7.
- 4 – Séries Históricas da Bolsa de Valores de São Paulo: Banco de Dados. Disponível em CD fornecido pela Bovespa.
- 5 – INVESTOPEDIA. Enciclopédia financeira on-line. Disponível em: <http://www.investopedia.com/>. Acesso em agosto de 2005.
- 6 – INVESTORWORDS. Glossário de Investimentos on-line. Disponível em <http://www.investorwords.com/>. Acesso em agosto de 2005.