

"A FEA e a USP respeitam os direitos autorais deste trabalho. Nós acreditamos que a melhor proteção contra o uso ilegítimo deste texto é a publicação online. Além de preservar o conteúdo motiva-nos oferecer à sociedade o conhecimento produzido no âmbito da universidade pública e dar publicidade ao esforço do pesquisador. Entretanto, caso não seja do interesse do autor manter o documento online, pedimos compreensão em relação à iniciativa e o contato pelo e-mail bibfea@usp.br para que possamos tomar as providências cabíveis (remoção da tese ou dissertação da BDTD)."

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE “MODELAGEM MATEMÁTICA EM
FINANÇAS”

“Análise estatística multivariada de *Hedge Funds* Brasileiros”

Autora: Han Byul Kim

Orientador: Prof. Dr. Henrique von Dreifus

São Paulo
2007

“Análise estatística multivariada de *Hedge Funds* Brasileiros”

Autora: Han Byul Kim

Dissertação apresentada à Faculdade de
Economia, Administração e
Contabilidade e ao Instituto de
Matemática e Estatística da
Universidade de São Paulo para a
obtenção do Título de mestre.

Orientador:
Prof. Dr. Henrique von Dreifus

São Paulo
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Kim, Han Byul

Análise estatística multivariada de Hedge Funds Brasileiros / Han Byul

Kim. – São Paulo, 2007.

63 p.

Dissertação (Mestrado Profissionalizante) – Universidade de São Paulo, 2007
Bibliografia.

1. Investimentos 2. Fundo de investimento 3. Componentes principais
4. Cluster 1. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade II. Título.

CDD – 332.6

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, ao Professor Doutor Henrique von Dreifus pela orientação e principalmente por ter acreditado na minha capacidade em desenvolver um bom trabalho. Sem a sua atenção, esta tese não teria sido concluída.

À minha família que sempre me apoiou nos projetos mais importantes da minha vida.

Ao Roberto Beier Lobarinhas, por todo seu carinho, suporte e incentivo nos momentos mais difíceis deste trabalho.

Ao Márcio Medeiros, Eduardo Paes Amaro de Castro, Paulo de Tarso Minari e a todos os meus amigos do mestrado, em especial Alexandre Bess, Alexandre Bona, Carlos Alberto Yamada e Paulo Ouki, que foram fundamentais para a realização desta dissertação.

Ao Luiz Felipe Pinheiro de Andrade, pelo exemplo de dedicação profissional e acadêmica, e a Aline Leite San Lee Sun por me mostrar que é possível conciliar diversos sonhos.

Aos professores deste curso que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos funcionários da FEA, IME e FIPE, pelo suporte dado nestes dois anos de mestrado.

À ANBID por ter fornecido os dados necessários para esta tese.

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”

Fernando Pessoa

“O primeiro passo para conseguirmos o que queremos na vida é decidirmos o que queremos.”

Ben Stein

“It is looking at things for a long time that ripens you and gives you a deeper understanding.”

Van Gogh

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo selecionar em uma amostra de fundos multimercado, através da análise de componentes principais e de *cluster*, aqueles capazes de representar toda a amostra. Através desse procedimento, a amostra será reduzida a alguns poucos fundos, sendo cada um deles objeto de uma distinta estratégia. Para tanto, primeiramente, é feita a análise estatística dos dados com o intuito de identificar as características da amostra de fundos. Em seguida, através da análise de componentes principais determinam-se os fundos que mais contribuem nos autovetores dos correspondentes maiores autovalores, e através da análise de *cluster* determinam-se aqueles que são mais similares. A partir dos fundos selecionados, identificam-se as estratégias que mais influenciam na volatilidade do *portfolio* do investidor. Adicionalmente, conclui-se que é possível determinar um selecionado grupo de fundos em que, cada um deles, melhor representa uma determinada estratégia.

ABSTRACT

This work aims to identify the funds that can represent a reasonable sample of Brazilian hedge funds through principal components analysis and cluster. Through these procedures, the sample will be reduced into few relevant funds in each hedge fund strategy. First, the whole sample is analyzed in order to identify statistical similarities. Having the purpose of identifying funds that more affect the eigenvectors from higher eigenvalues, and also, the strategies that more contribute to the investor's portfolio volatility, principal components analysis is done. Finally, it is shown that it is possible to have a group with few funds that represent each of the hedge fund strategies.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	A INDÚSTRIA DE FUNDOS NO BRASIL	3
2.1	CLASSIFICAÇÃO DOS FUNDOS	5
2.2	ESTRATÉGIAS DOS HEDGE FUNDS BRASILEIROS	8
2.3	ÍNDICE DE HEDGE FUNDS BRASILEIROS	10
2.3.1	ÍNDICE - UBS PACTUAL	11
2.3.2	RISK OFFICE- ÍNDICE DE FUNDOS MULTIMERCADOS (IFM)	13
2.3.3	ARSENAL	15
3	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS	18
3.1	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	19
3.1.1	MÉDIA E MEDIANA	20
3.1.2	DESVIO PADRÃO	22
3.2	ÍNDICE SHARPE (IS)	24
3.3	ASSIMETRIA E CURTOSE	26
3.3.1	KOLMOGOROV-SMIRNOV (KS)	28
3.3.2	LILLIEFORS	29
3.4	AUTOCORRELAÇÃO	29
4	ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA	31
4.1	CLUSTER HIERÁRQUICO	31
4.2	ANÁLISE DE AUTOVALORES E DE AUTOVETORES	33
4.2.1	REGRESSÃO LINEAR – MAIOR AUTOVALOR	41
4.2.2	FUNDOS SELECIONADOS	43
4.2.3	FUNDOS SIMILARES	45
5	CONCLUSÃO	47
	ANEXO	50
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	53

Lista de Figuras

Figura 1: Média e mediana dos retornos diários _____	20
Figura 2: Média das médias móveis de 21du e de 63 du _____	22
Figura 3: Desvio padrão dos retornos diários _____	23
Figura 4: Coeficiente de variação _____	24
Figura 5: Índice sharpe dos fundos _____	25
Figura 6: Assimetria e curtose dos fundos _____	27
Figura 7: Autocorrelação dos fundos _____	30
Figura 8: Cluster hierárquico – distância mínima – 95 fundos _____	32
Figura 9: Cluster hierárquico – primeira seleção _____	35
Figura 10: Cluster hierárquico – segunda seleção _____	36
Figura 11: Cluster hierárquico – terceira seleção _____	38
Figura 12: Autovalores da matriz de covariância dos retornos _____	40
Figura 13: Histograma dos autovalores da matriz de covariância _____	40
Figura 14: Contribuição de cada fundo para os autovetores _____	43
Figura 15: Fundos similares ao fundo 23 _____	45
Figura 16: Fundos similares ao fundo 80 _____	45
Figura 17: Fundos similares ao fundo 35 – nó 7 _____	46
Figura 18: Fundos similares ao fundo 82 – nó 21 _____	46

1 Introdução

Com a expectativa de contínua queda da taxa básica de juros brasileira – SELIC, o investidor passou a demandar alternativas de investimentos que apresentem estratégias diferentes daqueles presentes nos tradicionais renda fixa e renda variável. Neste contexto surgiram os fundos chamados *Hedge Funds*.

O termo *Hedge Fund*, apesar de remeter à idéia de proteção contra movimentos adversos de mercado, de baixo risco, refere-se na verdade aos fundos que podem utilizar todos os instrumentos financeiros disponíveis no mercado, inclusive o de alavancagem. Foi usado pela primeira vez por Carol J. Loomis [1966] na revista *Fortune* com o objetivo de descrever a estratégia de investimentos de Alfred Winslow Jones: comprar ações que estavam sub-avaliadas e vender aquelas que estavam sobre-avaliadas. Ao conjunto das duas operações foi dado o nome de *Hedge*. Porém, ao analisar a carteira de ações, concluiu-se que o fundo de Alfred estava alavancado. Atualmente os fundos chamados de *Hedge Funds* fazem parte dos *portfolios* dos investidores como sendo uma nova classe de ativos como acontecem com ações, imóveis entre outros.

Existem diversas análises quantitativas que podem ser realizadas para esta classe de ativos, sempre com o objetivo de maximizar o retorno para o investidor com menor alocação de risco possível. Isto implica saber selecionar os fundos mais relevantes dentro desta classe de ativos e diferenciá-los de acordo com os retornos, com o desvio padrão dos retornos e com a estratégia. Neste trabalho, esta classe de ativos foi analisada através de componentes principais que poderão servir de base para futuras classificações e conseqüentemente para uma boa seleção de ativos.

No capítulo 2, abordou-se a indústria Brasileira de fundos de investimentos: classificações, estratégias e os índices de *hedge funds* brasileiros. No capítulo seguinte, foi feita a caracterização dos dados com intuito de observar o comportamento estatístico tanto dos retornos quanto das volatilidades dos fundos. No capítulo 4, com o auxílio do MATLAB, foi feita a análise de componentes principais com o objetivo de identificar os fundos mais relevantes da amostra e através de cluster hierárquico determinar os fundos similares aos encontrados. Por fim, sugeriu-se a continuidade dos estudos com a evolução do mercado e da regulamentação (a instrução normativa 450 da Comissão de Valores Mobiliários publicada em 30 de março de 2007).

2 A Indústria de fundos no Brasil

De acordo com a Associação Nacional dos Bancos de Investimento (ANBID), um fundo de investimento pode ser definido como um condomínio que reúne recursos de um único ou um conjunto de investidores, com o objetivo de obter ganhos financeiros a partir da aquisição de títulos ou valores mobiliários.

Existem registros que comprovam que a indústria de fundos teve início no século XIX na Bélgica e no Brasil, em 1957. Mas foi especialmente com o Plano Real que esta indústria teve o seu grande crescimento. Isto ocorreu porque a nova realidade do mercado financeiro fez com que os investidores passassem a buscar alternativas de investimentos com a melhor relação risco x retorno.

Inicialmente os *Hedge Funds* eram destinados somente para investidores institucionais ou de alto poder aquisitivo, mas este dado tem mudado com a crescente demanda por parte dos investidores de outras classes sociais. Para o gestor do fundo, quanto mais pulverizado estiver o seu passivo melhor é, principalmente nos momentos de crises no mercado financeiro, quando os investidores muitas vezes tomam decisões irracionais de resgate.

Pelos dados disponíveis na ANBID, nota-se que o grande número de *Hedge Funds* foi criado em 2004. Este fato pode ser atribuído a dois grandes eventos: um melhor controle da inflação no Brasil e a abundante liquidez global. Neste cenário, os investidores passaram a ter maior apetite por investimentos com risco.

Toda a indústria de fundos no Brasil é regulamentada e fiscalizada pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM) através da instrução normativa 409 que foi recentemente complementada pela instrução normativa 450.

Esta classe de investimento não conta com a garantia do fundo garantidor, como é o caso de certificados de depósitos bancários (CDB) ou mesmo poupança. Entre as diversas restrições que fazem parte de um fundo de investimento, vale destacar que os recursos dos investidores que fazem parte de um fundo não podem ser geridos juntamente com os da instituição administradora. Isto significa que o banco administrador não pode repassar para a sua base de clientes credores, os recursos dos seus fundos de investimentos.

Diferentemente do mercado americano, os gestores de *Hedge Funds* brasileiros têm a obrigatoriedade de disponibilizar a carteira do fundo de investimento pelo menos a cada 90 (noventa) dias no site da CVM.

Alguns aspectos devem ser analisados antes de investir nesta classe de ativos:

- Estratégia do fundo;
 - Gestão de risco do fundo: se o gestor possui um adequado sistema de controle de risco, pessoas qualificadas para efetuar este controle de risco;
 - Liquidez dos ativos que compõem o fundo: controle das posições vendidas (aluguel de papel, por exemplo), qualidade destes ativos;
 - Controle operacional: como as operações efetuadas pelos operadores são liquidadas;
 - Comprometimento do gestor em manter o fundo dentro da política de investimento proposta, sem mudança de estilo;
-

- Estrutura societária no caso de gestores não ligados a grandes instituições financeiras.

O fato de ter apresentado retornos acima da média do mercado nem sempre se traduz em boas operações realizadas pelos gestores. Pode simplesmente mostrar o resultado de algumas operações específicas, concentradas, que estão no fundo. Por este motivo a análise qualitativa dos *Hedge Funds* também é muito importante. Hoje em dia, provavelmente esta análise ainda tenha um peso maior do que a quantitativa por se tratar de um mercado ainda novo quando comparado com o equivalente mercado nos Estados Unidos e na Europa. Somado a isso, está o crescente número de fundos de gestores que não têm interesse em abrir a carteira.

Se por um lado a demanda por *Hedge Funds* tem apresentado um grande crescimento, por outro, os instrumentos financeiros atualmente disponíveis não têm sido suficientes para que os gestores possam elaborar boas e diferentes estratégias para os seus respectivos fundos de investimento. Esta é uma das razões pelas quais os gestores têm optado por não abrir a carteira dos seus fundos numa periodicidade menor do que a exigida pela CVM.

Isto só reforça a necessidade de se ter uma análise quantitativa mais elaborada por parte dos investidores. Algumas das análises propostas neste trabalho servirão de auxílio na tomada de decisão para investimento.

2.1 Classificação dos fundos

Antes da análise estatística propriamente dita dos fundos selecionados, serão observados alguns fatos relevantes do mercado brasileiro de

fundos de investimentos: a tributação e os tipos de fundos criados a partir da instrução normativa 409 da CVM.

- (a) Tributação (vigente desde Janeiro de 2005): varia conforme o prazo médio¹ dos títulos que compõem o fundo de investimento como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Alíquotas de tributação

Prazo de permanência na aplicação	Alíquota sobre os rendimentos
Até 180 dias	22,5%
De 181 a 360 dias	20,0%
De 361 a 720 dias	17,5%
Mais de 720 dias	15,0%

O imposto de renda (come-cotas) dos fundos de investimentos, que ocorre nos meses de maio e de novembro, é cobrado com a menor alíquota. No momento de resgate, cobra-se a diferença entre a alíquota correspondente ao prazo de permanência. No caso de fundo de investimento de ações que é composto por pelo menos 67% (sessenta e sete por cento) em ações, a tributação ocorre somente no momento do resgate com a alíquota de 15%, independentemente do prazo de permanência da aplicação. Por este motivo, alguns gestores optam por classificar o seu *Hedge Fund* como sendo de um fundo de investimento de ações para que seu investidor tenha o benefício tributário.

Como todos que serão analisados neste trabalho enquadram-se na menor alíquota de imposto de renda – 15% (quinze por cento) – a tributação

¹ O cálculo do prazo médio pode ser obtido no site da Receita Federal, instrução normativa 487/2004

não será levada em consideração nas análises quantitativas que serão feitas a partir do capítulo 3. Vale ressaltar que esta forma de tributação fez com que os fundos de investimentos passassem a alongar os títulos das suas carteiras, contribuindo para o alongamento do perfil da dívida brasileira.

(b) Tipos de fundos: varia de acordo com os ativos que compõem as carteiras¹

Tabela 2: Classificação ANBID

Categoria ANBID	Tipo ANBID	Riscos
Curto Prazo	Curto Prazo	DI / SELIC
	Aplicação automática	
Referenciados	Referenciado DI	Indexador de Referência
	Referenciado Outros	
Renda Fixa	RF ²	Juros + Índice de Preços
	RF Crédito	Juros + Crédito + Índice de Preços
	RF com Alavancagem	Juros + Crédito + Índice de Preços + Alavancagem
Multimercados	Balanceados	Diversas Classes de Ativos
	Sem RV ³	
	✓ Com RV	
	Sem RV e com Alavancagem	
	✓ Com RV e com Alavancagem	
	Capital Protegido	
	✓ Long and Short - RV	DI/SELIC + RV

¹ Definições podem ser encontradas no site da ANBID

² RF: Renda fixa

³ RV: Renda variável

Existem ainda os fundos de investimento no Exterior, de ações, cambial entre outros¹. No caso de fundos de ações², deverão ter no mínimo 67% (sessenta e sete por cento) da carteira em ações negociadas no mercado à vista de bolsa de valores ou através do mercado de balcão organizado.

Como este trabalho aborda os fundos chamados *Hedge Funds*, fundos de investimentos que podem ter diversos ativos e estratégias com alavancagem, foram selecionados somente aqueles que seguem as classificações de multimercado com renda variável e com alavancagem, os *long and short* e alguns fundos de ações. Estes últimos porque, apesar de terem estratégias de arbitragem de ações, por questões tributárias, o gestor optou por manter esta classificação ANBID. Não foi levada em consideração a alteração de classificação que o gestor possa ter feito no período analisado.

2.2 Estratégias dos *Hedge Funds* Brasileiros

A indústria de *Hedge Funds* brasileira, por ainda ser recente, não apresenta fundos com diversas estratégias de investimentos como ocorre no mercado americano (*arbitrage, CTA, event driven, multi strategy, directional, long/short equities, global macro, fund of funds* entre outros). É um mercado que se encontra em fase de desenvolvimento, em que os instrumentos de derivativos estão sendo aprimorados e sua respectiva liquidez melhorada. Vale lembrar que este desenvolvimento tardio não ocorreu pela falta de conhecimento da existência de *Hedge Funds*, e sim devido à ausência de necessidade de elaborar diferentes instrumentos financeiros para o mercado local, uma vez que historicamente o Brasil manteve elevada taxa de juros reais, e os investidores puderam obter bons retornos com investimentos atrelados à taxa de juros pós-fixada.

¹ Outras modalidades de fundos de investimento podem ser consultadas no site da ANBID

² Definição de principal fator de risco no site da CVM

Pode-se observar que os fundos que apresentam estratégias direcionais, por exemplo, com posições para capturar o fechamento da curva de juros, ou mesmo o diferencial da taxa de câmbio na sua composição, têm volatilidades maiores do que aqueles que trabalham com arbitragem, por exemplo, distorções de preços de diversos ativos. Este fato pode ser melhor observado no capítulo 4.

Dado que hoje os mercados bem desenvolvidos no Brasil são basicamente quatro - juros, bolsa, dólar e dívida - os Hedge Funds brasileiros, por exemplo, podem ser separados de acordo com as seguintes estratégias: macro, long and short, quantitativo, fund of funds e multiestratégia. É possível fazer outras subdivisões dentro de cada uma delas, mas para os fundos selecionados serão consideradas somente as citadas anteriormente. No capítulo 4, há o espectro de autovetores que mostra qual estratégia mais contribui para a volatilidade do *portfolio* do investidor.

Dentre os fundos macro, existem aqueles que apresentam estratégias estruturais e outros que são oportunistas, isto é, adotam posições de curto prazo para maturação. No caso de fundos long and short, há gestores com fundos market neutral - tanto pelo beta como pelo financeiro -, e com posições direcionais à bolsa. Quantitativos são aqueles que trabalham com modelos matemáticos, ou mesmo com distorções entre mercados, principalmente através de operações com derivativos. Multiestratégia, como próprio nome diz, são aqueles que adotam diversas estratégias ao mesmo tempo como, por exemplo, macro mais *long and short* mais quantitativo.

Para fazer as subdivisões das estratégias seria necessário analisar diariamente as carteiras dos fundos a fim de identificar o estilo de gestão assim como a aderência à política de investimento dos fundos. Porém como de acordo com a regulamentação vigente o gestor só tem a

obrigatoriedade de abrir a carteira a cada 90 (noventa) dias para investidores que aplicam nos seus fundos, estas subdivisões ficam inviabilizadas. Neste contexto, a análise de componentes principais é um instrumento quantitativo a ser considerado para se fazer estas subdivisões (vide capítulo 4).

2.3 Índice de *hedge funds* Brasileiros

Um índice (*benchmark*) para fundos de investimento é composto por fundos que seguem um determinado tratamento tributário e classificação ANBID (vide 2.1). A participação no índice destes fundos que estão abertos para receber investimentos é sempre bem definida. É considerado um índice quando é possível calcular o retorno do mesmo em períodos pré-determinados, através de uma metodologia transparente.)

Tanto para os fundos de renda fixa quanto para os fundos de renda variável, já existem índices através dos quais os investidores podem ter uma referência de rentabilidade. Enquanto os fundos de renda fixa são, via de regra, comparados com o custo de oportunidade, CDI¹, os de renda variável são comparados com o índice Ibovespa.

Com a mesma finalidade, alguns índices de *Hedge Funds* foram criados na tentativa de servir como um parâmetro para aqueles que investem nesta categoria de fundos, que buscam retornos absolutos. Atualmente, no mercado brasileiro, existem três instituições que publicam estes índices com metodologias também diferentes.

¹ CDI: Certificado de Depósito Interbancário

2.3.1 Índice - UBS Pactual¹

O primeiro índice criado foi a do Banco Pactual, que foi adquirido pelo Banco UBS em dezembro de 2006.

Os requisitos para que um determinado fundo faça parte deste índice são:

- Ser classificado como multimercado com RV ou multimercado com RV e com Alavancagem segundo a ANBID;
- Ter histórico mínimo de rentabilidade de 12 (doze) meses a partir do quinto dia útil anterior à data de rebalanceamento do índice;
- Ter um patrimônio médio para uma janela de 3 (três) meses a partir do quinto dia útil anterior à data de rebalanceamento do índice acima de R\$ 25 milhões (vinte e cinco milhões de reais).

Para a construção deste índice foi adotada a seguinte metodologia:

- “Fundos elegíveis” = os fundos que seguem os requisitos;
- “Indústria” = “Fundos elegíveis” somados com aqueles fundos que não respeitam o requisito do patrimônio médio;
- Calcula-se o patrimônio líquido médio (PL médio) para os últimos 3 (três) meses dos fundos da “Indústria”;
- Ordena-se a “Indústria” em ordem decrescente de PL médio;

¹ Todos os detalhes poderão ser obtidos no site do Banco UBS Pactual

- Calcula-se a participação percentual de cada um dos fundos do espaço “Indústria”;
- Somam-se os percentuais até que o patamar de 75% (setenta e cinco por cento). Os “fundos elegíveis” que estiverem dentro deste limite serão chamados de “fundos selecionados”;
- A participação percentual de cada um dos “fundos selecionados” (% no índice) = um dos “fundos selecionados” dividido pela soma dos “fundos selecionados”.

A participação percentual de cada fundo deverá ser inferior a 8% (oito por cento). Caso haja algum fundo acima deste valor, é igualado a 8% e em seguida é feito o rebalanceamento dos demais para que % indústria se mantenha em 100%.

Cada gestor poderá participar no máximo com 15% (quinze por cento). Caso seja maior do que este valor, seus fundos com menor % índice são reduzidos até que o total do gestor (e não do administrador) chegue a 15%.

$$R_{\text{índice}} = \sum_{\text{fundos_selecionados}} p.(R_i)$$

onde

p é a participação percentual do “fundo selecionado” no índice

R_i é o retorno diário do fundo selecionado i

O rebalanceamento do índice ocorre trimestralmente, no primeiro dia útil dos meses de janeiro, abril, julho e outubro.

2.3.2 Risk Office- Índice de Fundos Multimercados (IFM)¹

O índice IFM foi criado pela empresa Risk Office. Os requisitos para que um determinado fundo faça parte do índice são:

- Ser classificado como multimercado com RV, ou multimercado com RV e com Alavancagem segundo a ANBID, ou Long/Short segundo definição da RiskOffice;
- Ter possibilidade de resgate com prazo igual ou inferior a 90 (noventa) dias úteis;
- Ter histórico mínimo de rentabilidade de 12 (doze) meses.

Para a construção deste índice foi adotada a seguinte metodologia:

- Calcula-se o retorno diário dos fundos: $r_i = \ln\left(\frac{C_i}{C_{i-1}}\right)$

onde

r_i é o retorno diário do fundo i

C_i é a cota diária do fundo i

- Calcula-se o desvio padrão de cada série dos fundos;
- Os fundos são ordenados através de sua volatilidade (desprezível, baixa, média, média-alta e alta) e agrupados em 5 (cinco) categorias: $k = \frac{N}{5}$; N : número de fundos
- Para cada grupo formado, calcula-se a média da volatilidade dos fundos;

¹ Todos os detalhes poderão ser obtidos no site da RiskOffice

- Calcula-se a distância euclidiana entre a volatilidade de cada fundo e as médias dos grupos formados. O fundo é colocado no grupo em que essa distância é mínima, e recalculam-se as médias de cada grupo;
- O grupo de fundos que apresentar a menor média da volatilidade (desprezível) não fará parte das análises. A participação de cada categoria no índice final não é alterada, uma vez que, caso uma determinada categoria concentrar a maior parte dos fundos que extrapolam o PL, essa categoria poderá sofrer uma brusca redução em sua participação, descaracterizando a preservação da segmentação por risco;
- Limite de patrimônio líquido (PL) por fundo: 99º percentil da distribuição de PLs dos fundos elegíveis que estão nas 4 (quatro) categorias restantes (baixa, média, média-alta e alta). Os fundos que ultrapassarem esse limite terão seu PL reduzido a este limite.

Dentro de cada categoria:

- $\Phi_{\text{categoria}} = \frac{PL_{\text{categoria}}}{PL_{\text{total}}}$; $PL_{\text{total}} = \sum_{\text{categoria}=1}^4 PL_{\text{categoria}}$

- Participação de cada fundo i: $\pi_{i,\text{categoria}} = \frac{PL_i}{PL_{\text{categoria}}}$;

- Para cada uma das 4 (quatro) categorias, soma-se, em ordem decrescente, a participação de cada fundo até atingir uma porcentagem maior do que 75%. Estes fundos farão parte do IFM;

- Peso do fundo i na categoria: $\theta_{i,\text{categoria}} = \frac{1}{P_{\text{categoria}}} \cdot \pi_{i,\text{categoria}}$

onde $P_{\text{categoria}}$ é a soma das participações dos fundos que farão parte da categoria em questão

- Peso do fundo i no índice: $\omega_{i,\text{categoria}} = \theta_{i,\text{categoria}} \cdot \phi_{\text{categoria}}$
- Limite inferior de peso: os fundos com peso inferior a 0,5% do índice, serão desconsiderados. Os recursos serão redistribuídos dentro da sua própria categoria, proporcionalmente ao peso de cada fundo na categoria. Caso a categoria seja inteiramente excluída, deverá ser redistribuída na categoria de volatilidade imediatamente menor do que a categoria excluída.

Este índice leva em consideração as características de aplicação e de resgate de cada um dos fundos participantes. Serão priorizados, para o recebimento de aplicações, os fundos que apresentem cota de entrada em menor prazo. No caso de dois fundos apresentarem a mesma cota de entrada, o fundo com maior percentual na carteira do índice terá prioridade sobre o outro. O rebalanceamento do índice ocorre quadrimestralmente.

2.3.3 Arsenal¹

Arsenal é uma empresa de assessoria financeira que também faz gestão de recursos. “Os índices da Arsenal buscam refletir o retorno médio de algumas categorias de fundos, classificados de acordo com os estilos utilizados por seus gestores”.

Para a definição do estilo de gestão, são consideradas as seguintes características: os ativos que compõem a carteira, os tipos de operações, o tempo que os ativos permanecem na carteira do fundo e a

¹ Todos os detalhes poderão ser obtidos no site da Arsenal

alavancagem das operações. Os estilos de gestão identificados pela Arsenal são 4 (quatro): MACRO, Trading, Arbitragem, Equity Hedge e Composto.

Estes índices têm um componente subjetivo: a dependência da identificação e classificação dada pela ARSENAL com relação ao estilo de gestão empregado em cada um dos fundos analisados.

Os requisitos para que um determinado fundo faça parte do índice são:

- Ser classificado como multimercado sem alavancagem e sem RV; multimercado sem alavancagem e com RV; multimercado com alavancagem e sem RV; multimercado com alavancagem e com RV segundo a ANBID; e fundo de ações segundo critério da Arsenal;
- Tem patrimônio líquido superior a R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais);
- Ter taxa de administração diferente de 0%;

Caso existam diversos fundos sob a gestão de um mesmo gestor, será considerado, no máximo, um fundo por índice, em cada uma das categorias (aberto ou fechado para aplicação). Será considerado aquele que, a critério exclusivo da ARSENAL, adota a estratégia que busca o maior retorno. Todos os fundos terão a mesma representatividade nas carteiras teóricas. O regime tributário e as taxas de administração dos fundos não são levados em consideração.

Para a construção de cada Índice ARSENAL foi adotada a seguinte metodologia:

$$\text{Índice}_t = (\text{Retorno}_t + 1) * \text{Índice}_{t-1}; \text{Retorno}_t = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{1}{n} \right) * \text{Retorno}_i \right)$$

onde

Índice_t é o valor do Índice na data t

Retorno_t é o retorno do Índice na data t

n é o número do fundos que compõem o Índice ARSENAL

Retorno_i é o retorno do fundo i

As carteiras teóricas dos Índices ARSENAL têm vigência de quatro meses: de janeiro a abril, de maio a agosto e, de setembro a dezembro.

Apesar da existência destes 3 (três) índices, ainda há uma lacuna de informações a ser preenchida, uma vez que estes não conseguem replicar o que realmente ocorre no mercado de *hedge funds* brasileiro como um todo. Isto porque muitos fundos não estão mais abertos para captação, e ainda é freqüente a mudança de estilo de gestão, uma vez que o gestor tem um compromisso informal de sempre buscar rentabilidade superior à do CDI.

Todavia, se os fundos pudessem ser agrupados de tal forma que cada grupo fosse formado por aqueles com maior semelhança, os índices poderiam ser elaborados de forma mais consistente e com menor interferência subjetiva. Tanto o cluster hierárquico como a análise de componentes principais, que foram feitos no capítulo 4, contribuirão para uma melhor elaboração destes índices.

3 Análise exploratória dos dados

Através da análise de componentes principais (Johnson, Wichern [2002]) foram selecionados os fundos de acordo com o comportamento da volatilidade e depois foram relacionados de acordo com as suas estratégias. Mas antes é feita análise estatística dos dados com o intuito de observar se existe similaridade entre os fundos.

Para análise dos fundos foram utilizados os seguintes critérios de seleção:

- Possuir cota a partir de 20 de janeiro de 2004 até 29 de setembro de 2006. Os fundos deste trabalho foram numerados de acordo com a sua data de início;
- Ser classificado como multimercado com RV e com Alavancagem, ou Long and Short – RV, ou de ações segundo a ANBID. Neste último caso somente para aqueles que possuem como principal estratégia a arbitragem entre ações (vide item 2.1); e,
- Não ser um fundo exclusivo.

Não foi levado em consideração o fato de um fundo ter a sua classificação alterada durante o período acima ou mesmo ter sido encerrado logo após este intervalo de tempo.

De acordo com os critérios acima, foram selecionados no total de 95 (noventa e cinco) fundos. A diferença de regra de resgate que existe entre os fundos não foi levada em consideração.

Vale lembrar que o valor da cota é líquido de todos os custos fixos de um fundo e da taxa de administração, e é bruto de imposto de renda. Mas como a análise feita neste trabalho não leva em consideração a questão tributária do investidor e sim a melhor relação risco x retorno de um *Hedge Fund*, a diferença que existe na forma de cobrança de imposto de renda entre os fundos de longo prazo e o de ações não foi levada em consideração.

Para a caracterização destes fundos, foram utilizados os log-retornos ao invés de preços, pois estes apresentam propriedade de estacionariedade:

$$R = \frac{C_t}{C_{t-1}} - 1 \quad \gg \quad R \cong \ln(C_t) - \ln(C_{t-1})$$

onde R é o retorno e C_t , o valor da cota diária

A aproximação acima é possível porque para um valor de retorno pequeno, vale: $\ln(R+1) \cong R$.

Para um período t qualquer (entre k e T) tem-se que:

$$1 + R_t = \prod_{j=k}^T (1 + R_j) = \frac{C_{k+1}}{C_k} \cdot \frac{C_{k+2}}{C_{k+1}} \dots \frac{C_T}{C_{k+T-1}} = \frac{C_T}{C_k} \quad \gg \quad R_t = \frac{C_T}{C_k} - 1$$

3.1 Coeficiente de variação

Para tomar a decisão de investir num determinado fundo, uma das primeiras perguntas a ser respondida é com relação ao seu retorno médio e sua volatilidade, bem como, quanto de retorno é possível obter para um determinado risco alocado.

Por este motivo, será calculado o coeficiente de variação com o objetivo de comparar a variabilidade dos fundos.

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu}, \text{ onde } \sigma \text{ é o desvio padrão da série e } \mu \text{ é a média da série}$$

Para isto o desvio padrão e a média dos retornos diários de cada um dos fundos serão calculados.

3.1.1 Média e mediana

A partir da série de cotas de cada um dos fundos, foram calculados os retornos diários e a média destes retornos.

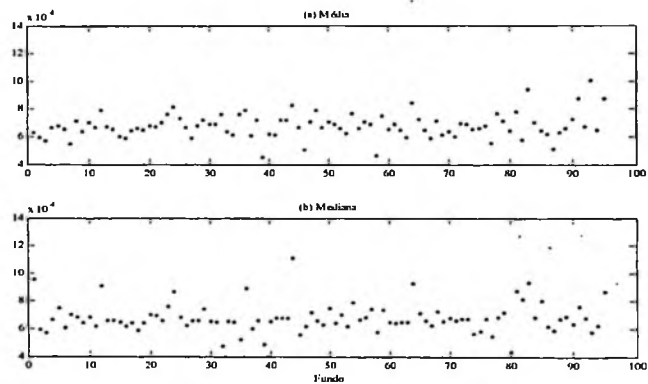


Figura 1: Média e mediana dos retornos diários

Através da Figura 1a, observou-se que alguns fundos se destacam com relação a grande maioria. Os 5 (cinco) fundos que apresentam maiores médias no período são:

Tabela 3: Fundos com maiores médias no período

Fundo	93	83	91	95	64
Média	$1,00 \cdot 10^{-3}$	$9,41 \cdot 10^{-4}$	$8,76 \cdot 10^{-4}$	$8,75 \cdot 10^{-4}$	$8,42 \cdot 10^{-4}$

Com exceção do fundo 95, que tem como principal estratégia as operações de Long Short, todos os outros fundos mencionados apresentam estratégia Macro - aqueles que se baseiam no cenário macroeconômico para estruturar operações. Vale destacar que embora o fundo 91 apresente um histórico de rentabilidade longo, é resultado da cisão do fundo original, 64. Apesar de alguns fundos não apresentarem as maiores médias, tiveram as maiores medianas no período, como é o caso do fundo 44, 1 e 12. Isto sugeriu que a análise destes fundos não deva ser feita apenas baseada na média dos seus retornos.

Tabela 4: Fundos com maiores medianas no período

Fundo	44	1	83	64	12
Mediana	$1,11 \cdot 10^{-3}$	$9,59 \cdot 10^{-4}$	$9,31 \cdot 10^{-4}$	$9,25 \cdot 10^{-4}$	$9,12 \cdot 10^{-4}$

Dado que quanto maior o período em que um fundo apresenta rentabilidade acima da média, melhor é para o investidor, foi feita a análise das médias móveis (Mason, Lind e Marchal [1999]), uma vez que estas carregam informações de um período para outro. Calculou-se a média da média móvel de 21 (vinte e um) dias úteis e de 63 (sessenta e três) dias úteis. No caso do primeiro período, seria uma aproximação de um mês, e no segundo, de três meses. Por exemplo, no caso de 21 (vinte e um) dias úteis (du):

- Média móvel de 21 du:

$$\mu_{21}^k = \frac{\sum_{i=k}^{k+20} R_i}{21} = \frac{R_k + R_{k+1} + \dots + R_{k+20}}{21}; \quad k = 1, 2, \dots, 658$$

- Média da média móvel: $\frac{\sum_{k=1}^{658} \mu_{21}^k}{658}$

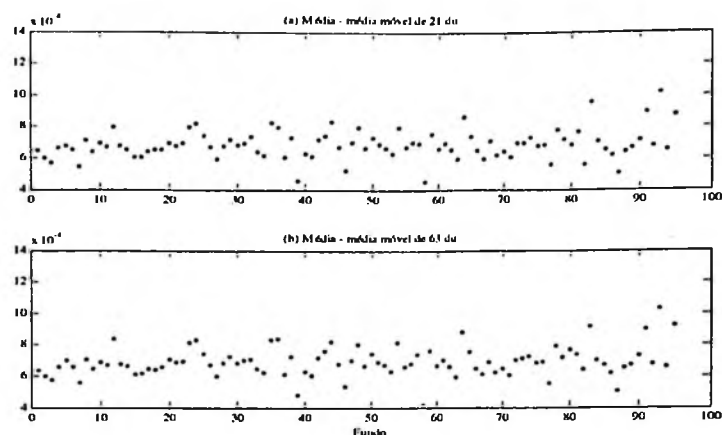


Figura 2: Média das médias móveis de 21du e de 63 du

Os fundos destacados anteriormente foram aqueles que novamente se sobressaíram na Figura 2. Sendo assim, concluiu-se que tanto na análise de média do período todo quanto na dos intervalos menores, para esta amostra de dados, os resultados são os mesmos.

Tabela 5: Média móvel (MM) de 21 du

Fundo	93	83	91	95	64
MM21du	$1,01 \cdot 10^{-3}$	$9,56 \cdot 10^{-4}$	$8,92 \cdot 10^{-4}$	$8,72 \cdot 10^{-4}$	$8,61 \cdot 10^{-4}$

Tabela 6: Média móvel (MM) de 63 du

Fundo	93	95	83	91	64
MM63du	$1,03 \cdot 10^{-3}$	$9,18 \cdot 10^{-4}$	$9,17 \cdot 10^{-4}$	$8,98 \cdot 10^{-4}$	$8,81 \cdot 10^{-4}$

3.1.2 Desvio padrão

Um outro fundo, como o fundo 95, que aloca pelo menos 67% (sessenta e sete por cento) do seu patrimônio em ações para que haja benefício tributário, é o fundo 80, que se destacou na Figura 3. Além deste, os fundos 86, 82, 35 e 1 também se destacaram. Uma característica em comum entre estes fundos é a estratégia de ter posições baseadas em cenário macroeconômico.

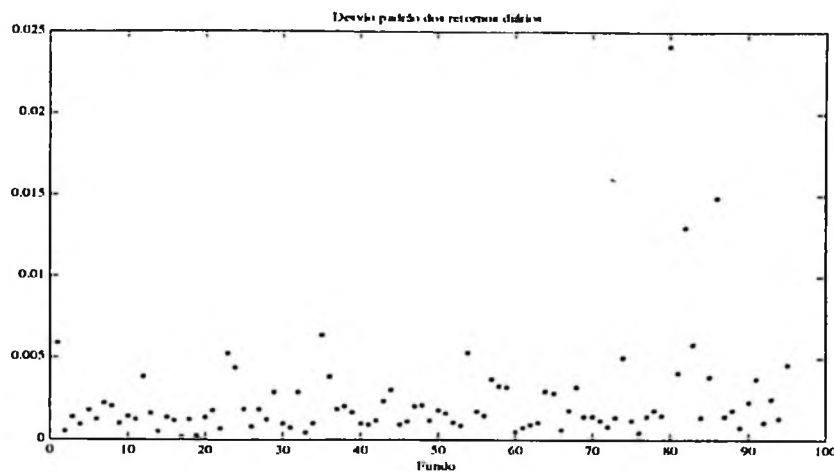


Figura 3: Desvio padrão dos retornos diários

Tabela 7: Maiores desvios padrão (σ) da amostra

Fundo	80	86	82	35	1
σ	$2,41 \cdot 10^{-2}$	$1,48 \cdot 10^{-2}$	$1,30 \cdot 10^{-2}$	$6,37 \cdot 10^{-3}$	$5,90 \cdot 10^{-3}$

Como em geral os investidores são sensíveis a acontecimentos mais recentes, análise de volatilidade poderia ser complementada com o cálculo do EWMA¹ (Exponentially Weighted Moving-Average), que atribui pesos maiores a dados mais recentes.

Fica ainda a dúvida: qual fundo tem a melhor relação risco x retorno, neste período analisado. O fundo que apresentar alto coeficiente de variação (cv) significa que para cada unidade de retorno obtido, utilizaram-se mais unidades de risco. Os 5 (cinco) fundos que apresentaram maior cv são 80, 86, 82, 1 e 35. Novamente o destaque ficou para os mesmos fundos que foram mencionados para o desvio padrão. Isto mostrou que para um mesmo nível de retorno, estes fundos apresentaram uma volatilidade maior que o restante da amostra.

¹ Vide RiskMetrics

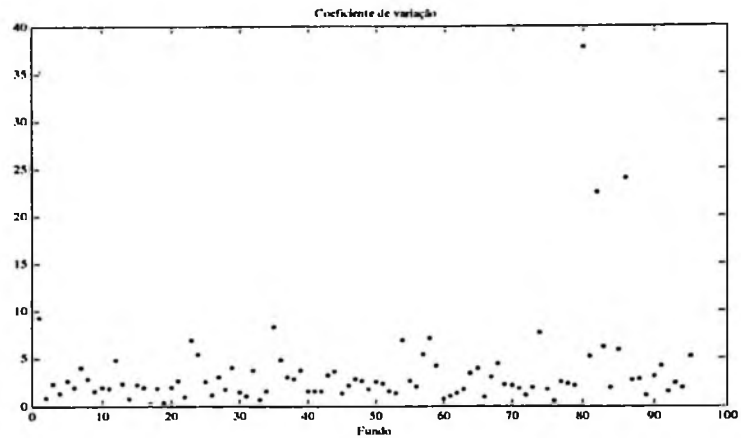


Figura 4: Coeficiente de variação

Tabela 8: Maiores cv da amostra

Fundo	80	86	82	1	35
cv	37,71	23,98	22,51	9,37	8,37

Pela análise de coeficiente de variação não foi possível separar os fundos de acordo com as suas estratégias. Enquanto alguns fundos de estratégia Macro se destacam na Figura 3, de desvio padrão, outros de estratégia Long Short se destacam tanto na Figura 1a como na Figura 1b.

3.2 Índice Sharpe (IS)

O índice Sharpe, criado por William Sharpe em 1966, é um índice bastante difundido quando se trata de análise de fundos de investimento. Isto porque é utilizado para caracterizar o excesso de retorno com relação ao custo de oportunidade sobre o risco que o fundo corre.

Espera-se que melhor seja o fundo, quanto maior o índice Sharpe, uma vez que é uma medida ajustada ao risco, isto é, melhor é a relação que

se tem entre o retorno, descontado o custo de oportunidade, e o risco que se corre.

$$S = \frac{\mu - R_f}{\sigma}$$

onde μ é a média dos retornos no período

R_f é a taxa livre de risco (CDI médio no período), custo de oportunidade

σ é o desvio padrão amostral

Mas é preciso tomar um cuidado: não é porque apresenta o maior índice *sharpe* que será o melhor fundo em termos de risco x retorno. É preciso analisar juntamente com outros indicadores ou mesmo fazer um teste de hipótese (hipótese nula: índices *sharpe* são iguais; hipótese alternativa: índices são diferentes). Isto porque este índice apresenta um desvio padrão – um intervalo de confiança, e estes intervalos podem ter *overlap*.

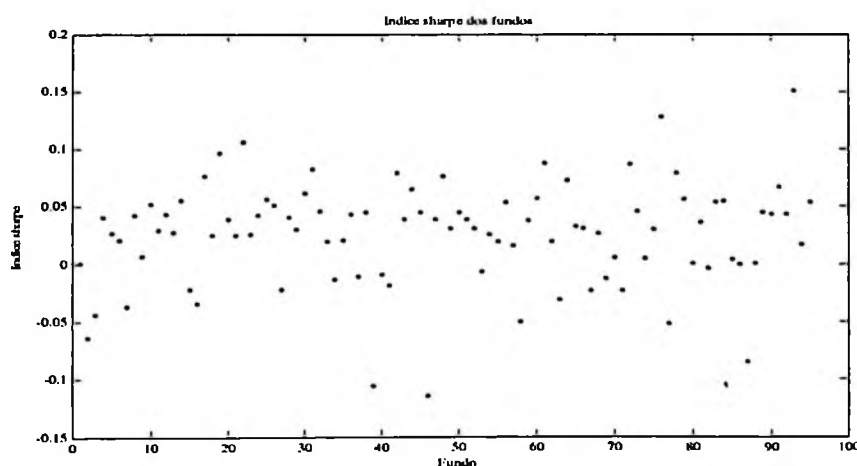


Figura 5: Índice sharpe dos fundos

Os fundos que se destacaram na Figura acima são: 93, 76, 22, 19 e 61. Notou-se que apesar de não terem sido mencionados anteriormente, são

aqueles que apresentaram a melhor relação risco x retorno, descontado o custo de oportunidade (taxa CDI). Isto mostra que não foi possível diferenciar os fundos nem com o coeficiente de variação, nem com o índice Sharpe.

Tabela 9: Maiores IS da amostra

Fundo	93	76	22	19	61
IS	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09

3.3 Assimetria e curtose

Assimetria (Sk) é o grau de desvio, ou afastamento da simetria. Se for positivo, significa que há uma predominância de valores acima da média, e no caso de ser negativo, o contrário. Na distribuição normal, o valor da assimetria é zero.

$$Sk = \frac{3(\mu - m)}{\sigma}$$

onde μ é a média dos retornos
 m é a mediana dos retornos
 σ é o desvio padrão dos retornos

Curtose (C) mede o achatamento da curva de distribuição dos retornos. Considerando que a distribuição normal apresenta curtose no valor 3 (três), valores acima significa que a distribuição em questão é “achatada”; e valores abaixo significa que a distribuição é mais afunilada e concentrada.

$$C = \frac{(Q_3 - Q_1)}{2(D_9 - D_1)} \cdot 10$$

onde Q_3 é o terceiro quartil
 Q_1 é o primeiro quartil
 D_9 é o nono decil
 D_1 é o primeiro decil

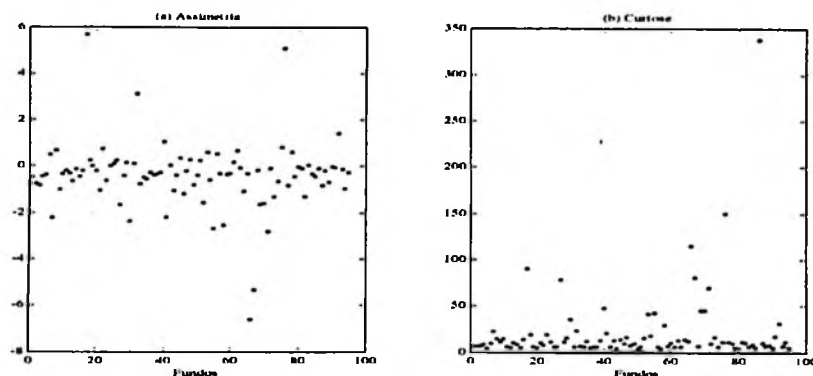


Figura 6: Assimetria e curtose dos fundos

Tabela 10: Cinco valores de assimetria diferentes de zero

Fundo	17	76	32	92	40
Sk	5,66	5,08	3,14	1,41	1,05

Pode-se observar que os fundos destacados na Tabela acima apresentam assimetria positiva, o que mostra que há predominância de retornos acima da média.

Tabela 11: Cinco valores de curtose diferentes de três

Fundo	86	76	66	17	67
C	337	150	115	90	81

Pela Tabela 11, nota-se que os fundos destacados apresentam valores de curtose acima de 3 (três), isto é, que a distribuição em questão é “achatada” - apresenta caudas pesadas.

Todavia, pela Figura 6, observa-se que, com exceção de alguns fundos, a assimetria é em torno do zero e a curtose em torno do 3 (três). Assim

sendo, pode ser que a série de retornos tenha uma distribuição gaussiana de média zero e desvio padrão igual a um.

Com o objetivo de averiguar este fato, foram feitos os testes de Kolmogorov-Smirnov (KS) (Bussab e Morettin [2004]) e Lilliefors (Conover [1980]).

3.3.1 Kolmogorov-Smirnov (KS)

Através do teste KS é possível verificar se uma determinada série de dados tem uma distribuição normal com média zero e variância um. A hipótese nula (H_0) deste teste é que a série tenha uma distribuição normal; e a hipótese alternativa (H_a), é que não tenha.

H_0 : distribuição normal

H_a : não tem distribuição normal

A estatística usada no teste é: $D = \max_{1 \leq i \leq n} |F(x_i) - F_e(x_i)|$

onde D: desvio máximo

$F(x_i)$: distribuição acumulada da normal

$F_e(x_i)$: distribuição acumulada da série de retornos analisada

Dado n retornos de um determinado fundo e um número x real qualquer, $N(x)$ = número de observações $\leq x$ e $F_e(x_i) = \frac{N(x)}{n}$, função de distribuição empírica.

Se o valor de D for maior do que o seu valor crítico (vide tabela - distribuição de Komolgorov-Smirnov, Bussab e Morettin [2004]), então rejeita-se a hipótese nula. Caso contrário, não se pode rejeitar a hipótese nula. Quando há rejeição, tem-se 5% de nível de significância.

Para todos os fundos desta amostra, rejeitou-se a hipótese nula, sendo assim estes não apresentaram uma distribuição normal, o que confirmou a observação da Figura 1a e Figura 3.

3.3.2 Lilliefors

Uma vez que o mais apropriado seria utilizar a média e o desvio padrão da própria série de retornos, fez-se o teste Lilliefors.

H_0 : distribuição normal com média da série e desvio padrão da série

H_a : não tem distribuição normal

Como no teste anterior, para todos os fundos desta amostra, rejeitou-se a hipótese nula, sendo assim estes não apresentaram uma distribuição normal com 5% de nível de significância.

Pela análise estatística, notou-se que os fundos não podem ser considerados como aqueles que apresentam distribuição normal, e nem apresentam grandes distorções estatísticas. Isto pode ocorrer devido a necessidade do gestor sempre buscar retornos acima do CDI e não retornos absolutos. As análises a seguir identificarão os fundos que são relevantes na amostra.

3.4 Autocorrelação

Observou-se também a autocorrelação (ACF) com o intuito de verificar se existe algum padrão em t e em $t-k$ ou mesmo $t+k$. Para valores positivos de ACF, é possível dizer que se o fundo apresenta retorno positivo ou negativo, no dia seguinte apresentará a mesma direção. Para valores negativos de ACF, será o inverso.

Para esta amostra de fundos observa-se que ACF para a não existir a partir do segundo dia (vide Figura 7). A exceção foi o fundo 18 que apresentou valores positivos de ACF. Isto quer dizer que mostrará retornos positivos para períodos seguintes.

$$ACF_k = \frac{E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)]}{\sigma^2}$$

onde k é o *lag* de tempo
 X_t é o retorno do fundo
 μ é a média dos retornos do fundo
 σ é o desvio padrão dos retornos

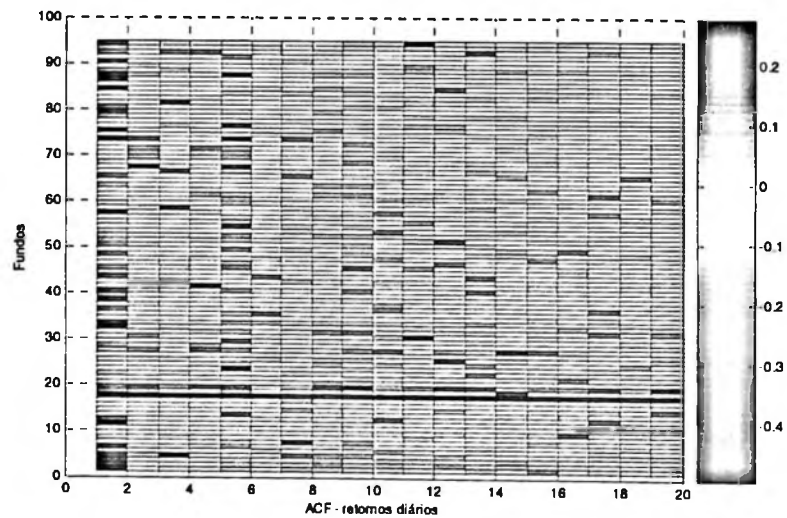


Figura 7: Autocorrelação dos fundos

4 Análise estatística multivariada

Com o avanço da tecnologia foi possível armazenar um número grande de dados referentes a diversas variáveis (multivariada), como por exemplo, Produto Interno Bruto (PIB), exportações, importações, evolução da taxa de juros, preços de diversos ativos financeiros entre outros. Porém, dependendo da análise a ser feita, nem todos os dados são necessários para se definir as características de uma determinada variável.

Para selecionar os fundos que representam toda a amostra de fundos, primeiramente observou-se o cluster hierárquico para em seguida analisar os autovalores e os seus respectivos autovetores da matriz de covariância dos retornos dos fundos.

4.1 Cluster hierárquico

Segundo Jain e Dubes [1988], o agrupamento não-supervisionado é aquele no qual as classes são aprendidas baseando-se na similaridade dos padrões e a supervisionada é aquela na qual a classe é pré-definida. Neste trabalho utilizou-se primeiro a não supervisionada para reconhecer padrão entre os fundos para em seguida através da supervisionada selecionar os fundos com maior similaridade com aqueles já selecionados.

Os agrupamentos foram obtidos por meio do cluster hierárquico representado em uma estrutura conhecida como dendograma (por exemplo, Figura 8), que consiste de um tipo especial de árvore na qual os nós pais agrupam os exemplos representados pelos nós filhos. Cada nó contém fundos cujas distâncias (d) entre si são as menores possíveis.

A medida de similaridade utilizada para o cálculo da distância mínima foi a correlação (Gordon [1999]).

Distância: $d = 1 - \rho_{i,j}$

Correlação do fundo i com o fundo j : $\rho_{i,j} = \frac{\text{COV}(i,j)}{\sigma_i \cdot \sigma_j}$

Pelo cluster hierárquico (Figura 8) da amostra de 95 (noventa e cinco) fundos, observou-se a grande similaridade entre os fundos não sendo possível diferenciá-los. Por exemplo, no nó 1 há mais de 64 (sessenta e quatro) fundos, dentre eles os fundos 1, 2 e 3. No nó 26, somente o fundo 83.

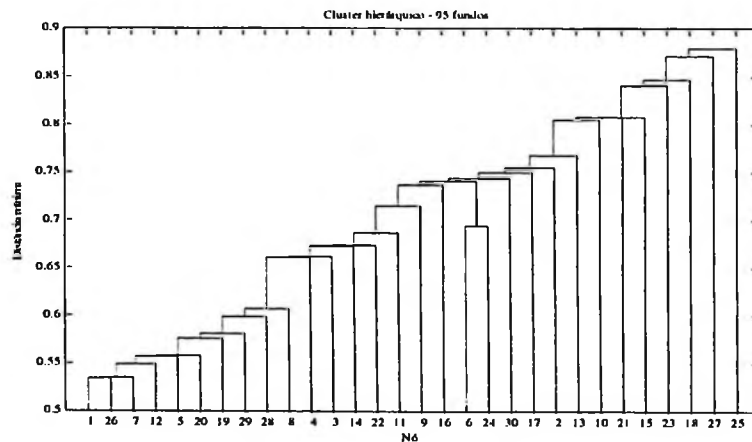


Figura 8: Cluster hierárquico – distância mínima – 95 fundos

Em função deste resultado, foi necessário fazer a análise de autovalores e de seus correspondentes autovetores da matriz de covariância dos retornos dos fundos para diferenciá-los, e assim poder reduzir a amostra inicial.

4.2 Análise de autovalores e de autovetores

Primeiramente foram excluídos todos os fundos com estratégia *fund of funds*, por estes representarem uma média das outras estratégias (macro, long short, quantitativo e multiestatégia). Depois, calculou-se a matriz de covariância dos retornos dos fundos e, em seguida, obteve-se a matriz coluna de autovalores e a matriz dos seus correspondentes autovetores.

Optou-se por analisar a matriz de covariância dos retornos dos fundos ao invés da matriz de correlação, uma vez que aquela carrega duas informações simultaneamente: covariância entre as variáveis analisadas e a volatilidade. Assim, o fato da correlação ser alta pode mostrar indício de baixa volatilidade ou mesmo alta covariância como Adrian [2007] menciona.

A matriz [A] de covariância dos retornos do fundo X e do fundo Y foi determinada da seguinte maneira (Bussab e Morettin [2004]):

$$\text{cov}(X,Y)=E((X-\mu)(Y-v))$$

sendo μ a média dos retornos do fundo X

v a média dos retornos do fundo Y

Já os autovalores e seus correspondentes autovetores da matriz [A] foram obtidos através de:

$$A.u = \lambda.u$$

sendo λ , os autovalores da matriz de covariância A

u , os autovetores da matriz de covariância A

1º passo

Uma vez identificados os maiores autovalores, que representam mais de 70% (setenta por cento) da variância da amostra (vide Tabela 12) e seus correspondentes autovetores, foi realizada a análise dos componentes dos maiores autovetores e foram selecionados os fundos que mais contribuíram positivamente ou negativamente para a variância, quais sejam: 44, 80, 82 e 86.

λ (autovalor)	% da variância da amostra
$7,1 \cdot 10^{-4}$	48%
$2,2 \cdot 10^{-4}$	15%
$1,5 \cdot 10^{-4}$	10%
$7,2 \cdot 10^{-5}$	5%

Tabela 12: Maiores autovalores da matriz de covariância de 92 fundos

Fundo	λ_{92}	λ_{91}	λ_{90}
44	0,00	0,00	-0,14
80	0,88	0,08	0,35
82	0,27	-0,07	-0,86
86	0,00	-0,99	0,10

Tabela 13: Coeficientes dos fundos selecionados $\lambda_{k+1} > \lambda_k$

O critério utilizado para a seleção dos fundos que mais contribuíram positivamente ou negativamente foi: $\|\bar{u}^k\| \geq 0,8 \cdot \|u^k\|$, sendo u^k o autovetor obtido da matriz de covariância dos retornos.

2º passo

Com estes quatro fundos, observou-se o cluster hierárquico (vide Figura 9, em que, neste caso, o nó representa o próprio fundo) tendo como critério o de menor distância com o intuito de agrupar os similares.

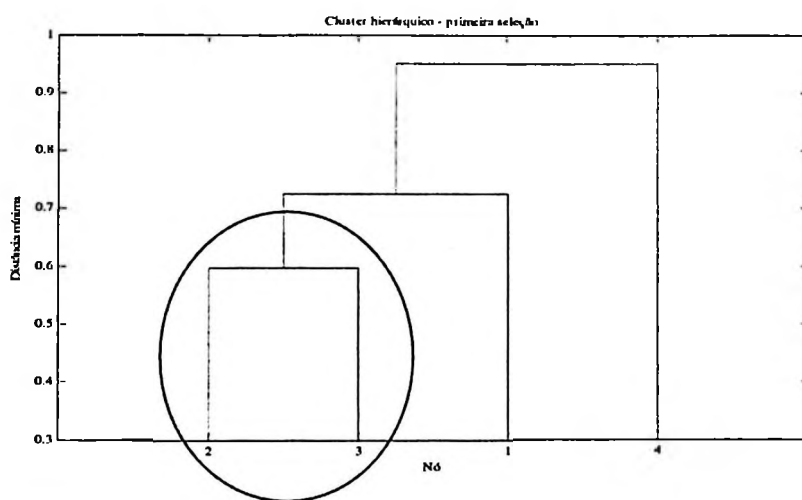


Figura 9: Cluster hierárquico – primeira seleção

Tendo como critério formar grupos com pelo menos 2 nós, foi possível observar um grupo formado por dois fundos (os fundos 80 e 82) para a distância $d = 0,61$ (vide Figura 9). Identificado este cluster, os 2 (dois) fundos foram eliminados da amostra de 92 (noventa e dois fundos) e o procedimento acima descrito foi repetido mais três vezes. Isto porque, da amostra de 92 (noventa e dois) fundos, os quatro maiores autovalores representam 78% da variância total da amostra.

3º passo

Da matriz de covariância dos retornos de 90 (noventa) fundos, obtiveram-se os seguintes maiores autovalores:

λ (autovalor)	% da variância da amostra
$2,2 \cdot 10^{-4}$	30%
$1,6 \cdot 10^{-4}$	21%
$5,0 \cdot 10^{-5}$	7%
$4,9 \cdot 10^{-5}$	7%

Tabela 14: Maiores autovalores da matriz de covariância de 90 fundos

Novamente analisaram-se os componentes dos maiores autovetores e foram selecionados os fundos que mais contribuíam positivamente ou negativamente para a variância (21 fundos): 1, 12, 23, 24, 29, 35, 36, 48, 54, 57, 59, 64, 65, 74, 81, 83, 85, 86, 91, 93, e 95. Os coeficientes destes fundos nos maiores autovetores estão no Anexo (vide Tabela 25).

4º passo

Com estes 21 (vinte e um) fundos, observou-se o cluster hierárquico (vide Figura 10) a partir do critério de menor distância.

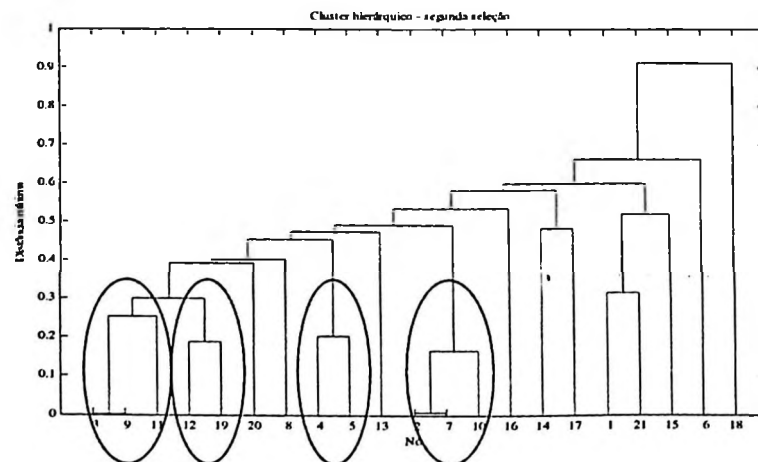


Figura 10: Cluster hierárquico – segunda seleção

Para $d=0,26$ obteve-se:

Grupo	Fundos
1	23, 54, 59
2	64, 91
3	24, 29
4	12, 36, 57

Tabela 15: Grupos formados na segunda seleção

Estes 10 (dez) fundos foram eliminados da amostra de 90 (noventa) fundos e o procedimento foi repetido.

5º passo

Da matriz de covariância dos retornos de 80 (oitenta) fundos, obtiveram-se os seguintes autovalores:

λ (autovalor)	% da variância da amostra
$2,2 \cdot 10^{-4}$	38%
$8,8 \cdot 10^{-5}$	15%
$4,9 \cdot 10^{-5}$	8%
$3,5 \cdot 10^{-5}$	6%

Tabela 16: Maiores autovalores da matriz de covariância de 80 fundos

Os componentes dos maiores autovetores que mais contribuíram positivamente ou negativamente para a variância foram: 1, 8, 13, 35, 38, 43, 48, 50, 55, 65, 68, 74, 81, 83, 85, 86, 93, e 95. Os coeficientes destes fundos nos maiores autovetores estão no Anexo (vide Tabela 26).

6º passo

Com estes 18 (dezoito) fundos, observou-se o cluster hierárquico (vide Figura 11) a partir do critério de menor distância.

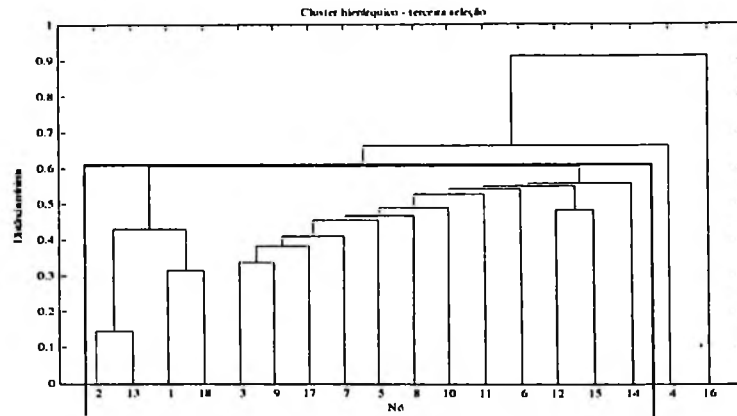


Figura 11: Cluster hierárquico – terceira seleção

Para $d=0,56$, observou-se um grupo formado por 16 (dezesesseis) fundos: 1, 8, 13, 38, 43, 48, 50, 55, 65, 68, 74, 81, 83, 85, 93 e 95.

7º passo

Estes fundos foram eliminados da amostra de 80 (oitenta) fundos e o procedimento foi repetido. Na última repetição, somente o fundo 35 se destacou quando foram analisados os maiores autovalores e seus correspondentes autovetores (no u^{63} , coeficiente igual a 0,95).

λ (autovalor)	% da variância da amostra
$2,2 \cdot 10^{-4}$	57%
$4,3 \cdot 10^{-5}$	11%
$2,6 \cdot 10^{-5}$	7%
$1,4 \cdot 10^{-5}$	4%

Tabela 17: Maiores autovalores da matriz de covariância de 64 fundos

Assim, a nova amostra foi formada por 29 (vinte e nove) fundos:

Seleção	Número de fundos
1ª	2
2ª	10
3ª	16
4ª	1
TOTAL de fundos	29

Tabela 18: Nova amostra de 29 fundos

A partir de então, novamente foram observados os maiores autovalores e os seus correspondentes autovetores. As Figuras 12 e 13 mostram respectivamente os autovalores da matriz de covariância dos retornos dos fundos e o histograma dos autovalores desta mesma matriz.

Desta nova amostra foi possível observar que os 3 (três) maiores autovalores explicam 80% (oitenta por cento) da variância.

λ (autovalor)	% da variância da amostra
$7,0 \cdot 10^{-4}$	61%
$1,4 \cdot 10^{-4}$	13%
$6,5 \cdot 10^{-5}$	6%
$4,7 \cdot 10^{-5}$	4%

Tabela 19: Maiores autovalores da matriz de covariância de 29 fundos

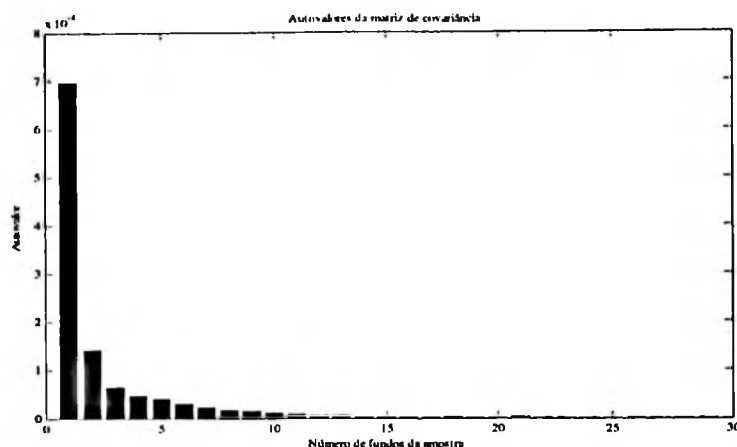


Figura 12: Autovalores da matriz de covariância dos retornos

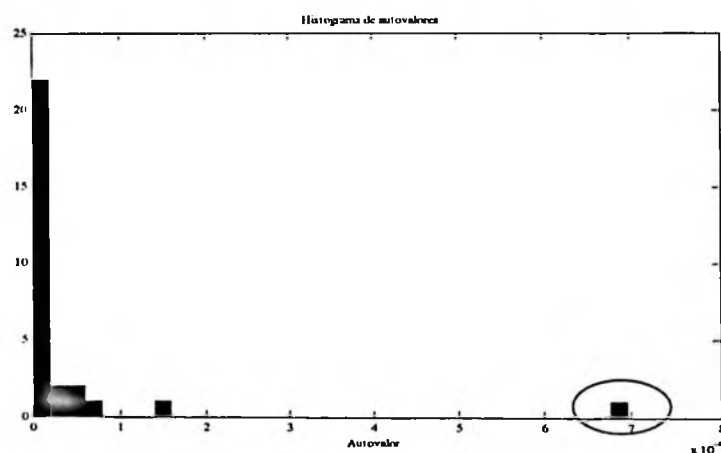


Figura 13: Histograma dos autovalores da matriz de covariância

Por meio da análise de sinais dos componentes dos maiores autovalores com os seus correspondentes autovetores da amostra de 29 (vinte e nove) fundos, e, em seguida pela análise de pesos destes coeficientes (vide Anexo – Tabela 27), foi possível identificar um grupo de 4 (quatro) fundos: 23, 35, 80 e 82, que melhor representa, seguindo a metodologia adotada neste trabalho, toda a amostra selecionada inicialmente. Vale lembrar que os fundos 80 e 82 estão entre aqueles destacados na Tabela 7 (vide item 3.1.2).

λ (autovalor)	% da variância da amostra
$6,3 \cdot 10^{-4}$	77%
$1,3 \cdot 10^{-4}$	16%
$3,8 \cdot 10^{-5}$	5%
$1,9 \cdot 10^{-5}$	2%

Tabela 20: Autovalores da matriz de covariância de 4 fundos

4.2.1 Regressão linear – maior autovalor

O fato de o maior autovalor apresentar o seu autovetor correspondente com todos os sinais positivos indica que a amostra de fundos acompanha o movimento do mercado.

Uma vez que o maior autovalor com o seu correspondente autovetor carrega informações do mercado, Gopikrishnan [2000], fez-se a regressão linear múltipla (Johnson, Wichern [2002]) do maior autovetor da amostra da matriz de covariância dos retornos com relação ao CDI, índice Ibovespa e USD.

Para tal, primeiramente é necessário transformar o maior autovetor (u^{29}) em um vetor de retornos:

$$R_i = \sum_{i=1}^{29} R_i \cdot u^{29} \quad (1) \quad \text{onde } R_i \text{ é a matriz de retornos}$$

Pela regressão linear múltipla tem-se que:

$$R_i = a + b \cdot R_{CDI} + c \cdot R_{Ibovespa} + d \cdot R_{USD} \quad (2)$$

Coeficiente	p-value
a = -0,002	0,81
b = 6,38	0,69
c = 0,91	$1,0 \cdot 10^{-30}$
d = 0,67	$3,0 \cdot 10^{-6}$

Tabela 21: Valores dos coeficientes da regressão linear múltipla

O valor p-value pode ser interpretado como sendo a probabilidade de rejeitar-se a hipótese nula (coeficiente igual a zero) quando ela é verdadeira. Assim, para valores pequenos de p-value, há evidência de que a hipótese nula não é verdadeira. Logo, a equação (2) fica da seguinte forma:

$$R_t = 0,91 \cdot R_{Ibovespa} + 0,67 \cdot R_{USD} \text{ com } R^2 = 0,19$$

Nota-se que a regressão do R_t somente com o Ibovespa e USD não há variação significativa no resultado final. A equação fica:

$$R_t = 0,91 \cdot R_{Ibovespa} + 0,66 \cdot R_{USD} \text{ com } R^2 = 0,19$$

Coeficiente	p-value
a = 0,002	0,09
c = 0,91	$8,8 \cdot 10^{-31}$
d = 0,66	$3,1 \cdot 10^{-6}$

Tabela 22: Valores dos coeficientes da regressão com Ibovespa e USD

Como os gestores de *Hedge Funds* conseguem obter bons retornos no mercado acionário, fez-se a regressão linear do R_t com o Ibovespa. Para surpresa, obteve-se $R^2 = 0,16$ e $R_t = 0,001 + 0,71 \cdot R_{Ibovespa}$

Apesar do índice Ibovespa apresentar movimento contrário ao dólar, o coeficiente que acompanha esta moeda na regressão resultou em valor positivo. Isso mostra que os gestores trabalharam com posições vendidas neste mercado.

Os resultados acima obtidos mostram que enquanto no caso de fundos de gestão passiva existe uma alta e positiva correlação com os retornos dos ativos que compõem a carteira, nos multimercado, há pequena correlação com os mesmos ativos (Fung and Hsieh [1997]).

4.2.2 Fundos selecionados

A partir dos 4 (quatro) fundos selecionados (vide item 4.2), observou-se a contribuição destes para cada um dos autovetores ($\lambda_{k+1} > \lambda_k$).

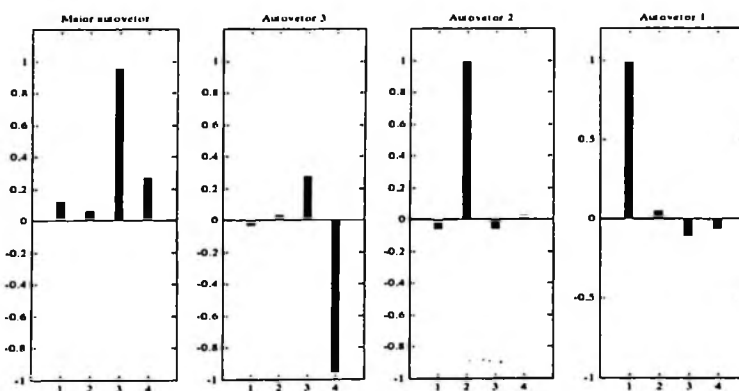


Figura 14: Contribuição de cada fundo para os autovetores

1, 3	2	4
Macro	Quantitativo	Long Short

Tabela 23: Legenda da Figura 14

Pode-se notar que no caso do maior autovetor, as estratégias Macro e Long Short são as que mais influenciaram para a volatilidade. No caso do autovetor u^3 , a maior contribuição vem da estratégia Long Short. Por fim, o autovetor u^2 , a maior influência é do Quantitativo. Assim sendo, o investidor que busca reduzir a volatilidade do seu *portfolio* deverá investir em fundos com estratégia Long Short e Quantitativo.

4.2.2.1 Desvio padrão dos autovalores com relação ao maior autovalor

Considerando a amostra de 29 (vinte e nove) fundos, e o seu maior autovalor, representado o mercado, como os autovalores da amostra de fundos relevantes se diferenciam do mercado.

Sendo assim, foi feito novamente o cálculo dos retornos (equação 1) dos quatro autovetores dos 4 fundos selecionados e calculou-se o desvio padrão destes retornos com a finalidade de observar o comportamento destes com relação ao desvio padrão do maior autovetor. Obteve-se o seguinte resultado:

λ (autovalor)	% desvio padrão
4	95%
3	44%
2	24%
1	16%

Tabela 24: Porcentagem do desvio padrão de cada autovalor em relação ao desvio do mercado ($\lambda_{k+1} > \lambda_k$)

Os resultados da Tabela 24 confirmaram que alocar em fundos com estratégia long and short e quantitativo diminui a volatilidade do *portfolio* do investidor.

4.2.3 Fundos similares

Como para um investidor/locador o universo de fundos não poderia ser formado de somente 4 (quatro) fundos, procurou-se identificar fundos similares dentro da amostra de 29 (vinte e nove) fundos.

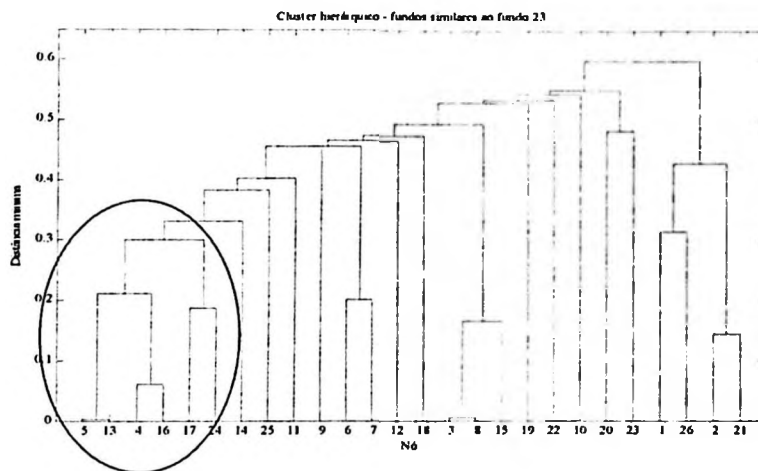


Figura 15: Fundos similares ao fundo 23

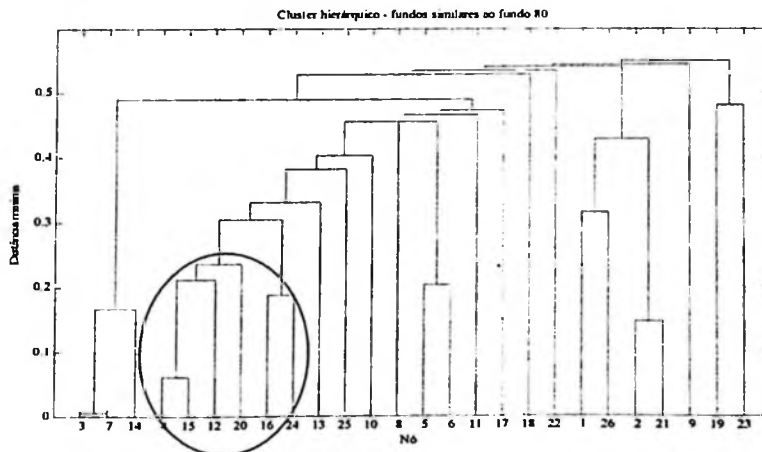


Figura 16: Fundos similares ao fundo 80

Posto que quanto maior a correlação, menor é o valor da distância ($d = 1 - \rho_{i,j}$ sendo $\rho_{i,j}$ é a correlação do fundo i com o fundo j), a distância escolhida ($d=0,31$) foi a menor possível para encontrar fundos

similares. Os fundos similares encontrados (vide Figuras 15 e 16) para os fundos 23 (nó 5) e 80 (nó 20) foram os mesmos: 13, 59, 54, 64, 91. O que não poderia ser diferente, uma vez que são fundos com a mesma estratégia.

Já para os fundos 35 (nó 7 da Figura 17) e 82 (nó 21 da Figura 18), não foi possível encontrar fundos similares para $d < 0,3$. Uma possível razão pode estar no fato da amostra em questão ser constituída por um grande número de fundos com estratégia Macro.

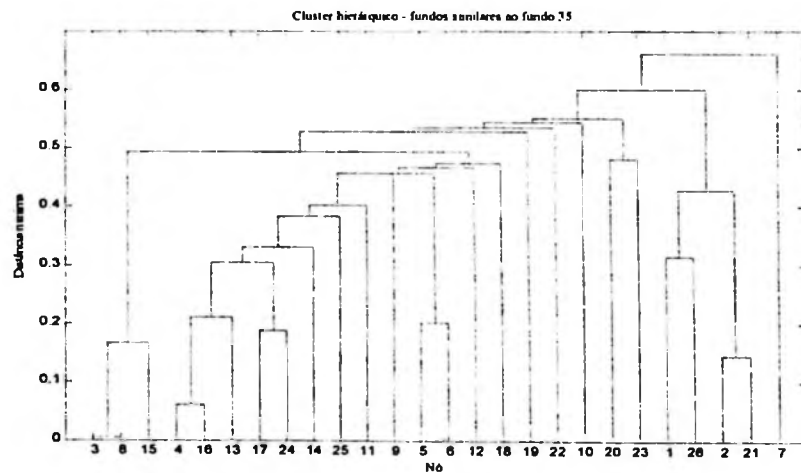


Figura 17: Fundos similares ao fundo 35 – nó 7

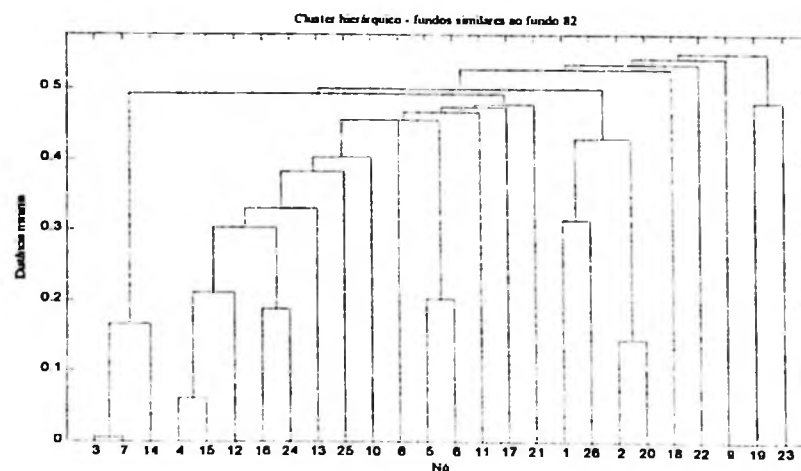


Figura 18: Fundos similares ao fundo 82 – nó 21

5 Conclusão

Com a criação da conta-investimento e a queda da taxa básica de juros, a SELIC, pode-se observar um fluxo maior de recursos para os fundos de investimentos, em especial os *Hedge Funds*. Alguns artigos mencionam a possibilidade de se replicar as estratégias que estão contidas nestes fundos, mas os custos transacionais acabariam por “comer” quase toda a rentabilidade obtida (Kat e Palano [2005]). Assim, tendo em vista a grande oportunidade que esta classe de ativos oferece e ao mesmo tempo a impossibilidade de se replicar estratégias, ter boas análises quantitativas destes fundos será um grande diferencial. É neste contexto que se insere o presente estudo.

A principal contribuição deste trabalho foi mostrar em que medida e em que condições é possível identificar os *Hedge Funds* que realmente são relevantes dentro da amostra inicial, selecionar fundos similares e analisar o comportamento dos autovetores com relação ao movimento do mercado (maior autovalor). Pelos resultados, pode-se notar que os quatro fundos selecionados são aqueles que representam cada estratégia de *Hedge Funds* Brasileiros, com exceção de *fund of funds* e de multiestratégia. Não obstante o resultado já ter trazido informações substanciais, a análise da matriz de covariância dos retornos dos fundos poderá ser aprimorada com a matriz de covariância cruzada dos retornos dos fundos, como cita Adrian [2007].

Adicionalmente, a partir dos espectros das estratégias pode-se observar que alocar em fundos com estratégia long and short e quantitativo possibilita reduzir a volatilidade do *portfolio* do investidor.

A partir destes quatro fundos não foi possível, entretanto, determinar um cluster para cada uma das estratégias. Uma provável razão da

impossibilidade de agrupar os fundos pode ter sido a mudança de estratégia adotada pelo gestor ao longo do período analisado. Isto ocorre, ou pela própria estratégia do gestor, ou pela escassez de liquidez de um determinado ativo, ou pela redução de prêmio de um determinado mercado. Por exemplo, um fundo que somente montava posições baseadas em cenário macroeconômico passa a abrigar operações de arbitragem, ou, em um segundo caso, um fundo com operações de arbitragem somente com ações passa a utilizar estratégia de comprar uma carteira de ações e vender o índice futuro Ibovespa.

As análises feitas neste trabalho também poderão ser realizadas para períodos menores, por exemplo, um ano. Assim, provavelmente as mudanças no estilo de gestão poderão ser capturadas e a diferenciação entre fundos melhorada.

Um outro dado que poderá ser analisado futuramente é a evolução do patrimônio líquido do fundo. Isto porque a boa rentabilidade de um determinado fundo pode ser o simples reflexo do pequeno patrimônio, uma vez que há maior flexibilidade em obter bons resultados com recursos menores. É de se esperar maiores oscilações no patrimônio líquido de um fundo na ocorrência de períodos de baixa rentabilidade e de grande volatilidade dos retornos. Essas variações seriam intensificadas na existência da melhor regra de resgate para o investidor.

De qualquer forma, trata-se de um mercado ainda bastante promissor, considerando que os fundos de pensão ainda não fizeram nenhuma alocação expressiva na classe multimercado, tal qual já fazem no mercado acionário. Mas mesmo antes deste movimento, e, apesar da piora da regra de resgate para as mesmas composições (por exemplo, o gestor tem um fundo com liquidez D+1 que é exatamente igual ao de liquidez D+30), o número de fundos multimercado tem aumentado em

função da consistência de boa *performance*. Em consonância com este movimento, está a instrução normativa 450 da CVM, que vem complementar as opções de investimentos, com a abertura da possibilidade de um fundo alocar em ativos no exterior (20% no caso de fundo classificado como multimercado).

Por fim, é importante lembrar que para toda e qualquer análise quantitativa, é indispensável a análise qualitativa, principalmente quando há carência de dados disponíveis, a exemplo do que ocorre na indústria Brasileira de *Hedge Funds*, que ainda está na sua fase de desenvolvimento.

Anexo

Tabela 25: Coeficientes dos fundos selecionados $\lambda_{k+1} > \lambda_k$ no 3° passo

Fundo	λ_{90}	λ_{89}	λ_{88}
1	0,00	0,26	0,33
12	0,00	0,14	0,00
23	0,00	0,36	0,00
24	0,00	0,21	0,00
29	0,00	0,13	0,00
35	0,00	0,11	-0,58
36	0,00	0,14	0,00
48	0,00	0,10	0,00
54	0,00	0,36	0,00
57	0,00	0,16	0,00
59	0,00	0,21	0,00
64	0,00	0,17	0,00
65	0,00	0,13	0,00
74	0,00	0,00	-0,46
81	0,00	0,12	0,00
83	0,00	0,27	0,00
85	0,00	0,13	-0,26
86	0,98	-0,20	0,00
91	0,00	0,21	0,00
93	0,00	0,13	0,00
95	0,00	0,16	0,31

Tabela 26: Coeficientes dos fundos selecionados $\lambda_{k+1} > \lambda_k$ no 5º passo

Fundo	λ_{80}	λ_{79}	λ_{78}
1	0,00	-0,47	0,32
8	0,00	-0,11	0,00
13	0,00	-0,12	0,00
35	0,00	-0,26	-0,62
38	0,00	-0,11	0,00
43	0,00	-0,12	0,00
48	0,00	-0,12	0,00
50	0,00	-0,11	0,00
55	0,00	-0,12	0,00
65	0,00	-0,15	0,00
68	0,00	-0,15	0,00
74	0,00	-0,17	-0,48
81	0,00	-0,23	0,00
83	0,00	-0,38	0,00
85	0,00	-0,16	0,00
86	1,00	0,00	0,00
93	0,00	-0,16	0,00
95	0,00	-0,31	0,29

Tabela 27: Coeficientes dos fundos nos maiores autovetores – 29 fundos

Fundo	λ_{29}	λ_{28}	λ_{27}	λ_{26}
1	0,12	-0,08	-0,06	0,09
8	0,02	-0,05	0,01	0,04
12	0,07	-0,06	0,00	-0,10
13	0,04	-0,01	-0,09	0,01
23	0,12	-0,05	-0,42	0,17
24	0,08	0,04	-0,26	0,05
29	0,04	-0,01	-0,18	0,08
35	0,06	0,03	-0,10	-0,77
36	0,07	-0,06	0,00	-0,10
38	0,04	-0,01	-0,07	0,01
43	0,04	-0,03	-0,04	-0,03
48	0,04	-0,02	-0,08	0,02
50	0,03	-0,04	-0,04	-0,04
54	0,13	-0,05	-0,43	0,17
55	0,03	-0,05	-0,08	0,05
57	0,08	-0,05	-0,02	-0,09
59	0,10	-0,01	-0,14	-0,01
64	0,07	-0,03	-0,14	0,10
65	0,04	-0,03	-0,15	0,04
68	0,04	-0,09	-0,06	-0,04
74	0,02	-0,03	-0,26	-0,44
80	0,90	0,34	0,23	0,00
81	0,04	-0,11	-0,04	0,11
82	0,27	-0,89	0,19	-0,05
83	0,09	-0,03	-0,39	-0,02
85	0,03	-0,02	-0,24	-0,18
91	0,07	-0,05	-0,21	0,18
93	0,06	-0,05	-0,08	0,04
95	0,08	-0,14	0,08	0,05

Referência bibliográfica

Adrian, T. **Measuring Risk in the Hedge Fund Sector**. *Current Issues in Economics and Finance*, New York, v. 13, n. 3, march/april 2007

ANBID. Disponível em: <<http://www.anbid.com.br>>. Acesso em: 01/fevereiro/2007

Arsenal Investimentos. *Índice Arsenal, Regulamento*. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.arsenalinv.com.br>>. Acesso em: 13/maio/2007

Banco UBS Pactual. Disponível em: <<https://pactual.ubs.com/ubspactual/ifmm/index.asp>>. Acesso em: 13/maio/2007

Brown, S.J., Goetzmann, W.N. **Hedge Funds with Style**. *The Journal of Portfolio Management*, winter 2003, p. 101-112

Bussab, W.; Morettin, P.A. **Estatística Básica**. São Paulo: Saraiva, 2004

Comissão de Valores Mobiliários – Resolução Normativa números 409 e 450. Disponível em: <<http://www.cvm.gov.br>>. Acesso em: 01/abril/2007

Conover, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. New York, Wiley, 1980

Fung, W.; Hsieh, D.A. **Empirical Characteristics of Dynamic Trading Strategies: The Case of Hedge Funds**. *Review of Financial Studies*, v. 10, no. 2, pp. 275-302, 1997

Gopikrishnan, P. *et al.* **Identifying Business Sectors from Stock Price Fluctuations**. arXiv:cond-mat/0011145, v. 1, nov/2000

Gordon, A. D. **Monographs on Statistics and Applied Probability 82**. Chapman & Hall / CRC, 2nd Edition, 1999

Jain, A. K., Dubes, R. C. **Algorithms for Clustering Data**. Prentice-Hall, 1988

Johnson, R. A.; Wichern, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. Prentice Hall, 5th Edition, 2002

↳ Kat, H.M.; Palaro, H.P. **Hedge Fund Returns: You Can Make Them Yourself!**, junho/2005

Loomis, C. "The Jones Nobody Keeps Up With". *Fortune*, p. 237-247, abril 1966

Mason, R. D., Lind, D.A., Marchal, W.G. **Statistical Techniques in Business and Economics**. Irwin/McGraw-Hill, 10th Edition, 1999

Morettin, P.A.; Toloi, C.M.C. **Análise de séries temporais**. ABE – Projeto Fisher e Editora Edgard Blucher, 2004

RiskMetrics™ – Technical Document. J.P.Morgan, 4th Edition, 1996

Risk Office. Disponível em: <http://www.riskoffice.com.br/> índice de multimercados. Acesso em: 13.maio.2007

Tola, V. *et al.* **Cluster Analysis for Portfolio Optimization.**
arXiv:physics/0507006, v. 1, jul/2005