



Kadima White Paper

Volume 2

Junho 2020

Kadima Asset Management

Av Ataulfo de Paiva, 226 / 301, Leblon

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Tel.: 55-21-2540-0596

www.kadimaasset.com.br

ESTA PÁGINA FOI DEIXADA EM BRANCO INTENCIONALMENTE.

Kadima White Paper - Volume 2

Quando publicamos nosso Kadima White Paper - Volume 1, em Março de 2016, tomamos a decisão de tentar trazer aos investidores temas que julgávamos relevantes, sem deixarmos de entrar em detalhes técnicos quando fosse necessário. Evitamos definir uma periodicidade fixa para a publicação. Aquela iniciativa acabou nos levando a mudar o formato da nossa carta no final daquele ano, tornando-a trimestral e passando a trazer temas mais correlatos à gestão quantitativa. Nas cartas, apesar de trazermos assuntos os quais embutem bastante matemática, evitamos ser excessivamente técnicos.

Desde então a gestão quantitativa ganhou bastante espaço no Brasil, demonstrando uma capacidade de tomar um espaço relevante da indústria de fundos de investimento. Com a evolução do mercado financeiro brasileiro, mais pessoas já ouviram falar de investimentos feitos através de algoritmos. Ainda assim, acreditamos que há um enorme caminho a ser percorrido na consolidação dos fundos sistemáticos no país.

Neste segundo volume do Kadima White Paper, decidimos trazer um estudo mostrando argumentos técnicos que corroboram a tese de que Entidades Fechadas de Previdência Complementar (EFPC) devem considerar investimentos em fundos quantitativos. Apesar deste estudo ter sido feito considerando a ótica deste público específico, acreditamos que as conclusões aqui mostradas também podem ser aplicadas a outros tipos de investidores.

Boa leitura e bons investimentos.

Rio de Janeiro, 01-06-2020

Kadima Asset Management

Disclaimer

As informações contidas nessa publicação são meramente informativas e não se constituem em qualquer tipo de aconselhamento de investimentos, não devendo ser utilizadas com este propósito. Os investidores não devem se basear nas informações aqui contidas sem buscar o aconselhamento de um profissional.

Nenhuma informação contida nesta publicação constitui uma solicitação, oferta ou recomendação para compra ou venda de quotas de qualquer fundo de investimento gerido ou patrocinado pela Kadima Gestão de Investimentos Ltda. ("Kadima Asset Management" ou apenas "Kadima") ou de quaisquer outros valores mobiliários, nem poderá ser entendida como tal em qualquer jurisdição na qual tal solicitação, oferta ou recomendação seriam consideradas ilegais.

Rentabilidade passada não representa necessariamente um indicativo de rentabilidade futura. Quaisquer dados de rentabilidade divulgados nesta publicação não são líquidos de impostos e de eventuais taxas de saída. Investimentos nos fundos de investimento geridos ou patrocinados pela Kadima, assim como em quaisquer investimentos nos mercados financeiros e de capitais, estão sujeitos a riscos de perda do capital investido. Os investidores devem ter em conta que o valor dos investimentos pode tanto subir quanto cair, e os investidores podem não recuperar o valor investido. Para avaliação de um fundo de investimento, é recomendável a análise de, no mínimo, 12 (doze) meses. Leia o Regulamento e a Lâmina de Informações Essenciais antes de investir. Fundos de Investimento não contam com garantia do Administrador, do Gestor, de qualquer mecanismo de seguro ou Fundo Garantidor de Crédito – FGC.

Nada nessa publicação constitui conselho legal, fiscal ou de investimento e não deve ser confiado ao fazer uma decisão de investimento.

Esta publicação não é direcionada a qualquer pessoa em qualquer jurisdição onde (por motivo de nacionalidade, residência ou outra condição de tal pessoa) a disponibilização das informações aqui contidas seja proibida.

O conteúdo desta publicação não poderá ser reproduzido, distribuído ou publicado sem a prévia anuência da Kadima.

Sumário

Kadima White Paper - Volume 2	ii
Disclaimer	iii
1 Introdução	2
2 Metodologia	4
3 Estatísticas, PCA e <i>Stress Test</i>	10
4 Fronteira Eficiente das EFPCs	19
5 Conclusão	24
A Sobre a Kadima Asset Management	26
Referências Bibliográficas	27

Capítulo 1

Introdução

“Research is formalized curiosity. It is poking and prying with a purpose.”

Zora Neale Hurston

O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento dos ativos nos quais as EFPCs costumam investir, analisando o nível de diversificação que é possível atingir usando apenas os ativos tradicionais e inserindo fundos quantitativos ao portfólio. De acordo com [1], as Entidades Fechadas de Previdência Complementar têm aproximadamente R\$995 bilhões de ativos, sendo um total de R\$956 bilhões em investimentos. Estes números tornam as EFPCs uma das principais categorias de investidores no Brasil. Com características bastante peculiares, os investimentos desta categoria devem contemplar expectativas de retornos capazes de cumprir suas metas atuariais, limitações impostas pelas legislações em vigor e visão de longo prazo compatível com as características do passivo das entidades.

No Capítulo 2 enumeramos os ativos considerados nos estudos dos capítulos seguintes, além de fazermos uma breve explicação sobre os conceitos necessários para o entendimento dos capítulos posteriores.

No Capítulo 3 mostramos algumas das estatísticas básicas do universo de ativos considera-

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

dos neste trabalho. Verificam-se métricas de retorno e risco dos mesmos. Esta análise prévia é importante para entendermos seu comportamento sob uma ótica matemática. Em seguida estimamos a matriz de correlações dos ativos e realizamos uma análise de componentes principais. Finalmente, mostramos sob uma ótica de *stress test* que a alocação nos fundos da Kadima faz sentido.

No Capítulo 4, fazemos algumas análises utilizando o modelo de fronteira eficiente. Realizamos um backtest de uma estratégia teórica na qual a EFPC realiza suas alocações de acordo com o portfólio que maximiza o índice de Sharpe, utilizando o modelo de Markowitz [5]. Comparamos os resultados com e sem a utilização dos fundos da Kadima, evidenciando o benefício de diversificar investimentos de uma EFPC com fundos quantitativos da Kadima.

Capítulo 2

Metodologia

“Any Wall Street advertising that does not go into the boring details of methodology is most likely to be pushing past performance.”

Barry Ritholtz

A resolução 4661 do Conselho Monetário Nacional [2] dispõe sobre as diretrizes a serem observadas pelas EFPCs nos seus investimentos. Ela diz quais ativos as entidades podem ou não investir e seus respectivos limites. Neste sentido, observamos as seguintes classes de ativos como sendo os principais investimentos disponíveis :

- Renda Fixa - Identificamos 5 principais ativos de renda fixa. Pela legislação, a entidade pode investir até 100% nos ativos desta classe (individualmente e conjuntamente). São eles:
 - DI 1Y - A B3 (antiga BM&F) divulga diariamente a taxa pré-fixada interpolada pela curva de DI Futuro para vários vértices. Esta é teoricamente a taxa pré-fixada que o investidor consegue investir pra um prazo de 1 ano. No Bloomberg, a série das taxas está disponível com o ticker PREDI360 Index. Assim, construímos a série de preços

CAPÍTULO 2. METODOLOGIA

- considerando um título *zero coupon* com exatamente 1 ano (constante) e descontando o custo do CDI a cada dia. Assim, calculamos os retornos diários e criamos um ativo hipotético com estes retornos, cujo valor inicial no dia 15/03/2000 é 100.00. Este ativo terá, a cada dia, retorno aproximadamente igual ao de uma LTN com prazo de exatamente 1 ano, descontando o CDI.
- DI 2Y - De maneira similar ao item anterior, esta é teoricamente a taxa pré-fixada que o investidor consegue investir para um prazo de 2 anos. No Bloomberg, a série das taxas está disponível com o ticker PREDI720 Index. Assim, construímos a série de preços considerando um título *zero coupon* com exatamente 2 anos (constante) e descontando o custo do CDI a cada dia. Calculamos os retornos diários e criamos um ativo hipotético com esses retornos, cujo valor no dia 15/03/2000 é 100.00. Este ativo terá, a cada dia, retorno aproximadamente igual ao de uma LTN com prazo de exatamente 2 anos, descontando o CDI.
 - DI 5Y - esta é teoricamente a taxa pré-fixada que o investidor consegue investir para um prazo de 5 anos. No Bloomberg, a série das taxas está disponível com o ticker PRDI1800 Index. Assim, construímos a série de preços considerando um título *zero coupon* com exatamente 5 anos (constante) e descontando o custo do CDI a cada dia. Calculamos os retornos diários e criamos um ativo hipotético com esses retornos, cujo valor no dia 15/03/2000 é 100.00. Este ativo terá, a cada dia, retorno aproximadamente igual ao de uma LTN com prazo de exatamente 5 anos, descontando o CDI.
 - IMAB 5 - O IMA-B 5 é o índice divulgado pela ANBIMA composto por uma cesta de NTN-B (títulos do tesouro nacional indexados ao IPCA) com prazos inferiores a 5 anos. No Bloomberg, esta série está disponível com o ticker BZRFIMB5 Index. Calculamos os retornos diários deste índice, descontamos diariamente o CDI e criamos um ativo hipotético com esta série de retornos, cujo valor no dia 16/09/2003 é 100.00.
 - IMAB 5M - O IMA-B 5 é o índice divulgado pela ANBIMA composto por uma cesta

CAPÍTULO 2. METODOLOGIA

de NTN-B com prazos superiores a 5 anos. No Bloomberg, esta série está disponível com o ticker BZRFIB5+ Index. Calculamos os retornos diários deste índice, descontamos diariamente o CDI e criamos um ativo hipotético com esta série de retornos, cujo valor no dia 16/09/2003 é 100.00.

- Renda Variável - Aqui, consideramos o Ibovespa como uma *proxy* para a renda variável. A legislação permite investimento de até 70% nesta classe. Para construir a série de retornos, é importante considerar os custos de oportunidade corretos. Assim, para facilitar as contas, consideramos diariamente o retorno do futuro de Ibovespa mais líquido negociado na B3. Para calcular estes retornos, com a rolagem correta, pode utilizar-se os seguintes tickers do Bloomberg: BZ1 A:01_0_D Index (série rolada com os ajustes realizados por diferenças) e BZ1 A:01_0_N Index (série rolada, sem aplicar os ajustes). Fazendo a diferença dos preços da primeira série e dividindo-se pelo preço da segunda série (com *lag* de 1 dia), encontram-se os retornos. Criamos então um ativo hipotético com esta série de retornos, cujo valor no dia 15/03/2000 é 100.00.
- Estruturados - O segmento de estruturados abrange diversas classes de ativos, como por exemplo, Fundos Multimercados (FIM) e Fundos de Participações (FIP). Há um limite de 20% neste segmento. Utilizaremos como *proxy* o IFMM (índice de fundos multimercados calculado e divulgado pelo BTG Pactual). A série deste índice pode ser encontrada no Bloomberg com o ticker IFMMIFMM Index. Utilizando-se os retornos deste índice e descontando-se diariamente o custo do CDI, construiu-se um ativo hipotético cujo valor no dia 15/03/2000 é 100.00.
- Imobiliário - Há um limite de 20% neste segmento. Utilizaremos como *proxy* o IFIX (índice de fundos imobiliários calculado e divulgado pela B3). A série deste índice pode ser encontrada no Bloomberg com o ticker IFIX Index. Utilizando-se os retornos deste índice e descontando-se diariamente o custo do CDI, construiu-se um ativo hipotético cujo valor no dia 03/01/2011 é 100.00.

CAPÍTULO 2. METODOLOGIA

- Exterior - A legislação permite que as EFPC apliquem até o limite de 10% em investimentos no exterior. Utilizaremos o SP500 como uma *proxy* dos retornos destes investimentos. Para construir a série de retornos, é importante considerar os custos de oportunidade corretos. Assim, para facilitar as contas, consideramos diariamente o retorno do Futuro de Mini-SP500 mais líquido negociado na bolsa de Chicago. Para calcular esses retornos, com a rolagem correta, pode utilizar-se os seguintes tickers do Bloomberg: ES1 A:01_0_D Index (série rolada com os ajustes realizados por diferenças), ES1 A:01_0_N Index (série rolada, sem aplicar os ajustes). Fazendo-se a diferença dos preços da primeira série e dividindo-se pelo preço da segunda série (com *lag* de 1 dia), encontra-se os retornos. Criamos então um ativo hipotético com esta série de retornos, cujo valor no dia 15/03/2000 é 100.00. Note contudo que esse ativo hipotético estaria replicando os retornos de um investimento no SP500 com o respectivo *hedge* cambial e considerando os custos de oportunidade envolvidos. No entanto, muitas vezes a EFPC pode optar por fazer esse investimento no exterior sem o *hedge* cambial. Assim, devemos também considerar a possibilidade de um investimento em dólar, que estaria limitado ao tamanho do investimento no ativo hipotético do SP500. Esta alocação em dólar corresponderia portanto a desfazer o *hedge* cambial de um pedaço do investimento no exterior.

Os ativos descritos acima que serão considerados neste estudo estão representados na Figura 2.1. Além dos supracitados, também serão utilizados ativos representando os fundos Kadima FIC FIM e Kadima High Vol FIM, descontando-se o custo do CDI diariamente. Cada um destes ativos hipotéticos valem 100.00 nas respectivas datas de início dos fundos.

Algumas estatísticas serão utilizadas com frequência neste estudo e portanto é importante entender o que cada uma delas representa.

- Alfa - É o log-retorno anualizado gerado pelo ativo hipotético no histórico considerado. Note que na construção da série de log-retornos, os custos de oportunidade já foram considerados.

Evolução dos Preços dos Ativos Hipotéticos



Figura 2.1: Evolução de preços dos ativos hipotéticos

- **Vol** - É o desvio padrão dos log-retornos dos ativos hipotéticos, expresso em base anualizada.
- **Sharpe** - É a razão entre o Alfa e a Vol. É uma métrica de retorno ajustado ao risco
- **Sortino** - É a razão entre o Alfa e a Vol calculada considerando apenas os log-retornos negativos. É uma medida alternativa ao Sharpe de retorno ajustado ao risco.
- **Skew** - É o estimador do coeficiente de assimetria dos retornos. Quanto mais positivo (ou negativo) significa que os log-retornos positivos (negativos) são maiores que os retornos negativos (positivos). Assim, ativos com assimetria positiva são desejáveis.
- **Kurtosis** - É o estimador do coeficiente de Curtose dos retornos. Mede se os log-retornos possuem caudas gordas ou não. Para fins comparativos, a distribuição normal possui curtose de 3.
- **MDD** ou Máximo Drawdown - esta estatística mede qual foi a maior queda de um topo até um vale em qualquer janela de tempo, durante todo o histórico analisado. É uma medida

de risco alternativa à Vol, que está focada no pior cenário.

Alguns conceitos básicos de estatísticas e álgebra linear serão utilizados com frequência neste trabalho (como coeficiente de correlação linear e autovetores). Para o leitor que não estiver familiarizado com eles, [6] e [4] são bons manuais para adquirir visões iniciais à respeito dos temas.

Uma técnica recorrente nos próximos capítulos é a Análise de Componentes Principais (PCA) [7]. No contexto deste estudo, os autovetores da matriz de correlações irão nos fornecer uma base¹ ortogonal capaz de reproduzir os movimentos de mercado. Cada um deles é um portfólio, cujos retornos equivalem a um fator de risco isolado. Cada um destes fatores de risco é independente do outro. Com os autovalores associados a cada um dos autovetores, encontramos a importância de cada um dos fatores de risco no histórico analisado.

Também utilizaremos com certa frequência ao longo deste trabalho o estudo de fronteira eficiente de Markowitz [5]. Nele, são consideradas as covariâncias e retornos históricos dos ativos para encontrar, dado um retorno esperado, qual o portfólio capaz de atingi-lo com o mínimo de volatilidade possível. Especificamente, neste problema de otimização, incorporamos sempre as restrições impostas pela Resolução 4661 às EFPCs. Pela natureza linear destas restrições, não há qualquer prejuízo à solução do problema de otimização.

¹Base é um conjunto de vetores capaz de gerar um espaço linear

Capítulo 3

Estatísticas, PCA e *Stress Test*

“It is true that in quantum theory we cannot rely on strict causality. But by repeating the experiments many times, we can finally derive from the observations statistical distributions, and by repeating such series of experiments, we can arrive at objective statements concerning these distributions.”

Werner Heisenberg

Inicialmente calculamos algumas estatísticas referentes aos ativos que serão considerados nesse estudo. A Tabela 3.1 mostra os resultados. Note que para cada ativo, as estatísticas foram estimadas na janela dos dados disponíveis, já descritos no Capítulo 2. Alguns pontos dignos de nota:

- Tanto o Ibov como o Dólar apresentaram retornos abaixo dos respectivos custos de oportunidade na janela em questão (alfa negativo).
- Desde o início dos anos 2000 houve uma queda expressiva nas taxas reais de juros do

CAPÍTULO 3. ESTATÍSTICAS, PCA E STRESS TEST

Ativo	Alfa Anualizado (%)	Volatilidade (%)	Sharpe	Sortino	Skew	Kurtosis
Ibov	-1.70	30.98	-0.05	-0.07	-0.74	12.07
SP500	3.70	20.51	0.18	0.21	-0.60	16.59
Dólar	-2.33	17.34	-0.13	-0.19	0.27	6.59
DI1Y	1.05	3.10	0.34	0.35	-0.79	54.96
DI2Y	2.24	7.34	0.30	0.32	0.58	70.66
DI5Y	5.18	22.84	0.23	0.25	1.25	91.39
IMAB5	2.09	2.88	0.73	0.78	-2.30	36.61
IMAB5M	4.32	10.20	0.42	0.46	-1.52	40.15
IFIX	0.94	9.07	0.10	0.10	-7.83	186.21
IFMM	1.12	2.60	0.43	0.45	-3.01	62.47
Kadima FIC FIM	1.96	4.00	0.49	0.78	1.04	9.75
Kadima High Vol FIM	6.42	12.62	0.51	0.76	1.08	10.29

Tabela 3.1: Estatísticas dos ativos considerados

Brasil. Isso se reflete no alto índice de Sharpe estimado para o IMAB.

- Todos os ativos apresentam caudas pesadas (indicada pelos valores significativamente altos do Coeficiente de Curtose). Entretanto, a combinação de caudas longas com assimetria positiva é uma característica interessante para investimentos. Os fundos da Kadima e o Dólar são exemplos de ativos com estas propriedades.
- O Kadima High Vol FIM na janela em questão foi o ativo que apresentou maior Alfa Anualizado. Além disso, a estimativa do Sortino do mesmo foi a segunda mais alta (bastante próxima do IMAB5).
- O Kadima FIC FIM apresentou Alfa Anualizado próximo ao do IMAB5. O Sortino do primeiro foi estimado em níveis próximos do último. A correlação entre ambos foi de apenas 10% (ver Figura 3.1).

A correlação entre os ativos também foi estimada (usando o maior período coincidente entre cada dois ativos) e está representada na Figura 3.1. Nota-se que o Kadima FIC FIM e o Kadima High Vol FIM possuem correlação muito próxima de zero com todos os ativos (exceto entre si). Os demais ativos possuem correlações entre si significativamente altas, à exceção do dólar, que apresentou correlação negativa com os outros ativos.

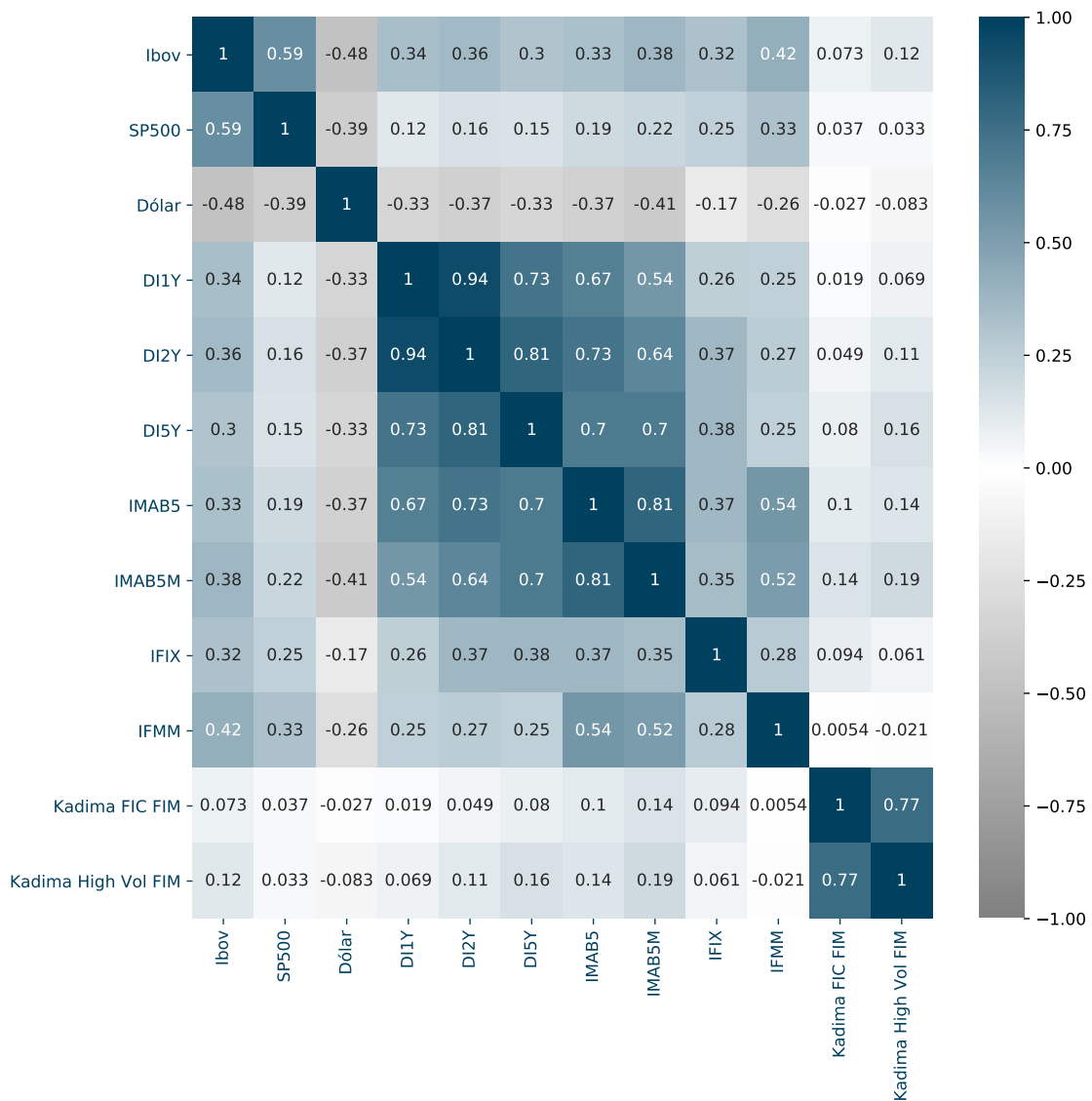
CAPÍTULO 3. ESTATÍSTICAS, PCA E STRESS TEST
Correlação Linear


Figura 3.1: Correlação entre os ativos

CAPÍTULO 3. ESTATÍSTICAS, PCA E STRESS TEST

Em seguida, decidimos fazer uma análise de componentes principais da matriz de correlações, excluindo os fundos da Kadima. Esta análise consiste em encontrar os autovalores e autovetores associados a estes, ordenando de forma decrescente pelos respectivos autovalores. Cada autovetor pode ser interpretado como um portfólio onde estamos isolando um fator de risco. Como os autovetores são ortogonais entre si, eles serão, portanto, fatores de risco independentes. Chamam-se os mesmos de componentes principais. A variabilidade associada a cada componente é mensurada pelo respectivo autovalor. A variabilidade acumulada das componentes está representada na Figura 3.2. Note que a primeira componente corresponde a quase 50%. As 3 primeiras componentes respondem por 75%. Isto evidencia que os ativos se comportam de forma muito relacionada, respondendo aos mesmos fatores de risco.

A Figura 3.3 mostra a composição das duas primeiras componentes. Vemos que a primeira componente é um portfólio *risk on*: comprado em bolsas, multimercados e imobiliários, aplicado em taxas reais e nominais e vendido em dólar. Conceitualmente, este resultado faz sentido pois grande parte dos movimentos de mercado têm relação com movimentos *risk on*, *risk off*. Analisando a segunda componente, vemos um portfólio comprado em bolsa, multimercados e imobiliários, mas vendido no dólar e tomado nos juros nominais e reais. Uma possível interpretação desse fator são os movimentos de mercado onde, quando a economia sofre (e as bolsas caem), os bancos centrais agem cortando os juros. Dado que as duas primeiras componentes respondem por 2/3 da variabilidade dos ativos estudados, entendemos que faz sentido focarmos nelas.

Se fizermos uma regressão linear para os retornos de cada um dos ativos, considerando todas as dez componentes principais como variáveis explicativas, conseguimos explicar perfeitamente os retornos históricos dos ativos (à exceção dos fundos da Kadima, que não faziam parte da matriz de correlações utilizada na análise anterior). Estas regressões foram feitas considerando o histórico a partir de 2011, que é a data na qual temos as séries de todos os ativos necessários para construir os fatores de risco. A exceção foi o Kadima High Vol, cujo início é 23/03/2012. Além disso, para que os betas estimados tivessem ordem de grandeza razoáveis,

Variabilidade Acumulada das Componentes Principais

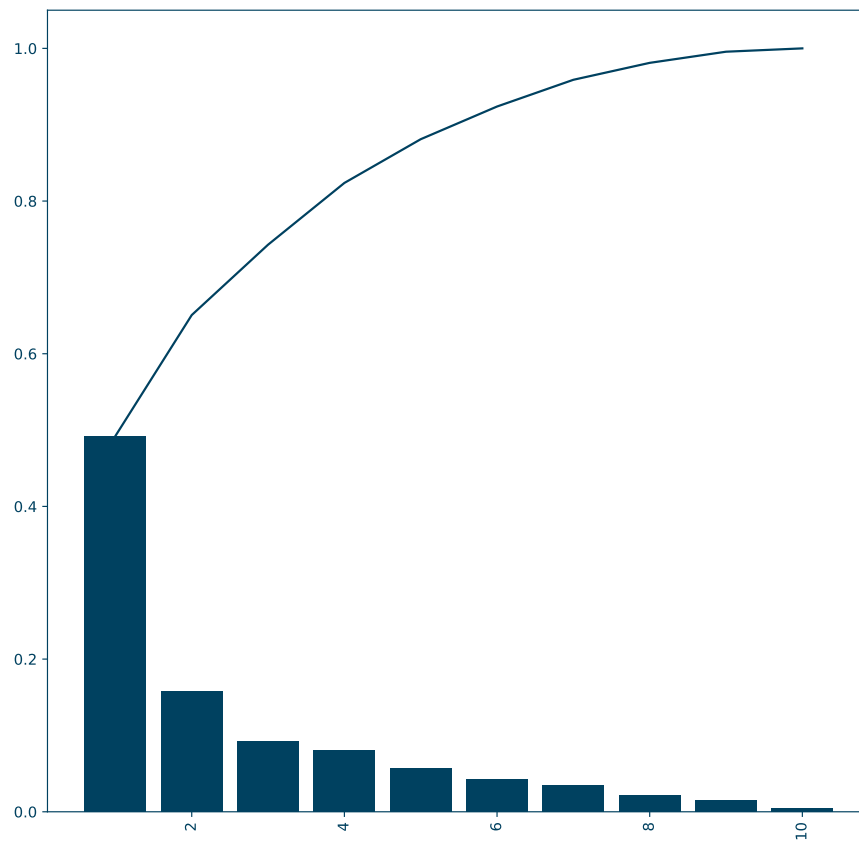


Figura 3.2: Variabilidade acumulada das componentes principais

Componentes Principais

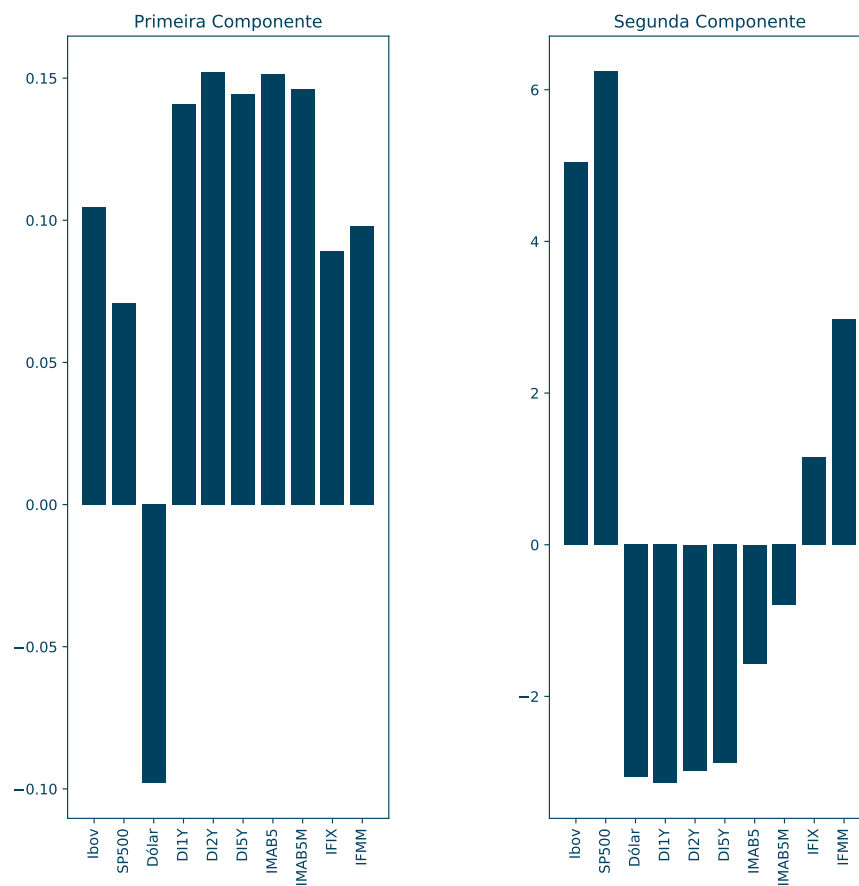


Figura 3.3: Duas primeiras componentes principais

CAPÍTULO 3. ESTATÍSTICAS, PCA E STRESS TEST

Ativo	Beta1	Beta2	Beta3	Beta4	Beta5	Beta6	Beta7	Beta8	Beta9	Beta10	Intercepto	R2
Ibov	0.56	1.03	-0.21	0.08	0.29	-0.36	1.05	0.04	-0.05	0.00	-0.02	1.00
SP500	0.38	1.28	-0.20	0.11	0.40	0.55	-0.56	0.02	0.02	0.00	0.04	1.00
Dólar	-0.52	-0.63	0.48	0.23	0.86	0.15	0.35	0.04	0.01	0.00	0.02	1.00
DI1Y	0.75	-0.64	-0.31	0.03	0.37	-0.28	-0.43	0.05	0.09	0.07	0.00	1.00
DI2Y	0.82	-0.61	-0.24	0.09	0.21	-0.14	-0.29	0.02	0.08	-0.08	0.01	1.00
DI5Y	0.77	-0.59	-0.10	0.10	-0.01	0.30	0.36	-0.33	-0.14	0.01	0.01	1.00
IMAB5	0.81	-0.32	0.26	-0.17	-0.06	0.14	-0.10	0.25	-0.27	0.00	0.01	1.00
IMAB5M	0.78	-0.16	0.26	-0.21	-0.23	0.36	0.62	0.08	0.26	0.01	0.01	1.00
IFIX	0.48	0.24	0.40	0.68	-0.42	-0.12	-0.18	0.02	0.03	0.01	0.00	1.00
IFMM	0.53	0.61	0.65	-0.32	0.21	-0.32	-0.45	-0.17	0.02	0.00	0.00	1.00
Kadima FIC FIM	-0.23	0.15	0.15	-0.01	-0.25	0.27	0.35	0.09	-0.11	-0.02	0.00	0.06
Kadima High Vol FIM	-0.77	0.14	0.07	0.09	-0.60	0.72	1.06	0.14	-0.18	-0.07	0.02	0.07

Tabela 3.2: Resultados das regressões lineares em função das componentes principais

normalizamos os retornos pra que os fatores de risco tivessem volatilidade anualizada de 10% no histórico completo e média 0.

A Tabela 3.2 apresenta os resultados da regressão pra cada um dos ativos. Analisando os resultados apresentados, chama a atenção o baixíssimo R2 do Kadima FIC FIM e do Kadima High Vol nessas regressões(6% e 7% respectivamente). Isso é uma evidência de que os fatores de risco que foram utilizados pra explicar completamente os retornos dos demais ativos, não servem pra explicar os retornos dos nossos fundos.

Um problema da regressão linear é encontrar betas para todos os fatores, sem que isso realmente ajude o modelo a explicar melhor os dados. Assim, uma alternativa à regressão linear apresentada anteriormente é a técnica do Lasso [3] ¹. Esta técnica de regressão traz uma punição ao modelo por adicionar betas. A Tabela 3.3 mostra os resultados utilizando esta outra técnica. Nota-se que muitos dos betas da Kadima acabaram sendo zerados (dado que os nossos fundos não respondem aos fatores de risco tradicionais).

De posse da regressão feita com o Lasso e ciente do fato que cada componente principal é independente entre si, podemos fazer um *stress test* baseado nesses fatores de risco ortogonais. Desta forma podemos estressar os mesmos, um de cada vez, e assim simular cenários razoáveis de stress. Adicionalmente, dado que os fatores de risco foram previamente normalizados

¹Especificamente, utilizamos a função LassoCV implementada na biblioteca sklearn do Python

CAPÍTULO 3. ESTATÍSTICAS, PCA E STRESS TEST

Ativo	Beta1	Beta2	Beta3	Beta4	Beta5	Beta6	Beta7	Beta8	Beta9	Beta10	Intercepto	R2
Ibov	0.41	1.19	-0.11	0.06	0.19	-0.28	1.16	0.03	-0.09	-0.03	-0.02	1.00
SP500	0.23	1.42	-0.12	0.11	0.31	0.63	-0.46	0.01	0.00	-0.03	0.04	1.00
Dólar	-0.45	-0.66	-0.47	0.22	0.90	0.11	0.29	0.04	0.02	0.01	0.02	1.00
DI1Y	0.72	-0.60	-0.28	0.03	0.35	-0.26	-0.40	0.05	0.08	0.06	0.00	1.00
DI2Y	0.71	-0.50	-0.17	0.08	0.14	-0.08	-0.21	0.02	0.05	-0.11	0.01	1.00
DI5Y	0.73	-0.52	-0.06	0.09	-0.03	0.31	0.38	-0.34	-0.14	0.00	0.01	1.00
IMAB5	0.79	-0.31	0.26	-0.16	-0.06	0.14	-0.09	0.24	-0.27	0.00	0.01	1.00
IMAB5M	0.79	-0.18	0.23	-0.20	-0.21	0.32	0.60	0.06	0.28	0.01	0.01	1.00
IFIX	0.45	0.24	0.40	0.69	-0.43	-0.10	-0.16	0.02	0.02	0.00	0.00	1.00
IFMM	0.51	0.62	0.65	-0.32	0.19	-0.31	-0.43	-0.17	0.02	-0.01	0.00	1.00
Kadima FIC FIM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03
Kadima High Vol FIM	-0.58	0.00	-0.01	0.09	-0.47	0.60	0.91	0.14	-0.14	-0.03	0.02	0.07

Tabela 3.3: Resultados dos Lasso em função das componentes principais

pra terem média 0 e volatilidade anualizada de 10%, a construção dos cenários de stress torna-se bastante simples. No caso, consideraremos como cenário de stress um choque de 3 vezes a volatilidade anualizada, ou seja, uma oscilação de 30% no fator de risco. Dado que as duas primeiras componentes são responsáveis por aproximadamente 2/3 das informações, aplicaremos o choque nestas. Entendemos que esses dois cenários são factíveis e razoáveis, dado os históricos de crises e o excesso de curtose dos ativos financeiros.

A Tabela 3.4 mostra como cada ativo se comportaria em cada um dos cenários de stress simulados. Em seguida, ela infere qual seria o pior resultado possível para as EFPCs em cada um desses cenários, dadas as restrições impostas na legislação. Por fim, mostra os resultados esperados dos fundos da Kadima.

Como podemos ver, em ambos os casos é possível as EFPCs apresentarem perdas significativas nos cenários de stress, com -23.81% e -30.98%. Apesar de estes serem os piores cenários, é importante olharmos justamente para este tipo de resultado quando falamos em stress. Já analisando os resultados dos fundos da Kadima nestes mesmos cenários simulados, no primeiro vemos um ganho por parte do Kadima High Vol e resultado próximo de zero no Kadima FIC FIM². Já no Cenário 2, o resultado de ambos é próximo de zero.

O dólar apresentou ganhos em ambos cenários. Contudo, no histórico completo, apresenta

²Esta diferença possivelmente é consequência da janela diferente entre eles

CAPÍTULO 3. ESTATÍSTICAS, PCA E STRESS TEST

Ativo	Cenário 1 (%)	Cenário 2 (%)
Ibov	-12.22	-35.72
SP500	-6.81	-42.44
Dólar	13.61	19.80
DI1Y	-21.54	18.14
DI2Y	-21.28	14.94
DI5Y	-22.01	15.65
IMAB5	-23.79	9.29
IMAB5M	-23.81	5.37
IFIX	-13.38	-7.17
IFMM	-15.18	-18.56
Pior Caso EFPC	-23.81	-30.98
Kadima FIC FIM	-0.07	0.00
Kadima High Vol FIM	17.50	0.02

 Tabela 3.4: Cenários de *stress test*

resultado negativo, como visto na Tabela 3.1. Além disso, conforme premissas apresentadas no Capítulo 2, consideramos para o estudo que as posições das EFPC em dólar estariam limitadas ao mesmo tamanho da posição no SP500 (exposição cambial do mesmo). Assim, no cenário 2, por exemplo, eventuais ganhos com o dólar seriam mais que perdidos graças à variação do SP500.

Concluimos assim este capítulo tendo mostrado evidências não só que os retornos dos fundos multimercado da Kadima são competitivos em relação aos ativos nos quais as EFPCs podem alocar, mas também que eles respondem a fatores diferentes do restante do universo de ativos. No próximo capítulo, mostraremos do ponto de vista de uma análise de fronteira eficiente, que a alocação nos fundos da Kadima faz sentido.

Capítulo 4

Fronteira Eficiente das EFPCs

“We are the recipients of scientific method. We can each be a creative and active part of it if we so desire.”

Kary Mullis

Neste capítulo faremos uso da análise de fronteira eficiente desenvolvida por Markowitz [5]. Esta tem por objetivo estimar o menor nível de risco possível para alcançar um retorno esperado pré-estabelecido. Compõe-se então uma “fronteira”, onde cada ponto pertencente representa a carteira de mínimo risco para determinado retorno. .

Para nossa análise, implementamos no algoritmo de minimização as restrições impostas pela legislação 4661, já citadas no Capítulo 2. Além daquelas restrições, colocamos a vedação ao *short* e à alavancagem¹. Quando os fundos da Kadima forem inseridos no estudo, eles ocupam o mesmo limite que o IFMM. Finalmente, nos estudos aqui implementados, consideramos o período a partir de 26/03/2012 por ser a data a partir do qual todos os ativos estão disponíveis.

Nossa primeira análise é *ex-post*, ou seja, considerando o retorno histórico ao longo de todo o período, estimamos os retornos e as covariâncias. Calculamos então a fronteira eficiente com

¹Especificamente o dólar não conta para a alavancagem pois está limitado ao tamanho da posição do SP500, correspondendo a uma alocação nesse último sem *hedge* cambial.

CAPÍTULO 4. FRONTEIRA EFICIENTE DAS EFPCS

Portfólio	Alfa Anualizado (%)	Volatilidade (%)	Sharpe	Sortino	MDD
Max Sharpe Com Kadima	3.06	2.50	1.23	1.54	4.12
Max Sharpe Sem Kadima	2.66	2.35	1.13	1.34	3.97
Vol 3.5% Com Kadima	4.06	3.50	1.16	1.41	6.93
Vol 3.5% Sem Kadima	3.57	3.49	1.02	1.08	7.70
Vol 7% Com Kadima	5.13	7.00	0.73	0.90	11.41
Vol 7% Sem Kadima	4.30	7.00	0.61	0.67	13.64

Tabela 4.1: Estatísticas do estudo ex-post

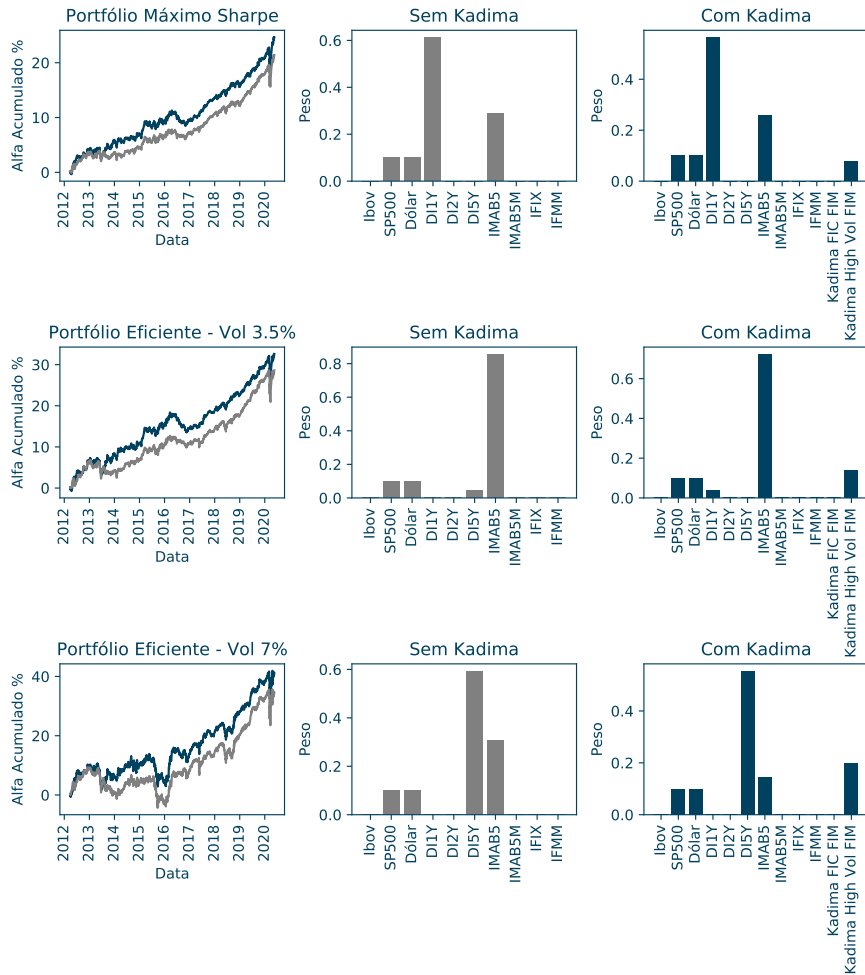
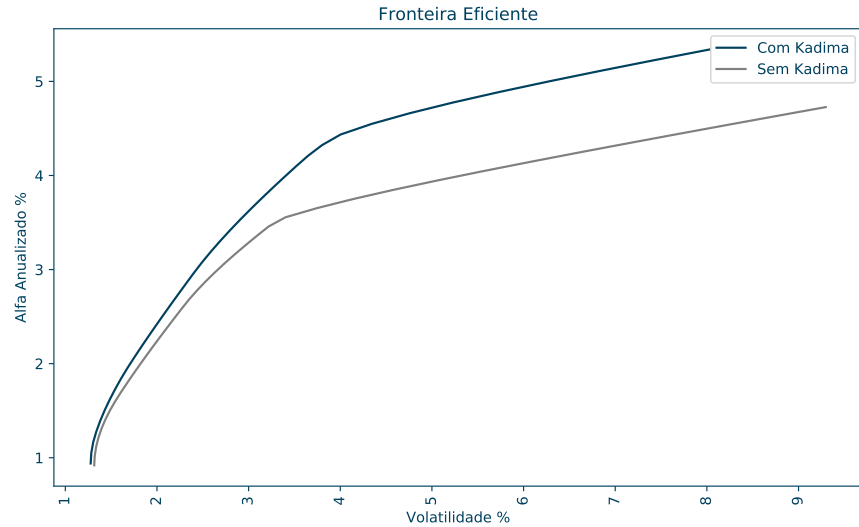
e sem os fundos da Kadima. Em seguida, desta fronteira, analisamos 3 carteiras: a carteira de máximo Sharpe, a carteira de volatilidade 3.5% e a carteira de volatilidade 7.0%. Simulamos o retorno histórico dessa carteira considerando um rebalanceamento diário para atingir as alocações alvos. Todos esses resultados estão representados na Figura 4.1.

A primeira observação que temos é que a curva da fronteira considerando os fundos da Kadima é significativamente superior à curva da fronteira sem os fundos da Kadima. Em outras palavras: para mesmos níveis de risco, é possível obter retornos superiores ao acrescentar o Kadima FIC FIM e o Kadima High Vol no universo de ativos investíveis. Ainda na Figura 4.1 observa-se a evolução do retorno acumulado de 6 diferentes portfólios e fica bastante claro os benefícios que uma EFPC teria ao considerar nossos fundos na alocação. Vale lembrar que o alfa aqui foi calculado com log-retornos. Finalmente a Tabela 4.1 mostra as estatísticas referentes a cada uma das 6 carteiras simuladas.

Uma crítica possível a este estudo ex-post é que, na prática, jamais saberíamos de antemão as corretas estimativas de retornos e de covariâncias, tão cruciais para a montagem da fronteira eficiente. Infelizmente, ao tomarmos as decisões de investimentos, não contamos com o poder de saber com certeza quanto cada ativo irá render, tampouco como eles se comportarão relativamente uns aos outros.

Para tornar a avaliação mais realista, fazemos um *backtest* da estratégia, considerando apenas dados passados em cada instante de tempo. Neste *backtest*, a cada dia reestimam-se os retornos esperados e a covariância com base nos últimos 126 dias úteis (6 meses). Fizemos

CAPÍTULO 4. FRONTEIRA EFICIENTE DAS EFPCS



CAPÍTULO 4. FRONTEIRA EFICIENTE DAS EFPCS

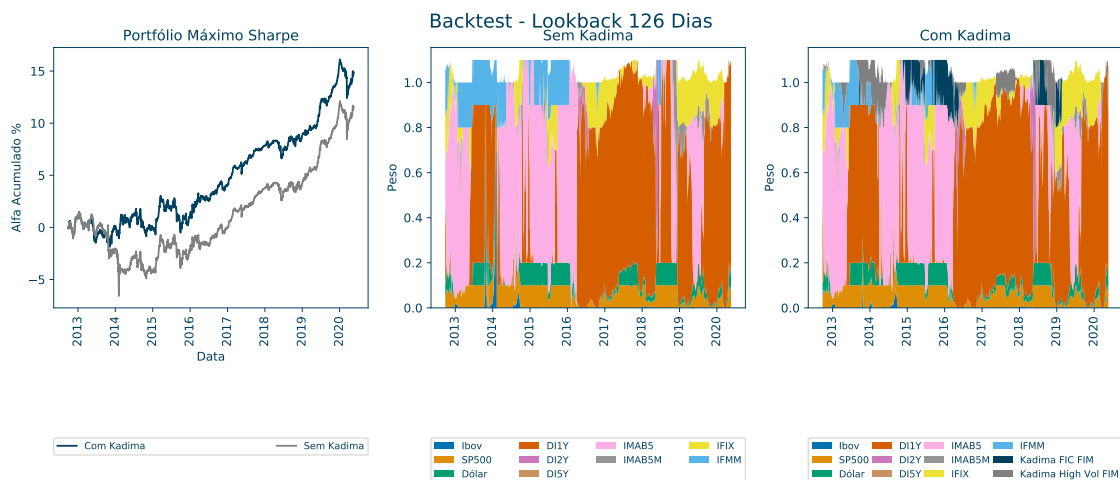


Figura 4.2: Backtest selecionando diariamente o portfólio de máximo Sharpe dos últimos 6 meses

Portfólio	Alfa Anualizado (%)	Volatilidade (%)	Sharpe	Sortino	MDD
Max Sharpe Com Kadima	1.98	2.31	0.86	1.02	3.72
Max Sharpe Sem Kadima	1.54	2.78	0.56	0.56	8.05

Tabela 4.2: Estatísticas do backtest

este exercício selecionando diariamente o portfólio de máximo Sharpe (com e sem os fundos da Kadima). Perceba que para ter 6 meses de dados necessários às estimativas, os backtests têm menos tempo de simulação que no exercício anterior. A Figura 4.2 mostra tanto o alfa acumulado nesses casos como a evolução das alocações ao longo do tempo. A Tabela 4.2 traz os valores das estatísticas desse backtest.

Dentre todas as estatísticas da Tabela 4.2, talvez a mais importante seja o *maximum draw-down* (MDD). Como podemos observar, o pior *drawdown* reduziu significativamente quando a EFPC passa a considerar os investimentos nos fundos da Kadima. Na situação sem os fundos da Kadima esta estatística seria 8.05%. Ao inserir os mesmos, ela é reduzida para 3.72%. Isso tem relação com um ponto bastante debatido no Capítulo anterior, onde encontramos evidências de que o Kadima FIC FIM e o Kadima High Vol FIM respondem a fatores de risco diferentes dos ativos tradicionais. Destacamos ainda que o alfa gerado aumentou e a volatilidade reduziu, aumentando os índices de Sharpe e de Sortino no backtest.

CAPÍTULO 4. FRONTEIRA EFICIENTE DAS EFPCs

Há uma série de outros estudos que poderiam ser feitos de forma complementar mas no nosso entendimento os pontos levantados até aqui são suficientes para mostrar com argumentos técnicos os benefícios de diversificação que nossos fundos podem trazer às carteiras das EFPC. A conclusão é bastante direta: a alocação no Kadima FIC FIM e no Kadima High Vol FIM é benéfica para a EFPC ter uma carteira de investimentos mais estável.

Capítulo 5

Conclusão

“Each problem that I solved became a rule, which served afterwards to solve other problems.”

Rene Descartes

Entendemos que o desafio dos fundos de pensão de realizar investimentos capazes de cumprir seus objetivos de longo prazo é bastante desafiador, principalmente no cenário atual de juros baixos. Tornou-se quase um consenso que, para que as metas atuariais sejam atingidas, os gestores desses fundos de pensão precisam investir em diferentes classes de ativos, aproveitando as possibilidades existentes na Resolução 4661. Nesse sentido, um grande trunfo que deve ser utilizado é a diversificação. Com esta, é possível realizar investimentos em ativos que individualmente são arriscados, mas em conjunto têm menos risco.

Os fundos geridos pela Kadima tornam-se uma alternativa bastante interessante pois conseguem, dentro da categoria de estruturados, trazer exposição a fatores de risco diferentes dos tradicionais. Isto torna a diversificação estruturalmente mais eficiente.

Finalmente, deixamos claro que os argumentos mostrados neste trabalho não são exaustivos. Apesar de lançarem uma luz a respeito dos efeitos benéficos que o Kadima FIC FIM e o Kadima High Vol FIM podem trazer aos investidores institucionais, há várias outras análises e

CAPÍTULO 5. CONCLUSÃO

estudos que poderiam ser feitos para abordar outros pontos de vista.

Colocamo-nos à disposição para esclarecer quaisquer dúvidas a respeito deste trabalho, da nossa forma de fazer gestão e dos nossos produtos. Esperamos que a leitura deste trabalho tenha sido útil.

Apêndice A

Sobre a Kadima Asset Management

A Kadima Asset Management é uma empresa independente focada na gestão de recursos de terceiros, que tem como principal vertente a gestão quantitativa. Fundada em 2007 por executivos que então se desligaram do Banco Brascan, a gestora é calcada na excelência acadêmica de seus sócios, no foco no estudo e no desenvolvimento de estratégias não correlacionadas e com boa relação de risco/retorno. Atualmente, a empresa possui uma grade completa de produtos abertos para a captação. Todos eles possuem metodologia de gestão quantitativa.

Maiores informações podem ser encontradas em nosso site (<http://www.kadimaasset.com.br>).

Referências Bibliográficas

- [1] Previc Superintendência Nacional de Previdência Complementar, *Informe Estatístico 4 trimestre 2019*, 2020.
- [2] _____, *Resolução cmn 4661 de 25 de maio de 2018*, 2020.
- [3] Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman, *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*, Springer Science & Business Media, 2009.
- [4] Elon Lages Lima, *Álgebra linear*, no. 512.5 512.5 LIMal7, 2006.
- [5] Harry Markowitz, *Portfolio selection*, *The journal of finance* **7** (1952), no. 1, 77–91.
- [6] William Mendenhall, Dennis D Wackerly, and Richard L Scheaffer, *Mathematical statistics with applications.*, no. 519.5 MEN. CIMMYT., 1990.
- [7] Jonathon Shlens, *A tutorial on principal component analysis*, arXiv preprint arXiv:1404.1100 (2014).