

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA DE NEGÓCIOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO**

ALEXANDRE AMORIM DA SILVEIRA SILVA

***SPECTRAL RISK MEASURES: UM ESTUDO COMPARATIVO PARA
PORTFÓLIOS DE MOEDAS***

CURITIBA

2018

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central
Pamela Travassos de Freitas – CRB 9/1960

Silva, Alexandre Amorim da Silveira
S586s Spectral risk measures : um estudo comparativo para portfólios de moedas /
2018 Alexandre Amorim da Silveira Silva ; orientador: Heitor Takashi Kato.– 2018.
105 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná,
Curitiba, 2018
Bibliografia: f. 60-62

1. Administração de risco. 2. Dólar americano. 3. Moedas. 4. Otimização
Matemática. I. Kato, Heitor Takashi. II. Pontifícia Universidade Católica do
Paraná. Pós-Graduação em Administração. III. Título.

CDD 20. ed. – 658

ALEXANDRE AMORIM DA SILVEIRA SILVA

***SPECTRAL RISK MEASURES: UM ESTUDO COMPARATIVO PARA
PORTFÓLIOS DE MOEDAS***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Heitor Takashi Kato

CURITIBA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

SPECTRAL RISK MEASURES: UM ESTUDO COMPARATIVO PARA PORTFÓLIOS DE MOEDAS

Por

ALEXANDRE AMORIM DA SILVEIRA SILVA

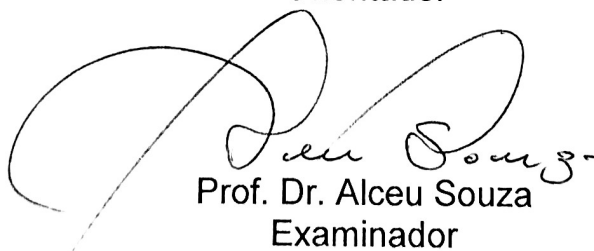
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Administração, área de concentração em Administração Estratégica, da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Angela Cristiane Santos Póvoa

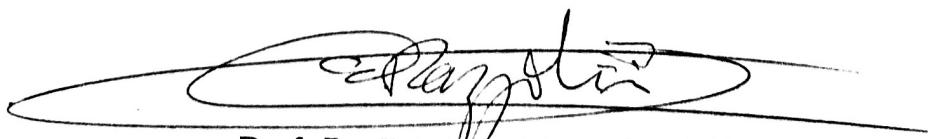
Prof.^a Dr.^a Angela Cristiane Santos Póvoa
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Administração



Prof. Dr. Heitor Takashi Kato
Orientador



Prof. Dr. Alceu Souza
Examinador



Prof. Dr. Edelvino Razzollinni Filho
Examinador

A Janaine, minha esposa, pela paciência,
apoio e por ter me dado o maior presente
de todos, o nosso Joaquim.

Ao Tio Geraldo e à Tia Dinha por todo o
amor e suporte nos momentos mais
difíceis de minha vida.

Em especial ao meu pai Ernani (*in
memoriam*) que me deixou como maior
herança a consciência de que a
educação, a imaginação, a arte e o
trabalho são os ingredientes básicos para
uma vida cidadã.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Wesley Vieira da Silva e Heitor Takashi Kato pela orientação, paciência e pela oportunidade.

Ao Professor Alceu Souza pelas contribuições precisas quanto ao tema.

Aos colegas de programa que contribuíram nas fases iniciais do trabalho.

Agradeço também à equipe administrativa do Programa de Pós-Graduação em Administração, pela paciência e disponibilidade em ajudar sempre que preciso.

Também agradeço à PUC-PR e a CAPES pelo apoio.

Agradeço aos meus ex-companheiros de HSBC e Bradesco pelas conversas enriquecedoras sobre o tema.

Agradeço ao HSBC e ao Bradesco pela disponibilidade por parte das instituições de estrutura para acesso aos dados de mercado e ao tempo para a realização dos créditos do programa.

As we grow up, dreams lose their naivety but not necessarily their power. Knowledge makes us discover new possibilities and raises new questions. We grow to understand better the consequences of our actions, yet the world remains full of surprises. We taste the sweetness of success and the bitterness of failure. We grow to be responsible members of society and to care for the welfare of others. We discover purpose, confidence and a role to fulfil; but we also find that we continuously have to deal with risks.

(ALEXANDER, 2008a)

RESUMO

Desde a apresentação por Aertznier et al. (1999) dos axiomas para uma medida coerente de risco, um novo campo de estudo se desenvolveu em torno dessas premissas, culminando na substituição do VaR pelo Expected Shortfall (ES) como medida prudencial pelo Comitê da Basileia (BCBS 2016). O ES é um caso particular de um conjunto mais amplo de medidas de risco, denominadas Medidas Espectrais de Risco (SRM). Neste trabalho avaliou-se um conjunto de medidas espectrais a partir de retornos e volatilidades estimados por modelos de previsão (ARIMA e GARCH) e então portfólios foram otimizados para paridades de moedas em relação ao dólar americano. Foram avaliados valores diários a partir de 02/01/2002 até 31/07/2017 e os portfólios para cada um dos conjuntos de medidas de risco e modelos de previsão foram comparados a partir dos erros de previsão e retornos acumulados. As medidas espectrais estimadas a partir do ARIMA apresentaram menores erros de previsão, e os portfólios pelo VAR apresentaram melhores retornos acumulados.

Palavras-chave: Medidas Espectrais de Risco. Expected Shortfall. Value At Risk. Coeficiente Aversão ao Risco. Otimização de Portfólios.

ABSTRACT

After the publication by Aertznier et al. (1999) of the axioms for a coherent risk measure, a new research field has been developed at a point that the Basel Committee for Banking Supervision published that the Value-at-Risk will be replaced by Expected Shortfall (ES) as the prudential measure for Market Risk capital requirements (BCBS 2016). ES is a particular case of broader risk measures denominated Spectral Risk Measures (SRM). This work evaluated if a set of SRM, given returns and volatilities estimated by ARIMA and GARCH respectively, generate better risk/return portfolios for G20 currencies when compared with portfolios generated using VaR as a risk measure. The sample evaluated was composed of daily returns from 02-Jan-2002 to 31-Jul-2017, and the models were compared by both the prediction error and accumulated returns. Portfolios estimated using SRM and ARIMA presented minor prediction error. On the other hand, VaR portfolios presented higher accumulated returns.

Keywords: Spectral Risk Measures. Expected Shortfall. Value-at-Risk. Coefficient of Absolute Risk Aversion. Portfolio Optimization

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Equação 1 – Retorno contínuo	6
Equação 2 – Retorno contínuo acumulado.....	6
Equação 3 – Processo de Weiner	7
Equação 4 - ARIMA: forma de equação de diferenças.....	7
Equação 5 - Estimativa de retorno $t+1$: média móvel exponencial	8
Equação 6 - Fórmula geral: GARCH	9
Equação 7 - GARCH(1,1)	9
Equação 8 – Value at Risk	11
Equação 9 - VaR de um portfólio.....	12
Equação 10 - Vetor VaR por fator de risco	12
Equação 11 - Definição de Risco.....	13
Equação 12 - Expected Shortfall	15
Equação 13 - Spectral Risk Measure	15
Equação 14 - Função utilidade exponencial	16
Equação 15 – Função de ponderação exponencial (forma 1)	16
Equação 16 - Constante λ	16
Equação 17 - Função de ponderação exponencial.....	17
Equação 18 - Medida espectral de risco exponencialmente ponderada.....	18
Figura 1 – Nível de significância unicaldal de 95%.....	11
Figura 2 - Funções de ponderação exponencial.....	17
Figura 3 - Preços de fechamento: ARS, AUD, BRL e CAD	22
Figura 4 - Preços de fechamento: CNY, EUR, INR e IDR	22
Figura 5 - Preços de fechamento JPY, KRW, MXN e RUB	23
Figura 6 - Preços de fechamento: SAR, ZAR, TRY e GBP	23
Figura 7 - Preços de fechamento: XAU	24
Figura 8 - Retornos diários: ARS, AUD, BRL, CAD, CNY e EUR.....	25
Figura 9 - Retornos diários: INR, IDR, JPY, KRW, MXN e RUB.....	25
Figura 10 - Retornos diários: SAR, ZAR, TRY, GBP e XAU	26
Figura 11 - Histogramas: ARS, AUD, BRL e CAD	27
Figura 12 - Histogramas: CNY, EUR, INR e IDR	28
Figura 13 - Histogramas: JPY, KRW, MXN e RUB	28

Figura 14 - Histogramas: SAR, ZAR, TRY e GBP	29
Figura 15 - Histograma: XAU	29
Figura 16 - Retornos acumulados.....	30
Figura 17 - CDF Normal x Empírica: ARS, AUD, BRL e CAD	32
Figura 18 - CDF Normal x Empírica: CNY, EUR, INR e IDR	32
Figura 19 - CDF Normal x Empírica: JPY, KRW, MXN e RUB	33
Figura 20 - CDF Normal x Empírica: SAR, ZAR, TRY e GBP	33
Figura 21 - CDF Normal x Empírica: XAU	33
Figura 22 - Gráficos Q-Q: ARS, AUD, BRL e CAD	34
Figura 23 - Gráficos Q-Q: CNY, EUR, INR e IDR.....	34
Figura 24 - Gráficos Q-Q: JPY, KRW, MXN e RUB	35
Figura 25 - Gráficos Q-Q: SAR, ZAR, TRY e GBP	35
Figura 26 - Gráfico Q-Q: XAU	35
Figura 27 - Retornos estimados ARIMA: ARS, AUD, BRL, CAD, CNY e EUR.....	36
Figura 28 - Retornos estimados ARIMA: INR, IDR, JPY, KRW, MXN e RUB.....	37
Figura 29 - Retornos estimados ARIMA: SAR, ZAR, TRY, GBP e XAU.....	37
Figura 30 - Retornos estimados MMEP: ARS, AUD, BRL, CAD, CNY e EUR.....	38
Figura 31 - Retornos estimados MMEP: INR, IDR, JPY, KRW, MXN e RUB	38
Figura 32 - Retornos estimados MMEP: SAR, ZAR, TRY, GBP e XAU	39
Figura 33 - Volatilidade estimada pelo GARCH: ARS, AUD, BRL e CAD	40
Figura 34 - Volatilidade estimada pelo GARCH: CNY, EUR, INR e IDR	40
Figura 35 - Volatilidade estimada pelo GARCH: JPY, KRW, MXN e RUB	41
Figura 36 - Volatilidade estimada pelo GARCH: SAR, ZAR, TRY e GBP.....	41
Figura 37 - Volatilidade estimada pelo GARCH: XAU	42
Figura 38 - Pesos dos portfólios: VAR, retornos pelo modelo ARIMA.....	43
Figura 39 - Pesos dos portfólios: VAR, retornos pelo modelo MMEP.....	43
Figura 40 - Pesos dos portfólios: ES, retornos pelo modelo ARIMA.....	44
Figura 41 - Pesos dos portfólios: ES, retornos pelo modelo MMEP	44
Figura 42 - Pesos dos portfólios: SRM, retornos pelo modelo ARIMA e k=5.....	45
Figura 43 - Pesos dos portfólios: SRM, retornos pelo modelo ARIMA e k=25.....	45
Figura 44 - Pesos dos portfólios: SRM, retornos pelo modelo MMEP e k=5	46
Figura 45 - Pesos dos portfólios: SRM, retornos pelo modelo MMEP e k=25	46
Figura 46 - Retorno observado x estimado para os portfólios: VAR ARIMA.....	47
Figura 47 - Retorno observado x estimado para os portfólios: VAR MMEP	48

Figura 48 - Retorno observado x estimado para os portfólios: ES ARIMA	48
Figura 49 - Retorno observado x estimado para os portfólios: ES MMEP	49
Figura 50 - Retorno observado x estimado para os portfólios: SRM ARIMA k=5	49
Figura 51 - Retorno observado x estimado para os portfólios: SRM ARIMA k=25 ...	50
Figura 52 - Retorno observado x estimado para os portfólios: SRM MMEP k=5.....	50
Figura 53 - Retorno observado x estimado para os portfólios: SRM MMEP k=25....	51
Figura 54 - Resíduos das estimativas dos portfólios: VAR ARIMA.....	51
Figura 55 - Resíduos das estimativas dos portfólios: VAR MMEP	52
Figura 56 - Resíduos das estimativas dos portfólios: ES ARIMA	52
Figura 57 - Resíduos das estimativas dos portfólios: ES MMEP	53
Figura 58 - Resíduos das estimativas dos portfólios: SRM ARIMA k=5	53
Figura 59 - Resíduos das estimativas dos portfólios: SRM ARIMA k=25	54
Figura 60 - Resíduos das estimativas dos portfólios: SRM MMEP k=5.....	54
Figura 61 - Resíduos das estimativas dos portfólios: SRM MMEP k=25.....	55
Figura 62 – Retornos acumulados padronizados para os portfólios.....	56
 Quadro 1 - Lista de moedas	 19
Quadro 2 - Resumo por medida de risco.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatísticas descritivas das séries de retornos por moeda	26
Tabela 2 - Teste de Jarque-Bera	30
Tabela 3 - Teste de Lilliefors	31
Tabela 4 - Teste de Kolmogorov-Smirnov	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCBS	Basel Committee on Banking Supervision
BIS	Bank for International Settlements
CRM	Coherent Risk Measure (Medida Coerente de Risco)
ES	Expected Shortfall
RLN	Revisão da Literatura Narrativa
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SEM	Spectral Risk Measures (Medidas Espectrais de Risco)
VaR	Value at Risk
WM/R	WM/Reuters Fixing Rates

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	2
1.1	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	3
1.2	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	4
1.2.1	Objetivo Geral	4
1.2.2	Objetivos Específicos.....	4
1.3	JUSTIFICATIVA.....	5
2	QUADRO TEÓRICO EMPÍRICO	6
2.1	RETORNOS DE ATIVOS E INSTRUMENTOS FINANCEIROS	6
2.1.1	Estimativa dos retornos diários: ARIMA.....	7
2.1.2	Estimativa dos retornos diários: média móvel exponencial	8
2.2	ESTIMATIVA DA VOLATILIDADE	8
2.2.1	GARCH.....	9
2.3	MEDIDAS DE RISCOS	10
2.3.1	O Value at Risk.....	10
2.3.2	Coerência: o que se espera de uma medida de risco.....	12
2.3.3	Medidas Espectrais de Risco.....	14
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
3.1	AMOSTRA	19
3.2	ESTIMATIVA DOS RETORNOS, DAS VOLATILIDADES E MATRIZES DE CORRELAÇÃO.....	20
3.3	PORTFÓLIOS.....	21
3.4	TESTE DE EFETIVIDADE	21
4	RESULTADOS OBTIDOS	22
5	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	60
	APÊNDICE A – CÓDIGO MATLAB DO MODELO EXECUTADO.....	63

1 INTRODUÇÃO

O risco, de uma maneira generalizada, pode ser visto como o efeito de incertezas, uma vez que pode causar perdas diretas ou indiretas a algum empreendimento ou negócio. Assim, o risco é percebido de maneira diferente por diferentes agentes econômicos e a partir dessa percepção deve ser mensurado segundo uma determinada métrica e interpretado com o objetivo de minimizar os impactos negativos observados.

Essa preocupação sobre a forma como os riscos financeiros são geridos é relativamente recente no ambiente das instituições financeiras e governos e órgãos reguladores vem exigindo cada vez mais ferramentas e controles que objetivam apresentar condições mais eficientes na gestão de risco.

No início dos anos de 1990, o JP Morgan, um dos principais agentes do mercado financeiro internacional, desenvolveu uma métrica para a mensuração de perdas potenciais denominado *Value at Risk* (VaR). Tal medida busca mensurar o maior valor de perda dado um intervalo de confiança em uma distribuição de perdas, ou o α -percentil da distribuição de perdas de um ativo financeiro ou portfólio. A distribuição de perdas pode ser avaliada a partir da volatilidade dos retornos dos ativos financeiros avaliados, a partir de seu desvio-padrão. A frequência dos retornos está diretamente ligada à métrica do VaR, usualmente sendo calculado sobre os valores de fechamento diários dos ativos. Por sua facilidade de apuração, o VaR foi rapidamente adotado pela indústria bancária e instituições financeiras em geral, em razão de sua capacidade de predição estatística sobre o valor histórico do ativo, como apresentado em Andrén *et al.* (2005) e Wiedermann, Hager e Roehrl (2005).

Segundo Wiedermann, Hager e Roehrl (2005), a modelagem do valor em risco é apurado pelos Bancos e analistas financeiros a fim de determinarem um horizonte entre um e dez dias para seus estudos. Ainda, no mesmo prazo de tempo avaliam a perda potencial de ativos. Este período curto de tempo simplifica o modelo.

Jorion (2008) define o VaR como sendo a maior (ou pior) perda esperada dentro de determinados períodos de tempo e do intervalo de confiança. Os modelos de avaliação que antecedem ao VaR remontam aos sistemas de gerenciamento de ativos/passivos implementados no começo da década de 1980. As instituições mantinham as transações lançadas a custos históricos e faziam ajustes de tempos em tempos.

Nesse contexto, a avaliação de riscos de instrumentos financeiros vem se desenvolvendo de forma substancial desde a apresentação por Markowitz (1952, 1959) de seus trabalhos sobre a seleção de portfólios, bem como a partir da publicação pelo JP Morgan do documento intitulado *Risk Metrics* (J. P. MORGAN; REUTERS LTD, 1996), o *Value at Risk* (VaR) se tornou a medida de riscos referência em todo o sistema financeiro mundial. Entretanto, o VaR possui um problema estrutural: não ser uma medida coerente de risco.

Após a publicação pelo Comitê da Basileia de uma avaliação da literatura sobre o *Trading Book*¹ das instituições financeiras, contendo um capítulo dedicado às medidas de risco, aquele Comitê apontou uma medida de riscos denominada *Spectral Risk Measure*, como sendo uma medida promissora.

Este trabalho avaliou, se medidas espectrais, disponíveis na literatura, podem prover uma melhor estimativa de portfólios quando comparados àqueles estimados pelo VaR. As comparações foram realizadas através da avaliação dos níveis de risco observados nas paridades de moeda contra o dólar americano para valores diários históricos extraídos da Reuters.

Este trabalho poderá contribuir com a literatura ao sistematizar e comparar o conteúdo das medidas mais promissoras e possibilitar um conjunto de perguntas *ex-post* que poderão contribuir com o desenvolvimento teórico das *Spectral Risk Measures*.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A revisão da literatura refere-se a uma etapa importante da pesquisa em qualquer campo da ciência. Por meio de sua execução o pesquisador determinará os limites do conhecimento sobre o assunto de interesse, obtendo meios de abordar novos problemas a partir do conhecimento já estabelecido ou mesmo explorando novas abordagens para antigos problemas. Na área das ciências sociais aplicadas, os métodos de Revisão da Literatura Narrativa (RLN) e a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) são usados, porém, a RLN é o tipo de revisão comumente usada.

¹ Livro de negociação: posições detidas por uma instituição financeira com o objetivo de negociação (BCBS 2016).

Cabe salientar que os artigos da revisão de literatura são úteis tanto para pesquisadores quanto para os leitores por fornecerem uma visão geral, atualizada e estruturada de uma área específica do conhecimento (WEE; BANISTER, 2016).

A curiosidade na investigação do estado da arte, ou seja, de uma revisão da teoria de riscos, aos olhos de um modelo específico, cumpriria um dos três grandes motivos de se realizar uma pesquisa segundo Richardson (1999), ou seja, identifica o ponto onde se encontra o desenvolvimento teórico sobre o tema.

Desta curiosidade, surge um problema de pesquisa, que aplicado a este estudo formulou-se como:

Qual a medida de risco espectral mais adequada para avaliação de uma carteira composta por instrumentos de câmbio?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Objetivo Geral

Comparar medidas espectrais de risco contra o Value-at-Risk por sua capacidade preditiva de eventos extremos no mercado de câmbio a partir dos níveis de erro de estimativa.

1.2.2 Objetivos Específicos

Visando atingir o objetivo geral, definiu-se como objetivos específicos:

- a) identificar o estado da arte na pesquisa de SRM
- b) identificar e descrever quais os modelos de ponderação são aplicados para avaliação da SRM na literatura atual;
- c) identificar e descrever as variáveis utilizadas nos modelos de ponderação;
- d) comparar, quantitativamente, as funções de aversão a risco identificadas para paridades de moedas contra o dólar americano.
- e) comparar os resultados de diversos portfólios de moedas através da aplicação apuração dos erros do modelo de estimativa.

1.3 JUSTIFICATIVA

Desde a primeira publicação do documento técnico denominado *Risk Metrics* pelo banco J.P. Morgan, no ano de 1994, consolidada em sua quarta versão (J. P. MORGAN; REUTERS LTD, 1996), o Value at Risk (VaR) se firmou como a medida mais utilizada na gestão de riscos no mercado financeiro mundial (BCBS, 2011). Após a publicação do trabalho de Artzner et al. (1999) muito se discute sobre as medidas coerentes de risco, e a falha do VaR em atender a todos os axiomas apresentados por Artzner et al. (1999).

Outras medidas então passaram a ser apresentadas como alternativas ao VaR, destacando-se aquelas consideradas coerentes que ganharam destaque a partir dos trabalhos de Acerbi (2002a) e Acerbi (2002), especialmente o *Expected Shortfall* (ES) e sua forma mais geral, a *Spectral Risk Measure* (SRM) que após a crise financeira de 2008 e a necessidade de revisão nos *frameworks* de riscos por parte dos órgãos reguladores dos sistemas financeiros, especialmente pelo *Basel Committee on Banking Supervision* (BCBS), passaram a ser vistas como alternativas mais concretas ao uso do VaR.

O próprio Comitê da Basileia, ao divulgar um *working paper* com uma revisão da literatura sobre o assunto, apontou que a SRM seria uma medida promissora a ser considerada, visto que aquela, além de ser uma medida coerente de risco ainda possui uma função de ponderação que incorporaria a aversão ao risco em sua mensuração (BCBS, 2011).

O fato de tal medida ainda encontrar-se em desenvolvimento pela academia, em especial aquelas que possuem uma função de ponderação diferente de 1, cultivou a curiosidade de identificar qual o estado da arte no desenvolvimento das SRM e avaliar de forma comparativa aquelas proeminentes contra aquela mais difundida, o VaR. Assim, a partir da avaliação dessas medidas sob um mesmo conjunto de condições espera-se contribuir para a literatura através da discussão quanto sua capacidade preditiva e sensibilidade ao risco, seus modelos e finalmente apresentar de forma sistemática os modelos propostos e uma comparação entre eles.

Nesse sentido, este trabalho justifica-se ao avaliar, sob a ótica de portfólios, os comportamentos das medidas de risco em condições similares, possibilitando um conjunto de análises críticas e considerações formuladas que possibilitem a identificação de novas perspectivas para a pesquisa de tais medidas.

2 QUADRO TEÓRICO EMPÍRICO

2.1 RETORNOS DE ATIVOS E INSTRUMENTOS FINANCEIROS

O retorno (perda ou ganho) de um ativo financeiro é a mudança de seu valor ao longo do tempo. Essa variação de ganho ou perda é conhecida no mercado financeiro por seu acrónimo em inglês P&L ou *profit and loss*. Tal variação pode ser medida de forma discreta ou contínua, sendo a última a mais usual, uma vez que parte do princípio que a série de retornos é contínuo, especialmente para ativos negociados em bolsas, como ações, *bonds* e derivativos (BROOKS, 2008, p. 7). Em Alexander (2008a) temos que o retorno quando composto de forma contínua é dado por:

Equação 1 – Retorno contínuo

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln P_t - \ln P_{t-1} = \Delta \ln P_t$$

Fonte: (ALEXANDER, 2008a)

Onde r_t é o retorno no tempo t , P_t e P_{t-1} são os preços observados de um ativo nos tempos t e $t - 1$.

Ainda em Alexander (2008a), os retornos contínuos são aqueles preferidos em séries de preços uma vez que possuem uma propriedade somativa em que o log retorno acumulado em um intervalo Δh é igual à soma dos log retornos para cada período, ou:

Equação 2 – Retorno contínuo acumulado

$$\Delta_h \ln P_t = \sum_{i=0}^{h-1} \Delta \ln P_{t-1}$$

Fonte: (ALEXANDER, 2008a)

Os retornos contínuos e sua propriedade somativa são importantes uma vez que, ao analisarmos séries temporais de preços históricos as convertemos para uma série de retornos. Como o retorno em $t + 1$ é incerto, é adicionado um componente estocástico de incerteza. Se considerarmos que a série de retornos é normalmente distribuída, o próximo retorno de um ativo é definido a partir de um processo difuso,

especificamente um processo de *Weiner*, também conhecido como movimento browniano. Esse fator de incerteza é definido como um fator de incremento $dW(t)$ em que cada incremento possui uma distribuição normal.

Equação 3 – Processo de Weiner

$$\frac{dP(t)}{P(t)} = \mu dt + \sigma dW(t)$$

Fonte: (ALEXANDER, 2008a)

Onde μ é a taxa de crescimento da série, já que $P(t) = P(0)e^{\mu t}$, e σ é o coeficiente de difusão, comumente chamado de *volatilidade* do processo, ou simplesmente *volatilidade*.

2.1.1 Estimativa dos retornos diários: ARIMA

O modelo ARIMA (*Autoregressive integrated moving-average*) trata-se de um modelo generalizado do modelo ARMA (*Autoregressive moving-average*) que, diferentemente do último, consegue avaliar processos estocásticos cujas séries são não-estacionárias ou apresentam comportamentos não estacionários quanto ao nível ou à inclinação, por exemplo (SOUZA; CAMARGO, 1996).

Um processo ARIMA vem de um modelo ARMA(p,q) após ser diferenciado D vezes, e então denotado um modelo ARIMA(p,D,q), da forma

Equação 4 - ARIMA: forma de equação de diferenças

$$\Delta^D y_t = c + \phi_1 \Delta^D y_{t-1} + \dots + \phi_p \Delta^D y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Fonte: (BOX et al., 2015; MATHWORKS, 2015)

Em que $\Delta^D y_t$ denota a D-ésima série diferenciada e ε_t a inovação não correlacionada com média zero.

A partir de um modelo de otimização (minimização dos erros), os valores dos parâmetros do modelo são obtidos (aqueles que melhoram a acurácia do modelo). Os parâmetros são então utilizados em um modelo de predição, neste caso, um passo à frente a partir da função de correlação.

2.1.2 Estimativa dos retornos diários: média móvel exponencial

Neste trabalho também foi realizada a estimativa do retorno um passo a frente a partir de um modelo de média móvel exponencial (quadrática) com o objetivo de avaliar se um modelo de estimativa de retorno diferente poderia alterar as características de predição e ponderação dos modelos de risco de forma significativa. Para tal, além do modelo ARIMA, o retorno de t foi estimado conforme a Equação 5.

Equação 5 - Estimativa de retorno $t+1$: média móvel exponencial

$$\hat{r}_{t+1} = \frac{\sum_{i=t-w+1}^t r_i \frac{1}{(1+t-i)^2}}{\sum_{i=t-w}^t \frac{1}{(1+t-i)^2}}$$

Fonte: adaptado de (DANIELSON, 2011; J. P. MORGAN; REUTERS LTD, 1996)

2.2 ESTIMATIVA DA VOLATILIDADE

A volatilidade, como uma medida primária de risco, de um ativo financeiro é a medida anualizada de dispersão em um processo estocástico utilizado na modelagem dos retornos logarítmicos. Essa definição é consistente com a definição de séries de retornos contínuos. A medida mais comum de dispersão sobre a média de uma distribuição é o desvio padrão. É importante clarificar que a volatilidade não pode ser observada (como o desvio padrão o é). Podemos trabalhar com sua estimativa e projeção, e isso só é possível a partir de um modelo estatístico, uma vez que a volatilidade *spot* não é negociada no mercado² (ALEXANDER, 2008b).

São apresentadas formas de estimativa de volatilidades na literatura, como o *Equally Weighted Averages* (QWA), *Equally Weighted Moving Averages* (QWMA) e *Exponential Weighted Moving Average* (EWMA), detalhados em (ALEXANDER, 2008b), (J. P. MORGAN; REUTERS LTD, 1996), (ZHOU, 1996), entre outros. Neste trabalho utilizaremos o método GARCH, que será detalhado a seguir.

² Existem contratos futuros que negociam índices de volatilidade, entretanto estes possibilitam a observação da volatilidade *forward*, baseado nas medidas de *volatilidades implícitas*

2.2.1 GARCH

O modelo GARCH (*Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity*), apresentado por Bollerslev (1986) como uma generalização do modelo ARCH (*AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity*) desenvolvido por Engle (1982) modela a mudança da variância condicional ao longo do tempo mantendo a variância incondicional constante. O cálculo da variância em t utiliza as variâncias históricas dos dados, e as flutuações históricas são preservadas no modelo. Um modelo GARCH(p,q) pode ser expresso como:

Equação 6 - Fórmula geral: GARCH

$$\widehat{\sigma^2} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

Fonte: adaptado de (BOLLERSLEV, 1986)

Ainda segundo Bollerslev (1986), o modelo GARCH(1,1) é uma boa aproximação das volatilidades diárias. Como detalhado por (KOIMA; NASSIUMA, 2015), alguns trabalhos testaram esse modelo para a estimativa de volatilidades nos mercados financeiros como Hansen e Lunde (2005) que compararam o GARCH(1,1) com modelos mais complexos; Hung-Chung et al. (2009) compararam o modelo com séries leptocúrticas contra normalizadas, com a primeira retornando melhores resultados; e Chuang et al. (2007) que o modelo GARCH(1,1) com uma distribuição do tipo t-Student retorna melhores resultados que quando uma distribuição normal é utilizada. A Equação 6 para os parâmetros $p=1$ e $q=1$ é reduzida na Equação 7.

Equação 7 - GARCH(1,1)

$$\widehat{\sigma^2} = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

Fonte: adaptado de (BOLLERSLEV, 1986)

Os valores de α_1 determinam a velocidade com que a volatilidade reage aos choques nos níveis de volatilidade, ou seja, um valor alto de α gera uma reação imediata na volatilidade projetada. Já altos valores de β_1 impactam no quanto tempo as volatilidades passadas irão impactar nas projeções futuras, ou seja, seu fator de decaimento.

2.3 MEDIDAS DE RISCOS

A desvio padrão e a variância foram historicamente as medidas de risco dominantes em finanças isso já desde a publicação por Markowitz (1952) de seu modelo de seleção de portfólio, em que selecionam-se ativos a partir do equilíbrio entre risco e retorno (minimização do primeiro e maximização do segundo), quando todo um campo começou a se desenvolver em torno do estudo do Risco e consequentemente as formas de mesurá-lo e mitiga-lo. Para o BCBS, em sua última revisão sobre o controle regulatório para o risco de mercado, assim o define (BCBS, 2016):

Market risk is defined as the risk of losses arising from movements in market prices. The risks subject to market risk capital charges include but are not limited to: (a) default risk, interest rate risk, credit spread risk, equity risk, foreign exchange risk and commodities risk (...)

Ou seja, o conceito de que perdas financeiras potenciais podem emergir a partir da variação dos valores de mercado de instrumentos financeiros (ativos, passivos e derivativos)³.

Com o passar do tempo o desvio padrão e a variância foram substituídos em aplicações práticas de análise de riscos financeiros. Especialmente nas últimas duas décadas, quando se viu a dominância do *Value at Risk* como a medida de risco mais popular (EMMER; KRATZ; TASCHE, 2013).

2.3.1 O Value at Risk

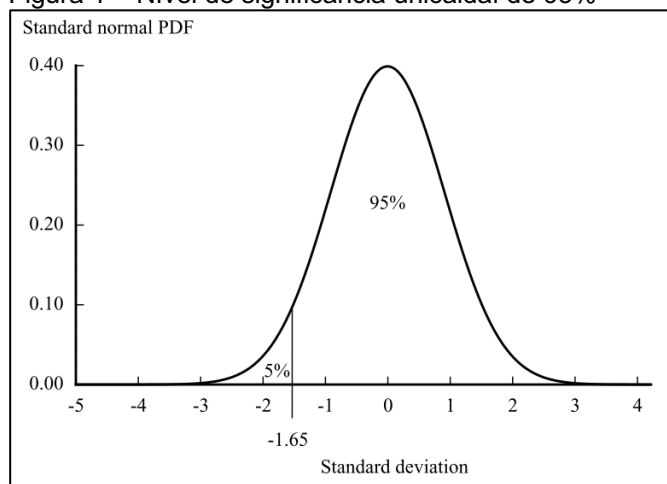
O Value at Risk, ou simplesmente VaR, teve sua origem no documento técnico *Riskmetrics*, publicado pelo Banco JP Morgan e pela Reuters (J. P. MORGAN; REUTERS LTD, 1996), tendo se tornado a medida de risco padrão no mercado financeiro desde que o Comitê da Basileia autorizou os bancos a utilizarem a medida como referência para risco de seus portfólios e alocação de capital regulatório para a parcela de risco de mercado (IGLESIAS, 2015).

O VaR é definido como o maior valor de perda dado um nível de significância em uma distribuição de perdas, ou o α -percentil da distribuição de perdas de um ativo

³ A própria definição de risco por parte do BCBS já acarreta um resultado em termos financeiros para a medida de risco, já que é referência para um requerimento mínimo de capital.

financeiro ou portfólio. Em outras palavras, existe uma chance de $1-\alpha$ que as perdas sejam superiores ao VaR em um determinado horizonte de tempo.

Figura 1 – Nível de significância unicaldal de 95%



Fonte: (J. P. MORGAN; REUTERS LTD, 1996)

Ou conforme a Equação 8:

Equação 8 – Value at Risk

$$VaR^\alpha = VaR^\alpha(X) = -x^\alpha = q_{1-\alpha}(-X)$$

Fonte: (ACERBI; TASCHE, 2002a)

O intervalo de confiança definido na mensuração do VaR é usualmente definido por um órgão externo. Para as regras de alocação de capital para instituições financeiras reguladas, definidas pelo Comitê de Basiléia, o nível de significância é de 99%, ou um intervalo de confiança de 1%, para um horizonte de liquidez mínimo de 10 dias (BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION, 2006).

A apuração do VaR se dá a partir dos valores financeiros e das volatilidades de um determinado ativo financeiro, ou de seus fatores primários de risco, quando este possui mais de um, como por exemplo um contrato futuro de moeda, em que seu preço é função de dois preços primários: a cotação pronta (*spot*) da moeda, e a taxa de juros básica daquela moeda. Dessa forma, o VaR pode ser calculado para um ativo (ou fator de risco) ou para seu portfólio, e é no cálculo do portfólio que pousa seu benefício, o da diversificação. Assim, o VaR de um portfólio de fatores primários de

risco, dado um certo intervalo de confiança (α) e um horizonte de liquidez (h) é dado por:

Equação 9 - VaR de um portfólio

$$VaR_p = \sqrt{h} \times \sqrt{\overrightarrow{VaR} \times R \times \overrightarrow{VaR}^T}$$

Fonte: (J. P. MORGAN; REUTERS LTD, 1996)

Onde:

- VaR_p é o VaR do portfólio;
- $\overrightarrow{VaR}$ é um com os valores de VaR para cada fator de risco, dado um intervalo de confiança α ; e
- R é a matriz de correlação dos retornos dos fatores de risco.

Ainda, o vetor $\overrightarrow{VaR}$ é calculado a partir do percentil para o intervalo de confiança α , multiplicado pela volatilidade σ dos retornos do fator de risco i e pelo peso do fator no portfólio (ou seu valor financeiro):

Equação 10 - Vetor VaR por fator de risco

$$\overrightarrow{VaR} = [\omega_1 \times \phi_\alpha \times \sigma_1, \dots, \omega_n \times \phi_\alpha \times \sigma_n]$$

Fonte: (J. P. MORGAN; REUTERS LTD, 1996)

Entretanto, apesar do VaR ter se tornado uma medida de risco bastante utilizada no mercado, ele negligencia as perdas para além de seu nível de significância, e ainda passou a ser criticado por não possuir propriedades que uma medida de risco deve apresentar, o que será apresentado a seguir.

2.3.2 Coerência: o que se espera de uma medida de risco

O conceito de risco parte da incerteza da variabilidade dos valores dos ativos no futuro e, nesse contexto, (ARTZNER et al., 1999) de finem primeiramente o que seria um *risco aceitável* (os valores futuros estão em níveis confiáveis), e em seguida *risco inaceitável* (uma posição com um resultado futuro além daqueles confiáveis).

Para o primeiro, uma medida de risco é definida em função do segundo: “(...) *the minimum extra capital which, invested in the reference instrument, makes the future value of the modified position become acceptable.* “ (ARTZNER et al., 1999). Esse conceito parte da consideração dos valores futuros de um portfólio de investimentos, e que os resultados (entre T_0 e T_n) desse portfólio são aleatórios. De forma simplificada, para os autores, risco é o resultado futuro de um investidor na forma da Equação 11:

Equação 11 - Definição de Risco

$$\sum_{1 \leq i \leq I} e_i \cdot A_i(T)$$

Fonte: (ARTZNER et al., 1999)

Onde: $1 \leq i \leq I$ são as diferentes moedas (ou ativos nelas referenciados) em portfólios A_i que variam em função do tempo t , este entre 0 e um ponto futuro T , sujeitos a uma variação aleatória e_i na taxa entre as moedas 1 e i .

É então a partir desse conceito que são apresentados os quatro axiomas que, se atendidos, classificam uma medida de risco como *coerente*, quando um portfólio A_i é classificado como aceito. Para tal, define-se que: $\rho(X)$ é o valor extra de capital adicional para se aceitar o retorno futuro X_i ou seja ρ é uma medida (função) de risco; r é a taxa de retorno em um instrumento de referência (ativo livre de risco, *zero coupon*); α valor financeiro adicionado (reduzido) de uma posição em risco para investimento no instrumento de referência; e λ a quantidade adicional (tamanho) na posição que gera o retorno futuro X_i , temos então os axiomas:

- a) Invariabilidade na Transição: $\rho(X + \alpha \cdot r) = \rho(X) - \alpha$
- b) Subaditividade (diversificação): $\rho(X_1 + X_2) \leq \rho(X_1) + \rho(X_2)$
- c) Homogeneidade Positiva (escalabilidade): $\rho(\lambda \cdot X) = \lambda \cdot \rho(X)$
- d) Monotonicidade: se $X_1 \leq X_2$ temos que $\rho(X_2) \leq \rho(X_1)$

Finalmente, “*a risk measure satisfying the four axioms of translation invariance, subadditivity, positive homogeneity and monotonicity is called coherent*” (ARTZNER et al., 1999).

A partir da definição desses axiomas, Artzner et al. iniciam uma crítica ao uso do VaR pois este mensura apenas os quantis das perdas e ignora qualquer perda além do nível do VaR. A medida não atende ao axioma da subaditividade, como indicado por McNeil et al. (MCNEIL; FREY; EMBRECHTS, 2005, p. 239):

Subadditivity reflects the idea that risk can be reduced by diversification, (...) the use of non-subadditive risk measures in a Markowitz-type portfolio optimisation problem may lead to optimal portfolios that are very concentrated and that would be deemed quite risky by normal economic standards (...)

Ou seja, o VaR possibilita a um gestor de risco negligenciar a severidade daquelas perdas de maior interesse aos reguladores, ou seja, aquelas para além do intervalo de confiança da medida (BCBS, 2011).

2.3.3 Medidas Espectrais de Risco

Acerbi (2002) em continuidade aos estudos por ele realizados sobre as medidas de risco coerentes, apresenta uma medida de risco capaz de adicionar efeitos de aversão a risco subjetivos de um investidor racional, mantendo tal medida coerente, ou seja, atendendo aos axiomas de Artzner et al. (1999). Ele parte de uma medida já definida em Acerbi (2001) o Expected Shortfall⁴ (ES), cuja coerência foi provada naquele trabalho. Apesar do trabalho ser inovador quanto a avaliação de riscos financeiros, em especial sob o aspecto prudencial, trabalhos como o de Silver e Peterson (1979) já avaliavam o uso de espectros ao avaliar demandas em processos produtivos quando a primeira assumia um comportamento estocástico, em especial o denominado *Expected shortage per replenishment cycle*.

2.3.3.1 Expected Shortfall

O ES em termos práticos se diferencia do VaR pois se define como a média das $\alpha 100\%$ piores perdas, onde α é o intervalo de confiança de uma distribuição de probabilidades $\mathbb{P}$, além de ser uma medida coerente para qualquer intervalo de confiança $\alpha \in [0,1]$. Em termos genéricos para a definição do ES temos $F_X(x) =$

⁴ Vale ressaltar que, o ES substituirá o VaR como medida de risco para fins de requerimento de capital para o Risco de Mercado para instituições financeiras, após as implementações por parte dos reguladores ao redor do mundo, do exposto no documento publicado pelo Comitê da Basileia no início de 2016 (BCBS, 2016).

$P[X \leq x]$ como a função de distribuição dos retornos (perda e ganhos) X de um portfólio π e a função inversa dessa função $F_X(x)$ como $F_X^{\leftarrow}(p) = \inf\{x | F_X(x) \geq p\}$. O ES é então definido conforme a Equação 12:

Equação 12 - Expected Shortfall

$$ES_{\alpha}(X) = -\frac{1}{\alpha} \int_0^{\alpha} F_X^{\leftarrow}(p) dp$$

Fonte: (ACERBI; TASCHE, 2002b)

A partir da definição do ES, Acerbi apresenta em seu trabalho toda a dedução matemática por trás da incorporação de uma função de ponderação ao ES, a partir de um elemento ϕ denominado “*risk spectrum*” e é admissível (ou seja, sua incorporação mantém a coerência do ES) caso:

- ϕ seja positivo
- ϕ seja decrescente
- $\|\phi\| = 1$

Assim, uma função de aversão a risco incorporada a uma medida coerente de risco, denominada *Spectral Risk Measure*, assume então a forma da Equação 13:

Equação 13 - Spectral Risk Measure

$$M_{\phi}(X) = - \int_0^1 F_X^{\leftarrow}(p) \phi(p) dp$$

Fonte: (ACERBI, 2002)

Como colocado por Acerbi (2002), “*any rational investor can express her subjective risk aversion by drawing a different profile for the weight function ϕ* ”.

Uma das boas características de uma medida espectral de risco, é que ela possibilita relacionar a medida de risco diretamente à aversão ao risco de seu usuário. Em outras palavras a função ϕ é uma ponderação dos quantis de uma distribuição de perdas, sendo tais pesos dependentes da aversão ao risco do usuário (DOWD; COTTER; SORWAR, 2008). Essa característica possibilita um infinito número de

medidas coerentes de risco (GIANNOPOULOS; TUNARU, 2005) para além do ES. Percisamos, no entanto, levar em consideração o apresentado por Braendtner e Kürsten (2017), ao lembrar que essa função deve ser constante em relação à distribuição de perdas, ou seja, o *risk spectrum*, não pode ser uma função baseada em variáveis aleatórias, como proposto por Wächter e Mazzoni (2013) naquela que vinha se apontando como uma das mais proeminentes das medidas espectrais de risco que propõem o uso de uma função utilidade para ponderar o espectro de risco.

2.3.3.2 Aversão Exponencial

Uma das medidas espectrais mais populares foi proposta Dows et al. (DOWD; COTTER; SORWAR, 2008) a partir de uma função utilidade, isso por poder ser algo mais natural para o investidor (BERTSIMAS; LAUPRETE; SAMAROV, 2004). A função de ponderação, nasce a partir da função objetivo exponencial da forma:

Equação 14 - Função utilidade exponencial

$$U(x) = -e^{-kx}$$

Fonte: (DOWD; COTTER; SORWAR, 2008)

Onde $k > 0$ é o coeficiente de Arrow-Pratt de aversão absoluta a risco (ARROW, 1966; PRATT, 1964) (ARA) Após a aplicação dos coeficientes, a função de ponderação se resume a:

Equação 15 – Função de ponderação exponencial (forma 1)

$$\phi(p) = \lambda e^{-k(1-p)}$$

Fonte: (DOWD; COTTER; SORWAR, 2008)

Em que λ é uma constante positiva. Ao se realizar a integração de $\phi(p)$ de 0 a 1, resolvendo para λ , temos:

Equação 16 - Constante λ

$$\lambda = \frac{k}{1 - e^{-k}}$$

Fonte: (DOWD; COTTER; SORWAR, 2008)

Substituindo a Equação 16 na Equação 15:

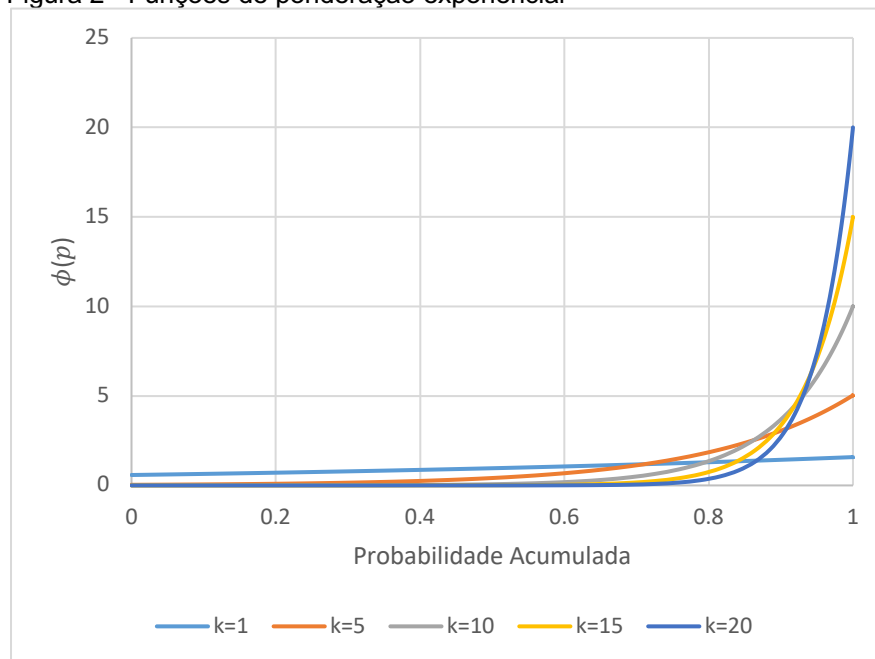
Equação 17 - Função de ponderação exponencial

$$\phi(p) = \frac{ke^{-k(1-p)}}{1 - e^{-k}}$$

Fonte: (DOWD; COTTER; SORWAR, 2008)

O coeficiente ARA (k) é maior quanto maior a aversão a risco. De forma ilustrativa, a Figura 2 mostra o comportamento da função de ponderação exponencial, dada uma distribuição cumulativa de probabilidade:

Figura 2 - Funções de ponderação exponencial



Fonte: O Autor. Adaptado de (DOWD; COTTER; SORWAR, 2008)

Finalmente, ao levarmos a Equação 17 na Equação 13, temos a medida espectral de risco $M_\phi(X)$ para uma ponderação exponencial, de agora em diante referida como EW-SRM, dado um coeficiente de aversão ao risco:

Equação 18 - Medida espectral de risco exponencialmente ponderada

$$M_{\phi}(X) = -\frac{k}{1 - e^{-k}} \int_0^1 F_X^{\leftarrow}(p) e^{-k(1-p)} dp$$

Fonte: O Autor. Adaptada de (ACERBI, 2002) e de (DOWD; COTTER; SORWAR, 2008)

Outras medidas espectrais, ou especificamente funções de ponderação são apresentados na literatura, como em (ABAD; IYENGAR, 2015), que apresentam um algoritmo de solução de medidas espectrais a partir da média-variância, (ADAM; HOUKARI; LAURENT, 2008) que compara medidas espectrais com medidas de distorção, (BEE; DUPUIS; TRAPIN, 2016) que avalia medidas espectrais para *high frequency trading*, (STREPPARAVA, 2009) com a implementação de algoritmos para a otimização de portfólios com medias espectrais. Neste trabalho optou-se por restringir a avaliação às medidas anteriormente apresentadas neste capítulo.

Após a apresentação das medidas de risco, objeto de estudo deste trabalho, apresentaremos os procedimentos metodológicos que serão utilizados para compará-las, como proposto nos objetivos gerais e específicos. Os tópicos serão apresentados conforme uma ordem lógica de aplicação no modelo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 AMOSTRA

As séries de preços utilizadas neste trabalho foram obtidas a partir da plataforma *Eikon*⁵ da Thompson Reuters, para o período compreendido entre 02/01/2002 e 31/07/2017. Foram utilizados os valores de fechamento diários (para os dias de semana) das moedas detalhadas no Quadro 1, para a referência utilizada nas cotações WM/R *Reuters*⁶, uma vez que os mercados de câmbio globais operam de forma constante nos dias de semana.

Quadro 1 - Lista de moedas

Código ISO	País da Moeda
ARS	Argentina
AUD	Austrália
BRL	Brasil
CAD	Canadá
CNY	China
EUR	Zona do Euro
GBP	Reino Unido
IDR	Indonésia
INR	Índia
JPY	Japão
KRW	Coréia do Sul
MXN	México
RUB	Rússia
SAR	Arábia Saudita
TRY	Turquia
USD	Estados Unidos
XAU*	Ouro
ZAR	África do Sul

Fonte: O Autor

⁵ Informações acerca do sistema disponíveis em: <https://financial.thomsonreuters.com/en/products/tools-applications/trading-investment-tools/eikon-trading-software.html>

⁶ *Fixing* de cotações de câmbio à vista (*spot*) realizado às 16h pelo horário de Londres.

Para as cotações das moedas GBP (Libra Esterlina), AUD (Dólar Australiano) as cotações foram invertidas, uma vez que não são denominadas em relação ao USD (Dólar Norte-Americano), mas o oposto. Os valores foram truncados na quinta casa decimal.

O mesmo foi feito para o XAU (Ouro), porém para este, o número de casas decimais utilizado foi de 10 casas. Dessa forma todas as moedas do estudo ficaram denominadas na relação de 1 unidade de USD para a compra de certo valor de unidades da moeda.

Caso o valor de fechamento de uma determinada moeda para uma determinada data não existisse, foi repetido o valor de fechamento disponível para a primeira data imediatamente anterior ao dado ausente. Após esse tratamento, a base apresentou um total de 3.922 observações para cada moeda.

Após esse tratamento, a amostra foi importada para o aplicativo MatLab R2017b, através da toolbox *Financial Time Series*.

Em seguida foram calculados os retornos logarítmicos para cada uma das moedas, para cada data, de acordo com o exposto no item 2.1.

Para as séries de retorno, foram apuradas as estatísticas descritivas e realizados os testes de normalidade de Jarque-Bera, Lilliefors e Kolmogorov-Smirnov.

3.2 ESTIMATIVA DOS RETORNOS, DAS VOLATILIDADES E MATRIZES DE CORRELAÇÃO

A partir dos retornos diários foram estimados os retornos e as volatilidades diárias em $t+1$, com janelas de 252 dias utilizando os método ARIMA(1,0,0) e Média Móvel Exponencial para os retornos e o método GARCH(1,1) para as volatilidades. Os modelos foram aplicados conforme descrito nos itens 2.1.1, 2.1.2 e 2.2.1 respectivamente. Uma janela mínima de 252 dias (um ano) decorre das requisições regulatórias para apuração do VaR. A partir dessas janelas, a data inicial das estimativas foi 02/01/2003. Com isso, um total de 7.340 estimativas de retornos e 3.670 estimativas de volatilidades diárias foram realizadas para cada moeda, ou seja, um total de 187.170 pontos de predição.

Ainda sobre os retornos logarítmicos, foram calculadas as matrizes de correlação diárias para t , para as mesmas janelas utilizadas na estimativa da volatilidade, para cada data de estimativa.

3.3 PORTFÓLIOS

A partir dos vetores diários das volatilidades estimadas para $t+1$, são apurados os valores de ponderação em $t+1$ para cada uma das moedas na composição de um portfólio teórico de moedas. Essa composição é aquela que visa maximizar a relação de Risco (VaR, ES e EW-SRM) sobre o retorno histórico dentro da janela de estimativa da volatilidade.

O VaR foi apurado para o nível de confiança de 95%, para um *holding period* de 1 dia.

Tanto o ES quanto a EW-SRM foram apuradas com um nível de confiança de 95%, também para *holding period* de 1 dia.

Para a EW-SRM, foram utilizados os valores de $k=5$ e $k=25$ como utilizado em (DOWD; COTTER; SORWAR, 2008).

Para a montagem dos portfólios só foram admitidas posições compradas (não alavancagem) para um patrimônio equivalente a 1 unidade, ou seja, a soma das composições deveria ser igual a 1, garantindo que todo o recurso existente estaria alocado no portfólio.

3.4 TESTE DE EFETIVIDADE

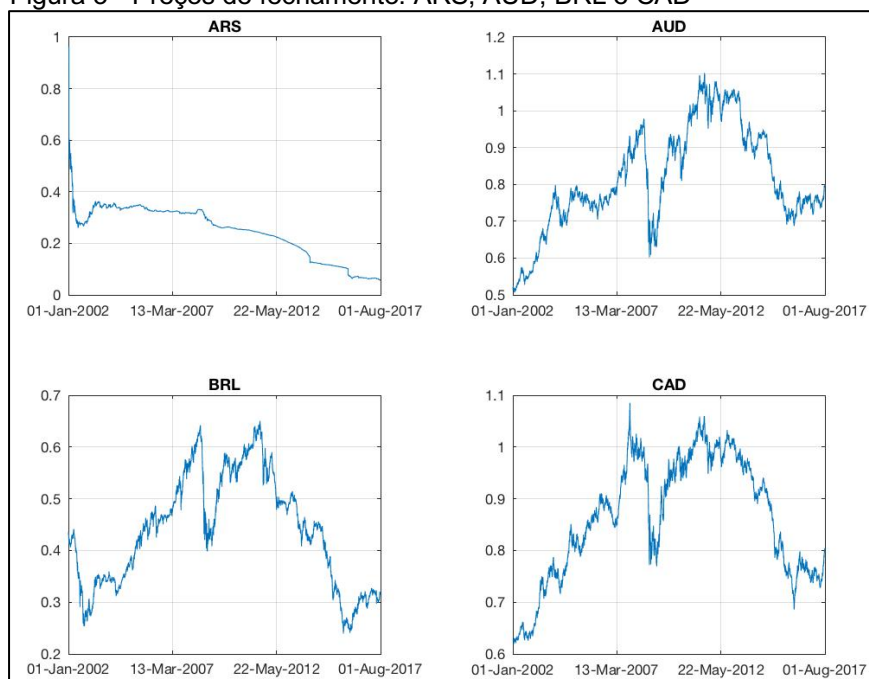
A partir das carteiras montadas para cada uma das medidas de risco, para todas as simulações, foi calculado o PnL hipotético para $t+1$ da data da carteira. Tais resultados foram então comparados entre os resultados para cada uma das medidas a partir dos resíduos (hipotético versus observado) para cada portfólio gerado para a data $t+1$. Foi utilizada a raiz do erro médio quadrado para a apuração do erro de predição. Ao final avaliou-se ainda qual medida de risco apresentou o melhor retorno ao longo do tempo levando em consideração o erro de estimativa.

Para toda a execução deste trabalho foi utilizado o software MatLab R2017b em um MacBook Pro, com processador i7 de 2.8GHz e 16GB de memória RAM. Os códigos utilizados estão disponíveis no APÊNDICE A.

4 RESULTADOS OBTIDOS

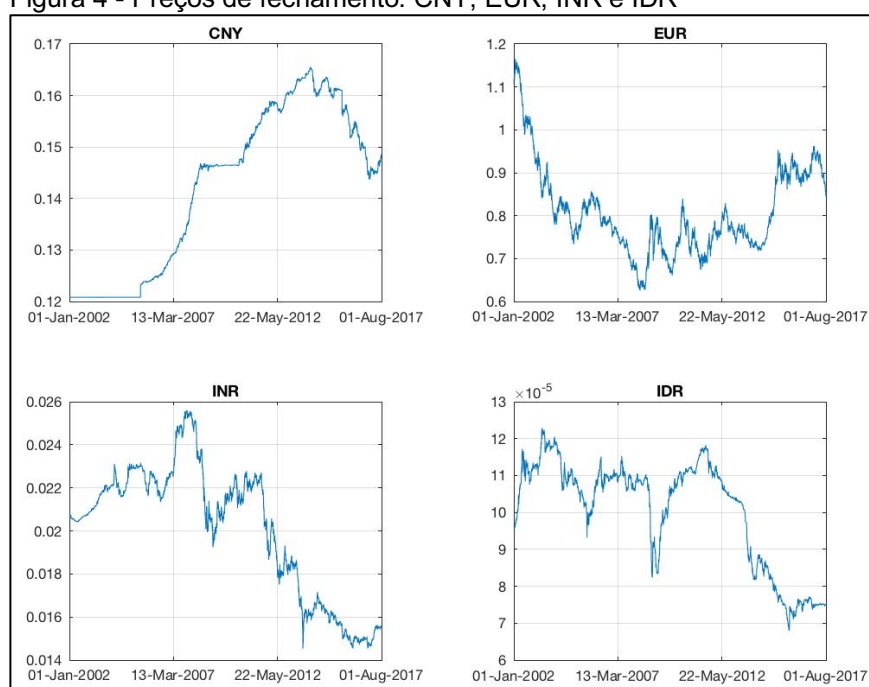
Abaixo, nas figuras Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6 e Figura 7 são apresentados os gráficos com os preços de fechamento de cada uma das moedas em relação ao dólar americano (USD):

Figura 3 - Preços de fechamento: ARS, AUD, BRL e CAD



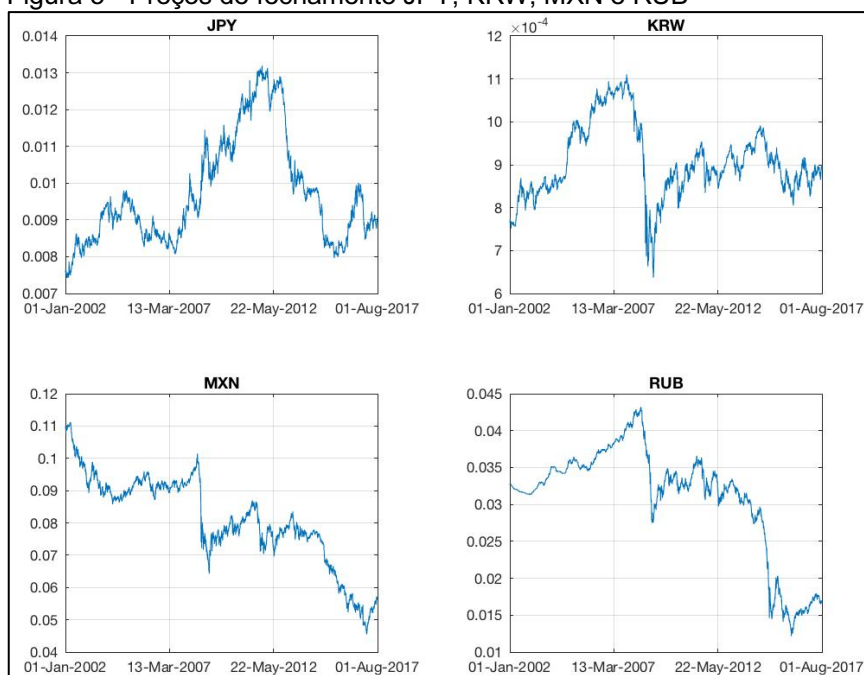
Fonte: O Autor

Figura 4 - Preços de fechamento: CNY, EUR, INR e IDR



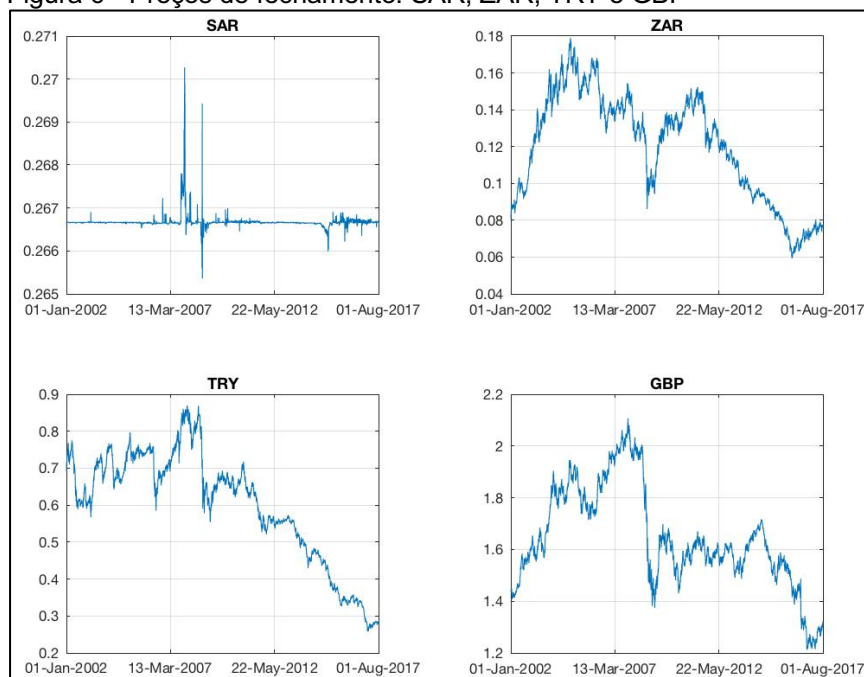
Fonte: O Autor

Figura 5 - Preços de fechamento JPY, KRW, MXN e RUB



Fonte: O Autor

Figura 6 - Preços de fechamento: SAR, ZAR, TRY e GBP



Fonte: O Autor

Na série de preços de fechamento para o ARS (Figura 3) é possível observar no início da série uma redução vertiginosa, já que até o início de 2002 a moeda tinha paridade para o USD, e a partir daquele ano, ela passou a ter um efeito de preço à mercado. Comportamento similar, porém, em direção contrária, pode ser observado nos preços de fechamento do CNY (Figura 4). A valorização do luan era represada

pelo governo chinês, e apesar de ainda sofrer controle de variação, é possível observar sua valorização frente ao USD ao longo do tempo, em linha com o crescimento da economia daquele país.

Figura 7 - Preços de fechamento: XAU

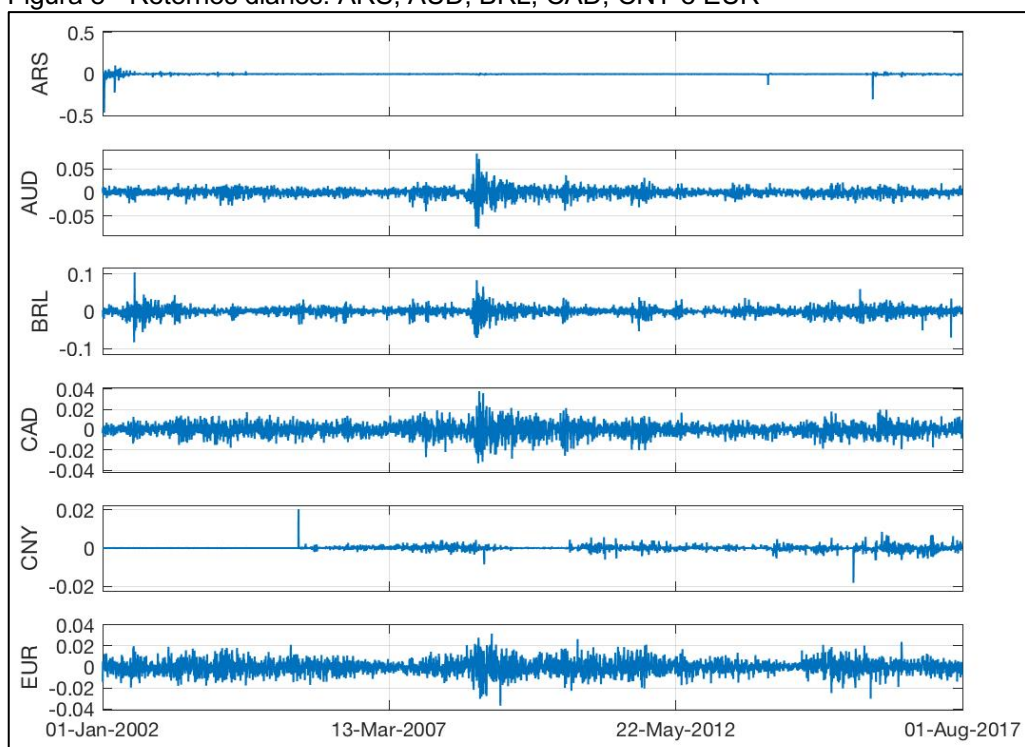


Fonte: O Autor

Outra série de preços a ser destacada é a do SAR, que sofre controle rígido do governo Saudita desde a década de 1980. O controle monetário, em conjunto com controle fiscal são as ferramentas que aquele país utiliza para manutenção da inflação. Tal controle é possível, pois a Arábia Saudita possui reservas substanciais de dólares, advindos especialmente da exportação de petróleo aos Estados Unidos (BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS, 2013).

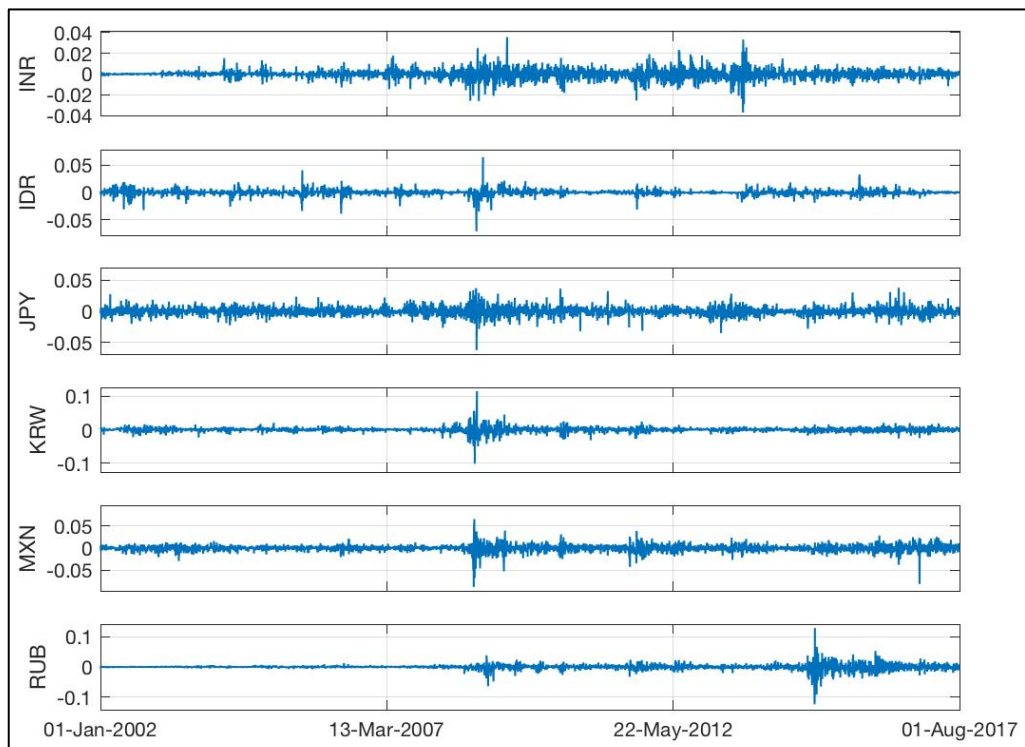
Como é possível verificar visualmente, as séries não apresentam estacionariedade, e conforme explicado no item 2.1, a partir das séries de preços foram obtidos os retornos contínuos (assim considerados por se tratarem de retornos diários em uma série longa), a partir das diferenças de seus logaritmos. As figuras Figura 8, Figura 9 e Figura 10 apresentam tais retornos. Como explicado anteriormente, os comportamentos de controle monetário podem ser observados nas séries dos retornos das moedas ARS, CNY e SAR que apresentam comportamento de baixa volatilidade nos períodos de controle. Para o CNY e o ARS é possível observar o aumento da volatilidade mais ao final das séries, quando mais recentemente, as cotações dessas moedas tiveram seus controles mais flexibilizados.

Figura 8 - Retornos diários: ARS, AUD, BRL, CAD, CNY e EUR



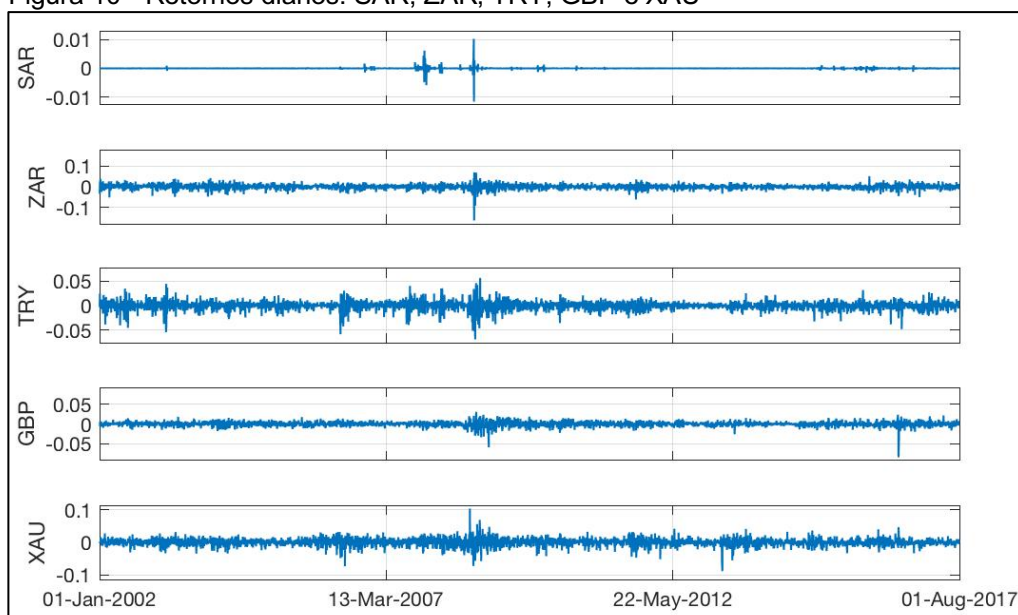
Fonte: O Autor

Figura 9 - Retornos diários: INR, IDR, JPY, KRW, MXN e RUB



Fonte: O Autor

Figura 10 - Retornos diários: SAR, ZAR, TRY, GBP e XAU



Fonte: O Autor

É possível observar nas séries de retornos as presenças de *clusters* de volatilidade ao longo do tempo, o que possibilita o uso do modelo GARCH como estimador da volatilidade dos retornos, conforme apresentado no item 2.2.1.

Apesar das estimativas das volatilidades diárias terem sido realizadas para janelas móveis de 252 dias, a seguir são exibidos os histogramas dos retornos das séries completas e suas estatísticas descritivas, incluindo seus quatro momentos.

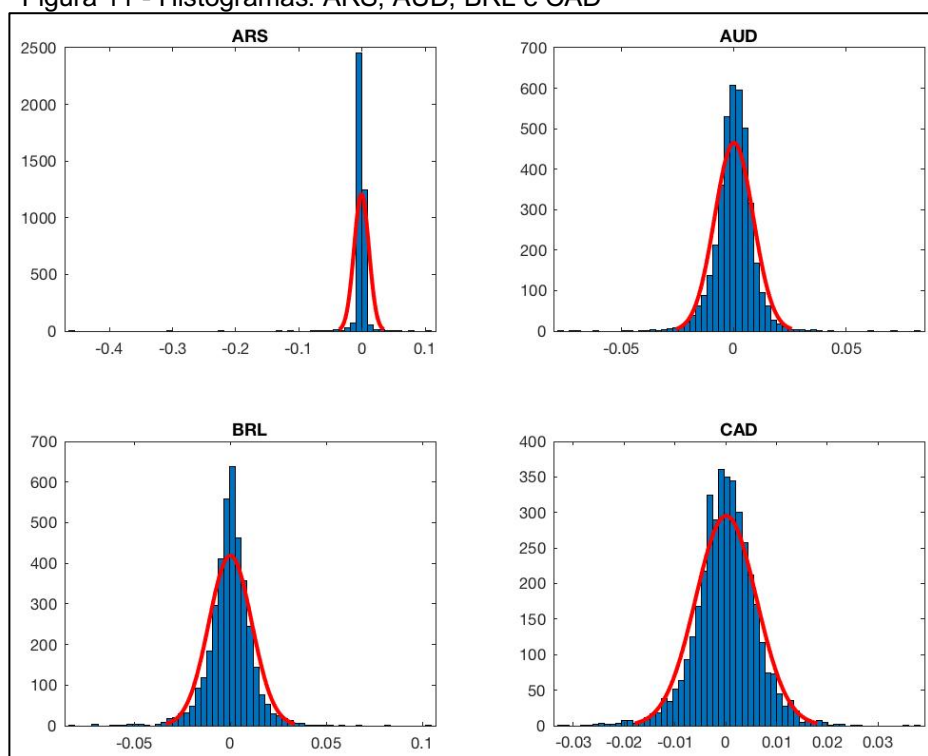
Tabela 1 - Estatísticas descritivas das séries de retornos por moeda

Row	Media	Variancia	DesvPad	Kurtosis	Skewness	Maximo	Minimo	Acumulado
ARS	-0.000722	0.000139	0.011792	749.982357	-21.748678	0.103598	-0.461555	-2.830948
AUD	0.000115	0.000073	0.008573	14.685083	-0.484898	0.082218	-0.076444	0.449281
BRL	-0.000077	0.000125	0.011164	10.415901	-0.230067	0.104069	-0.083009	-0.302475
CAD	0.000062	0.000036	0.005986	5.605891	-0.154211	0.037665	-0.032986	0.243501
CNY	0.000053	0.000001	0.001133	53.741180	0.292474	0.020322	-0.018161	0.207749
EUR	-0.000073	0.000040	0.006314	4.806318	0.001755	0.031771	-0.037188	-0.284983
INR	-0.000073	0.000020	0.004429	10.891908	-0.180968	0.035512	-0.037014	-0.286799
IDR	-0.000064	0.000024	0.004941	29.944998	-0.458401	0.064998	-0.071728	-0.252580
JPY	0.000045	0.000044	0.006604	7.811440	0.039919	0.037831	-0.062151	0.177244
KRW	0.000041	0.000050	0.007089	38.391215	0.096636	0.114814	-0.101352	0.160416
MXN	-0.000170	0.000056	0.007497	17.948518	-1.053652	0.065352	-0.087728	-0.665197
RUB	-0.000172	0.000071	0.008429	40.549206	-0.517834	0.128771	-0.123975	-0.673728
SAR	0.000000	0.000000	0.000377	432.743353	-2.226550	0.010320	-0.011652	0.000053
ZAR	-0.000024	0.000139	0.011780	14.529151	-0.913182	0.069227	-0.162134	-0.095181
TRY	-0.000228	0.000081	0.008994	8.620422	-0.660084	0.056825	-0.069217	-0.893335
GBP	-0.000024	0.000037	0.006060	16.319661	-1.160362	0.030429	-0.084098	-0.095837
XAU	0.000387	0.000133	0.011525	8.315026	-0.325700	0.103919	-0.088787	1.515888

Fonte: O Autor

Observou-se que todas as séries são leptocúrticas, o que fortaleceu a opção pelo uso do GARCH para a estimativa de volatilidade. Ainda sobre o quarto momento central, observou-se que aquelas moedas comentadas anteriormente como aquelas que sofreram intervenção de seus respectivos emissores, são aquelas que apresentam maior curtose, ou seja, há um número muito maior de retornos em torno da média (primeiro momento). Isso pode ser visualmente observado nas figuras Figura 11 (ARS), Figura 12 (CNY) e Figura 14 (SAR). Ainda na figura Figura 11 também é possível observar para o ARS o efeito do terceiro momento, ou sua obliquidade (skewness) negativa.

Figura 11 - Histogramas: ARS, AUD, BRL e CAD

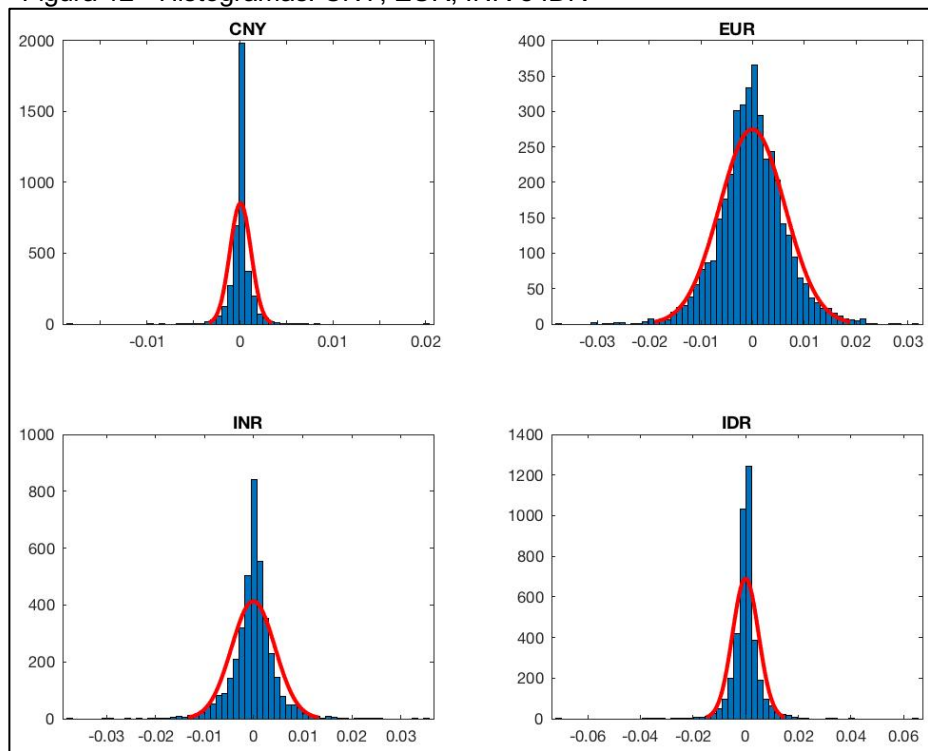


Fonte: O Autor

Outra observação interessante é quanto aos retornos acumulados. O ARS foi aquele que apresentou maior retorno negativo em relação ao USD nesse período, devido à desindexação ocorrida no início do período da amostra. Na outra ponta, o ouro (XAU) apresentou maior valorização acumulada frente ao USD. É possível observar que essa valorização é mais acentuada a partir de 2008, atingindo seu pico de preço em setembro de 2011 e em seguida passa por período de desvalorização. Esse movimento reflete o uso do ouro como reserva de valor com aumento no seu valor durante o período de impactos da crise financeira mundial de 2008 e redução

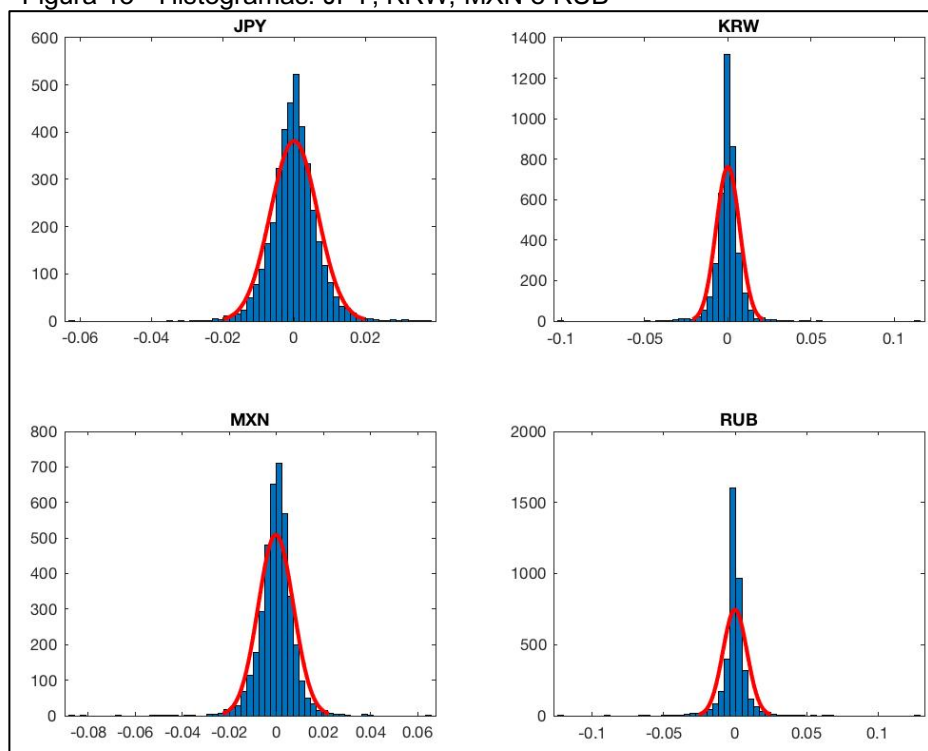
quando do movimento de recuperação econômica. Os retornos acumulados das séries são apresentados de forma comparativa entre as séries na Figura 16.

Figura 12 - Histogramas: CNY, EUR, INR e IDR



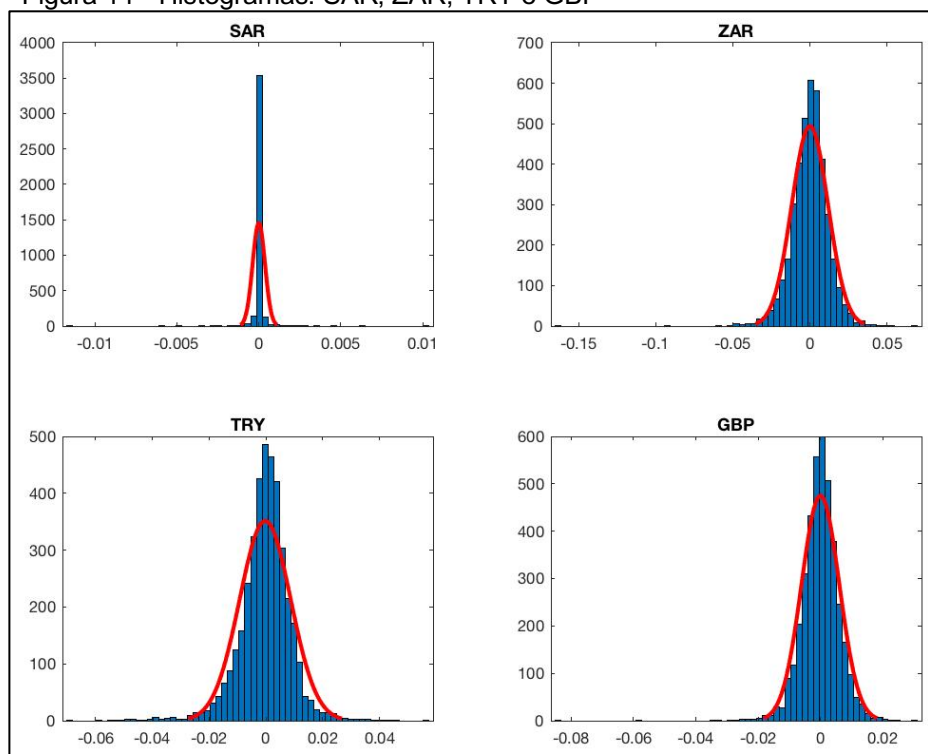
Fonte: O Autor

Figura 13 - Histogramas: JPY, KRW, MXN e RUB



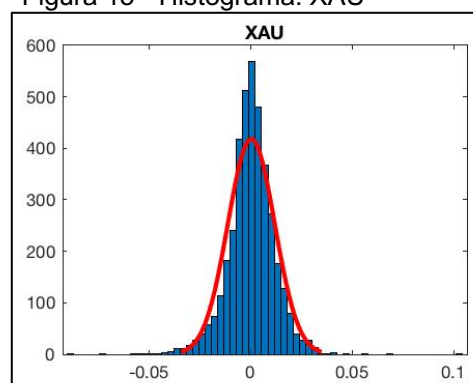
Fonte: O Autor

Figura 14 - Histogramas: SAR, ZAR, TRY e GBP



Fonte: O Autor

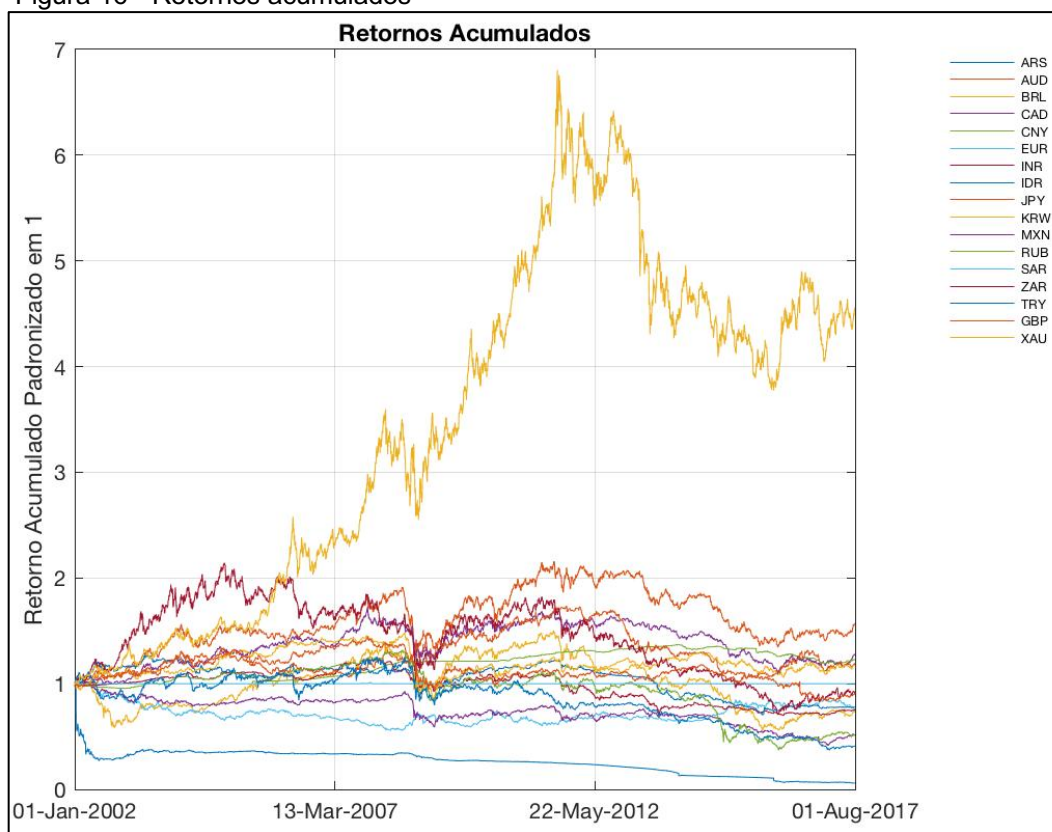
Figura 15 - Histograma: XAU



Fonte: O Autor

Ainda que, como já comentado anteriormente, as séries base para este trabalho tenham sido retiradas das séries completas em janelas de 252 observações diárias, foram realizados os testes de normalidade sobre as séries completas de retornos. Os resultados são apresentados a seguir para os testes de Jarque-Bera (Tabela 2) e Lilliefors (Tabela 3). Todos os testes foram realizados para um grau de confiança de 95%.

Figura 16 - Retornos acumulados



Fonte: O Autor

Tabela 2 - Teste de Jarque-Bera

Row	H	pValue	TestStat	CriticalValue
ARS	Reject H0	0	91492851.050378	5.702359
AUD	Reject H0	0	22466.794361	6.167535
BRL	Reject H0	0	9021.793917	6.355832
CAD	Reject H0	0	1125.253386	5.734790
CNY	Reject H0	0	420799.464111	5.888240
EUR	Reject H0	0	533.195245	6.384409
INR	Reject H0	0	10199.358210	5.740535
IDR	Reject H0	0	118783.238799	5.588480
JPY	Reject H0	0	3784.129358	6.101388
KRW	Reject H0	0	204691.701294	6.008116
MXN	Reject H0	0	37242.484363	5.510957
RUB	Reject H0	0	230583.447545	5.692598
SAR	Reject H0	0	30182924.264451	5.964315
ZAR	Reject H0	0	22266.652236	5.914638
TRY	Reject H0	0	5447.001366	5.831743
GBP	Reject H0	0	29872.422487	6.247808
XAU	Reject H0	0	4685.779910	6.391424

Fonte: O Autor

Tabela 3 - Teste de Lilliefors

Row	H	pValue	TestStat	CriticalValue
ARS	Reject H0	0	0.307954	0.014262
AUD	Reject H0	0	0.069618	0.014369
BRL	Reject H0	0	0.073197	0.014684
CAD	Reject H0	0	0.045822	0.014434
CNY	Reject H0	0	0.169055	0.014587
EUR	Reject H0	0	0.040693	0.014758
INR	Reject H0	0	0.099126	0.014377
IDR	Reject H0	0	0.125837	0.014614
JPY	Reject H0	0	0.050328	0.014580
KRW	Reject H0	0	0.104323	0.014328
MXN	Reject H0	0	0.071672	0.014242
RUB	Reject H0	0	0.158790	0.014382
SAR	Reject H0	0	0.330479	0.014144
ZAR	Reject H0	0	0.044194	0.014026
TRY	Reject H0	0	0.074683	0.014489
GBP	Reject H0	0	0.049332	0.014193
XAU	Reject H0	0	0.063904	0.014859

Fonte: O Autor

Foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para grau de confiança de 95% para uma distribuição normal de média 0 e variância 1 e, assim como nos demais testes, rejeitou-se a hipótese nula de normalidade.

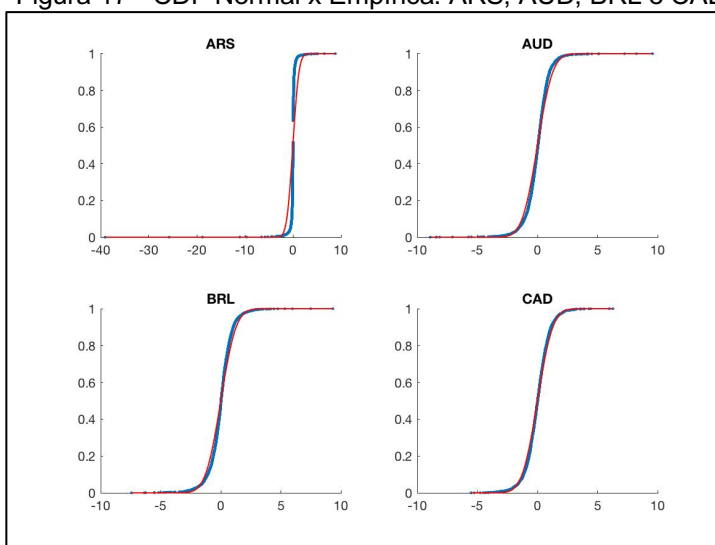
Tabela 4 - Teste de Kolmogorov-Smirnov

Row	H	pValue	TestStat	CriticalValue
ARS	Reject H0	0	0.307954	0.021643
AUD	Reject H0	0	0.069618	0.021643
BRL	Reject H0	0	0.073197	0.021643
CAD	Reject H0	0	0.045822	0.021643
CNY	Reject H0	0	0.169055	0.021643
EUR	Reject H0	0	0.040693	0.021643
INR	Reject H0	0	0.099126	0.021643
IDR	Reject H0	0	0.125837	0.021643
JPY	Reject H0	0	0.050328	0.021643
KRW	Reject H0	0	0.104323	0.021643
MXN	Reject H0	0	0.071672	0.021643
RUB	Reject H0	0	0.158790	0.021643
SAR	Reject H0	0	0.330479	0.021643
ZAR	Reject H0	0	0.044194	0.021643
TRY	Reject H0	0	0.074683	0.021643
GBP	Reject H0	0	0.049332	0.021643
XAU	Reject H0	0	0.063904	0.021643

Fonte: O Autor

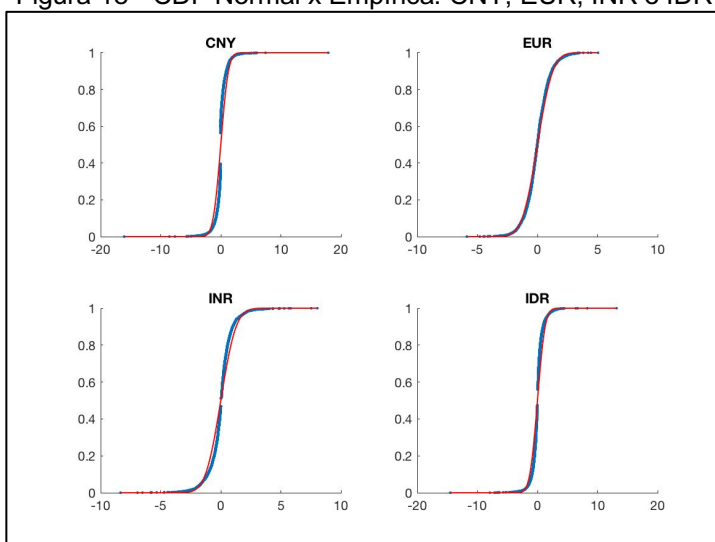
Também foram gerados os gráficos de comparação das distribuições acumuladas normal padrão e a distribuição empírica ajustada ($\mu = 0$ e $\sigma^2 = 1$). Os gráficos para cada série são apresentados nas figuras Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21.

Figura 17 - CDF Normal x Empírica: ARS, AUD, BRL e CAD



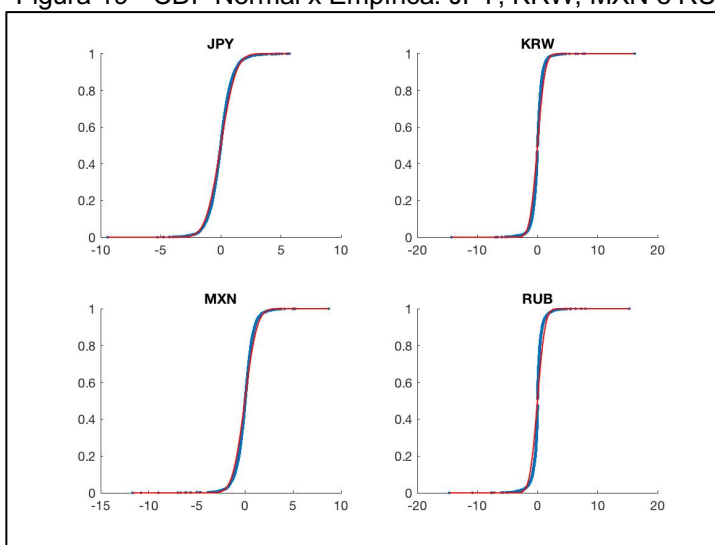
Fonte: O Autor

Figura 18 - CDF Normal x Empírica: CNY, EUR, INR e IDR



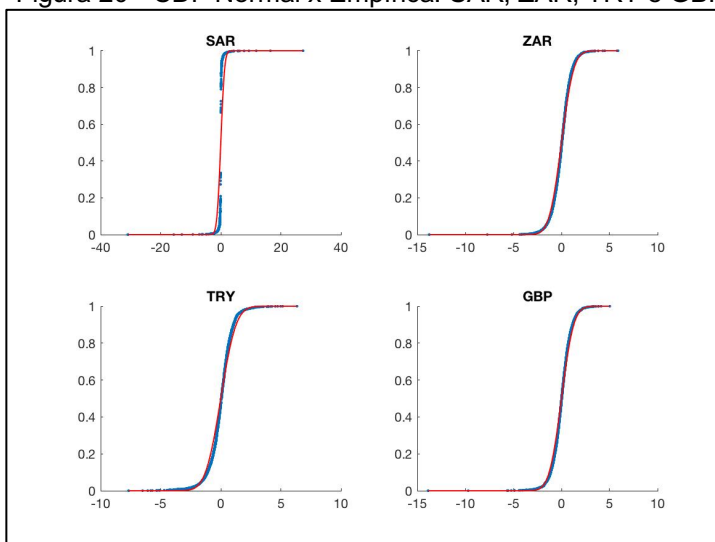
Fonte: O Autor

Figura 19 - CDF Normal x Empírica: JPY, KRW, MXN e RUB



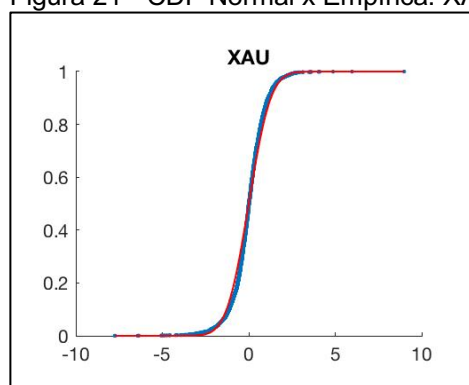
Fonte: O Autor

Figura 20 - CDF Normal x Empírica: SAR, ZAR, TRY e GBP



Fonte: O Autor

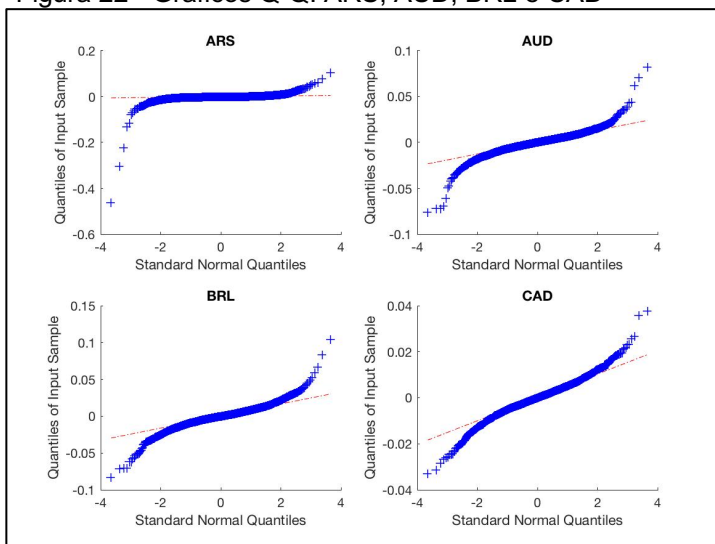
Figura 21 - CDF Normal x Empírica: XAU



Fonte: O Autor

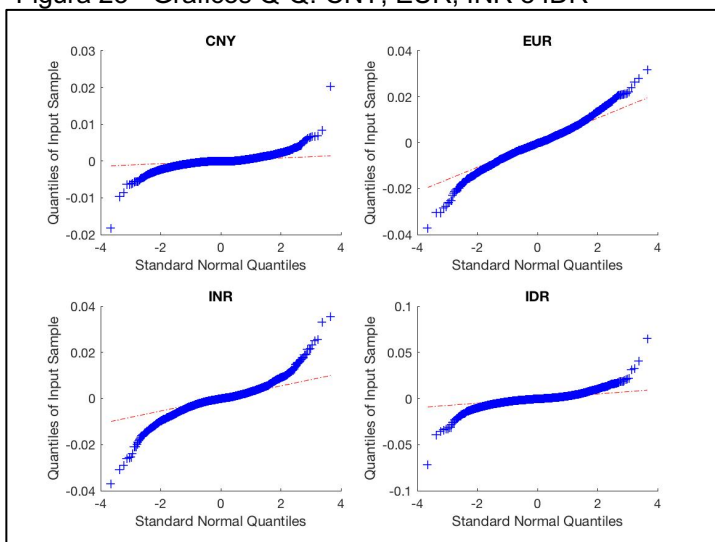
Finalmente ainda quanto às características das distribuições dos retornos, foram gerados os gráficos Q-Q das distribuições dos retornos contra a distribuição normal padrão. Tais gráficos são apresentados nas figuras Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25 e Figura 26.

Figura 22 - Gráficos Q-Q: ARS, AUD, BRL e CAD



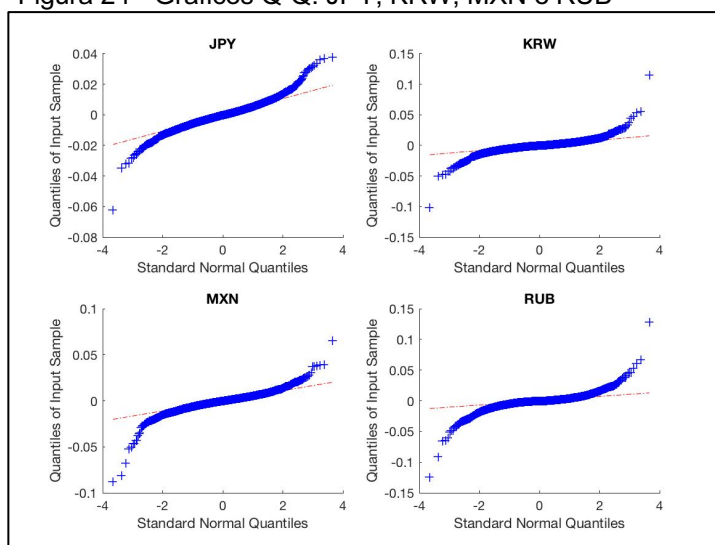
Fonte: O Autor

Figura 23 - Gráficos Q-Q: CNY, EUR, INR e IDR



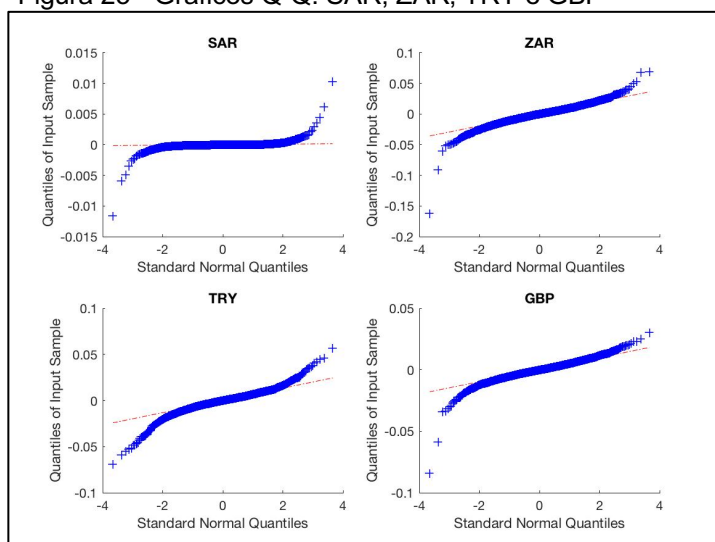
Fonte: O Autor

Figura 24 - Gráficos Q-Q: JPY, KRW, MXN e RUB



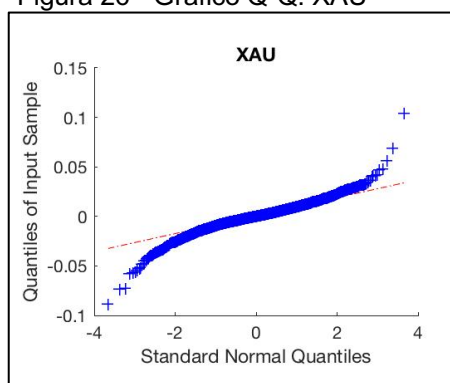
Fonte: O Autor

Figura 25 - Gráficos Q-Q: SAR, ZAR, TRY e GBP



Fonte: O Autor

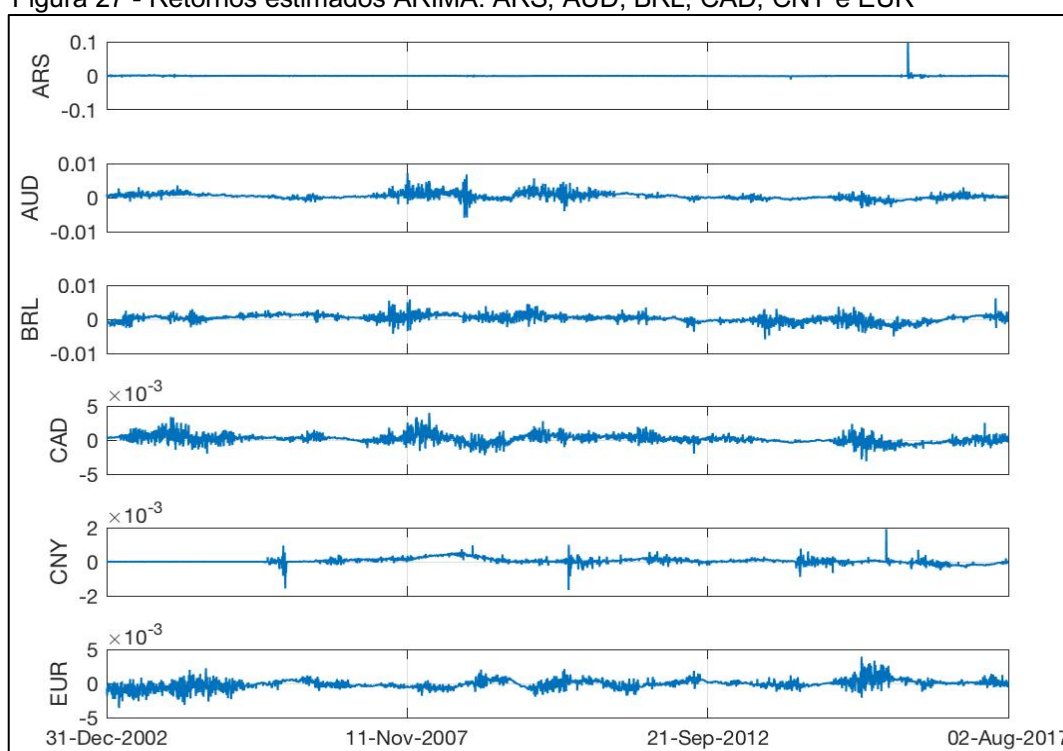
Figura 26 - Gráfico Q-Q: XAU



Fonte: O Autor

Ainda que a hipótese nula de normalidade tenha sido rejeitada para a série completa, cada uma das 3670 janelas distintas para cada uma das moedas avaliadas, perfazendo um total de 62.390 janelas de estimativa diferentes, para as estimativas de retorno e volatilidade, como exposto nos itens 2.1.1 e 2.2, cada série foi avaliada como seguindo uma distribuição do tipo t , com respectivos graus de liberdade estimados pelo modelo ARIMA (durante a estimativa dos retornos). Os resultados dos retornos médios estimados para cada uma das séries são exibidos nas figuras Figura 27 a Figura 29.

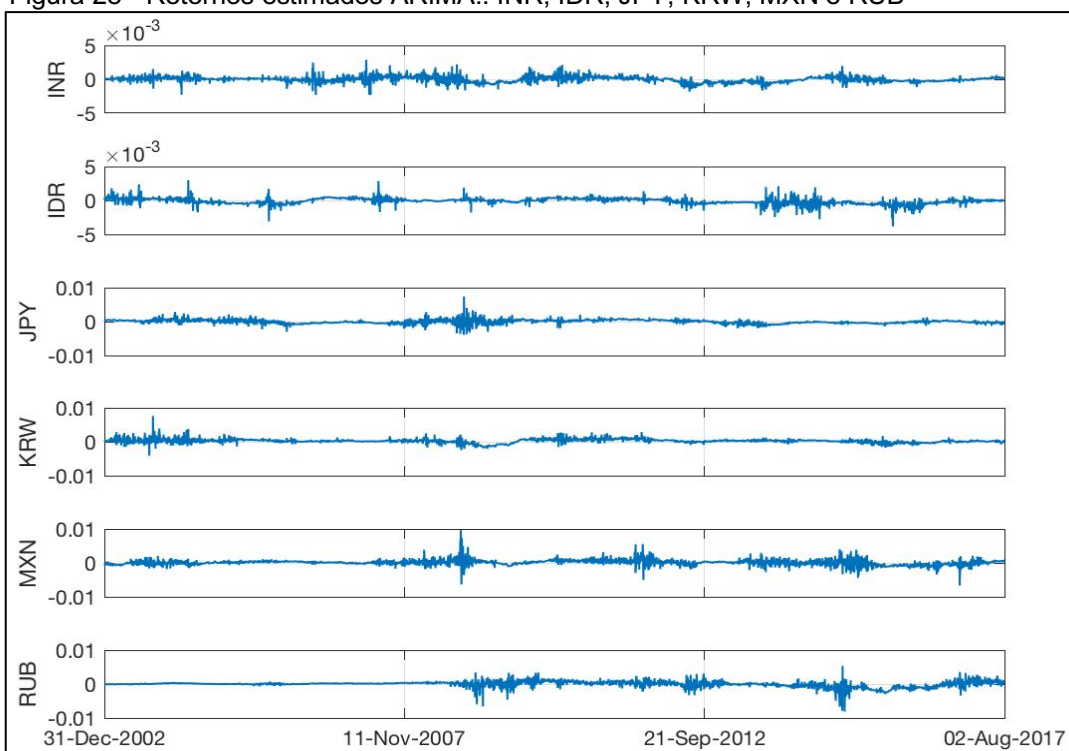
Figura 27 - Retornos estimados ARIMA: ARS, AUD, BRL, CAD, CNY e EUR



Fonte: O Autor

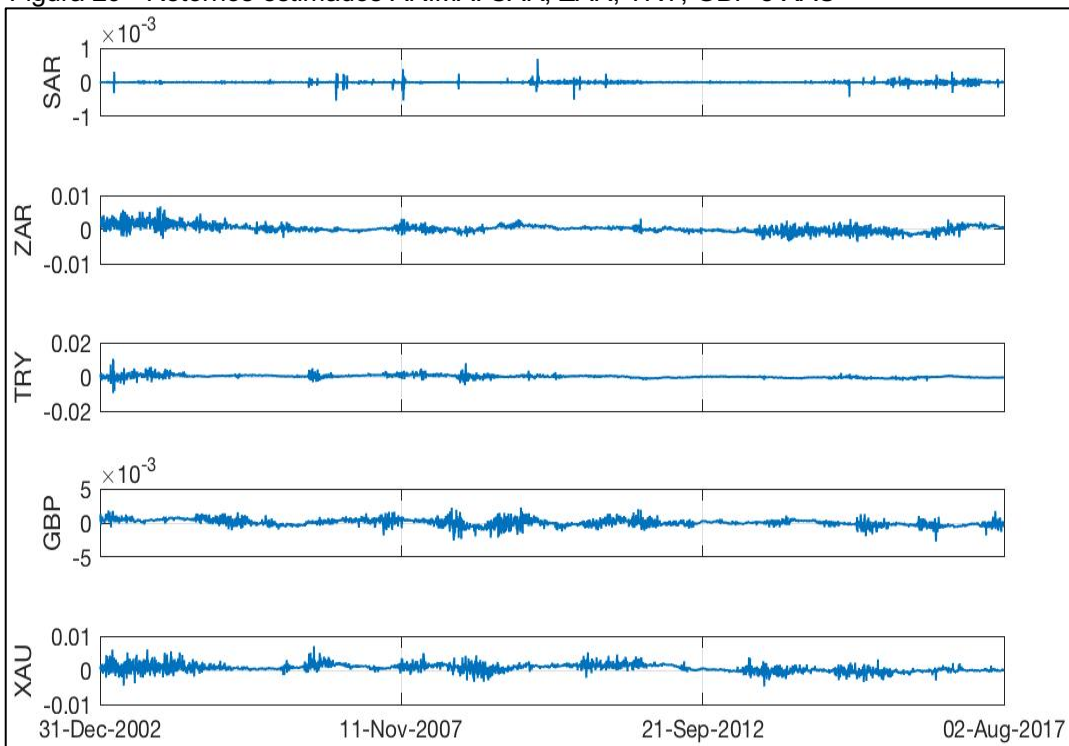
Também foram estimados retornos a partir da média móvel ponderada exponencialmente, conforme de acordo com o item 2.1.2.. Como esperado os comportamentos das séries de retornos dos dois modelos apresentaram comportamentos diferentes. É possível observar que as séries de retornos pelo modelo ARIMA apresentaram tendências e clusters. As séries dos retornos estimados pela média móvel exponencial apresentam um comportamento mais estacionário e amplitudes maiores.

Figura 28 - Retornos estimados ARIMA:: INR, IDR, JPY, KRW, MXN e RUB



Fonte: O Autor

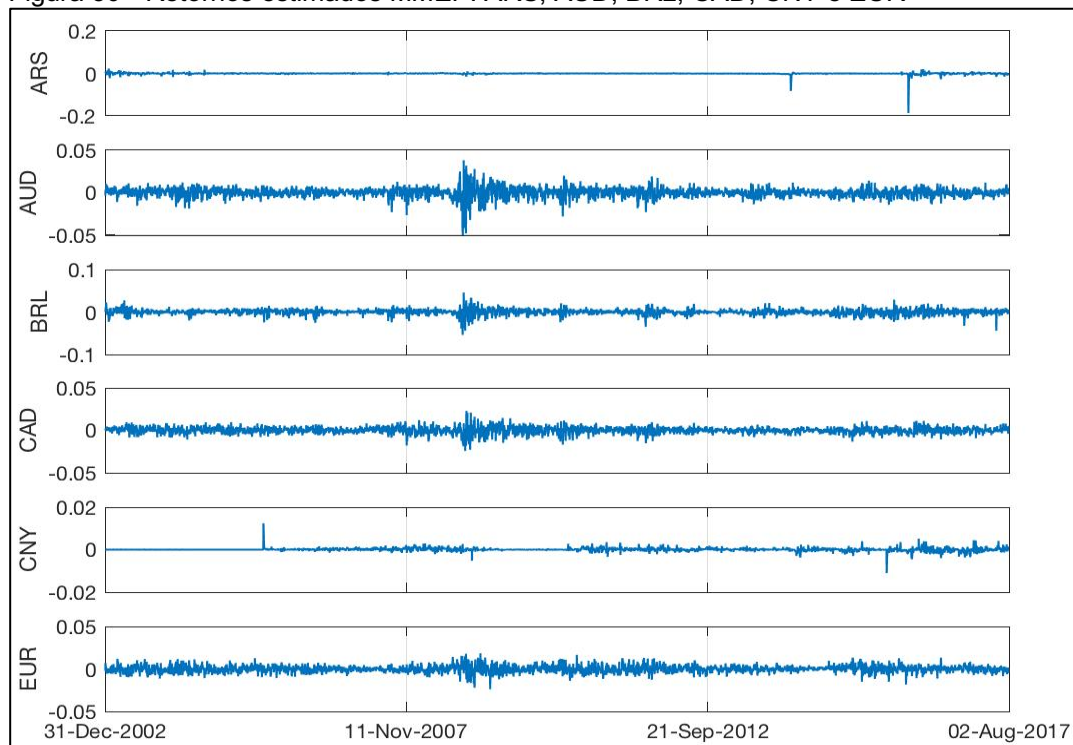
Figura 29 - Retornos estimados ARIMA: SAR, ZAR, TRY, GBP e XAU



Fonte: O Autor

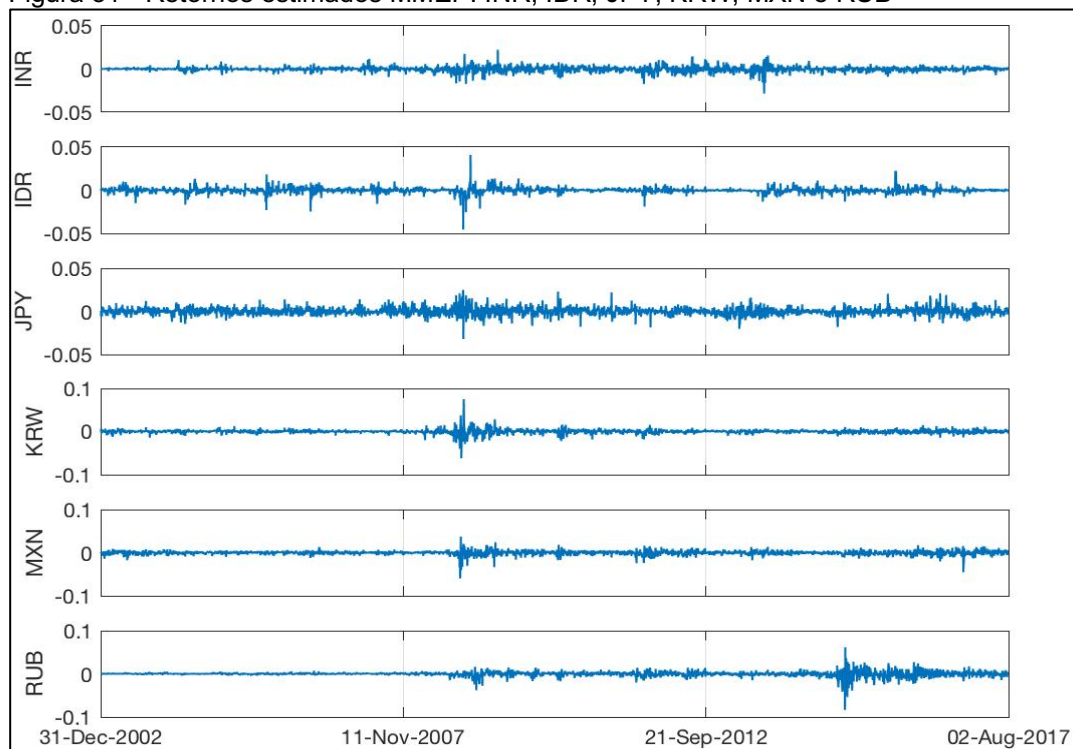
As figuras Figura 30 a Figura 32 aprestam os gráficos dos retornos diários estimados pela média móvel exponencialmente ponderada.

Figura 30 - Retornos estimados MMEP: ARS, AUD, BRL, CAD, CNY e EUR



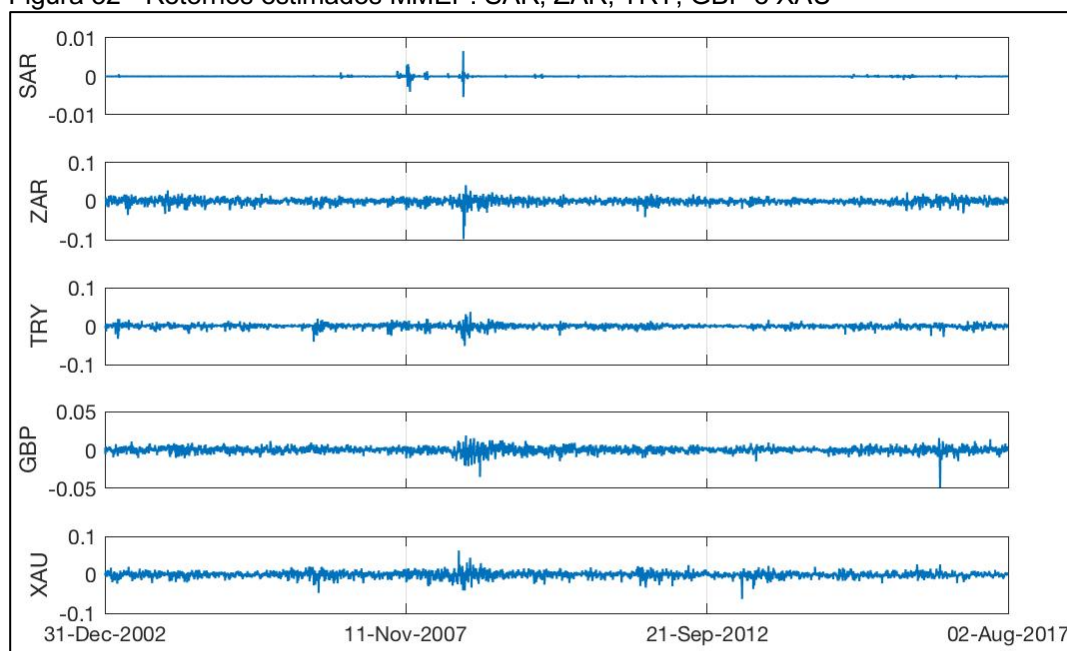
Fonte: O Autor

Figura 31 - Retornos estimados MMEP: INR, IDR, JPY, KRW, MXN e RUB



Fonte: O Autor

Figura 32 - Retornos estimados MMEP: SAR, ZAR, TRY, GBP e XAU

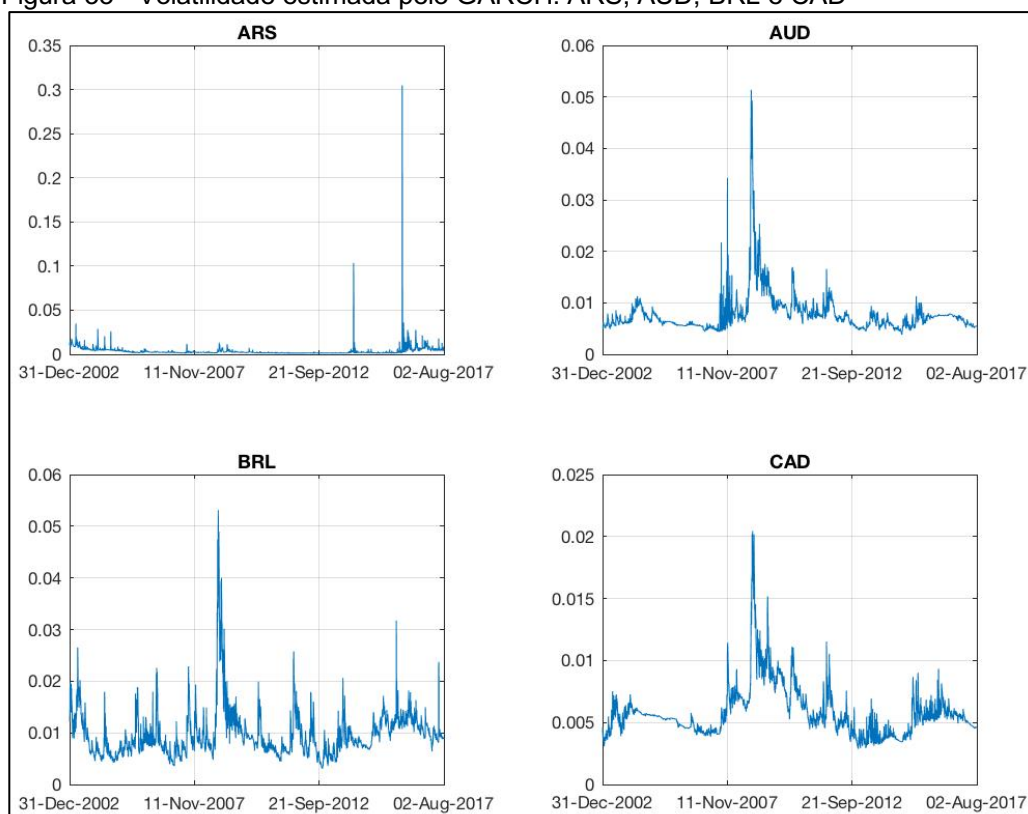


Fonte: O Autor

Em seguida, são apresentados os valores obtidos para as estimativas diárias da volatilidade pelo modelo GARCH (1,1), considerando-se distribuições do tipo t , cada qual com os graus de liberdade estimados a partir da execução do modelo ARIMA. Os dois passos (GARCH e ARIMA) foram aqueles de maior demanda computacional, uma vez que para cada modelo, os parâmetros são obtidos a partir de modelos de otimização, onde os parâmetros vão sendo ajustados de modo a minimizar o erro (resíduo) de cada um dos modelos. Como já apresentado anteriormente, foram executadas estimativas para 62.390 janelas distintas (número de datas estimadas vezes a quantidade de moedas avaliadas). Para cada uma dessas estimativas, foram executados 3.000 passos de otimização para o ARCH e 3.000 para o GARCH. Com isso, foi executado um total de 374.340.000 de ciclos de cálculo, o que demandou 13h18min de processamento, realizados em 4 clusters de processamento paralelo.

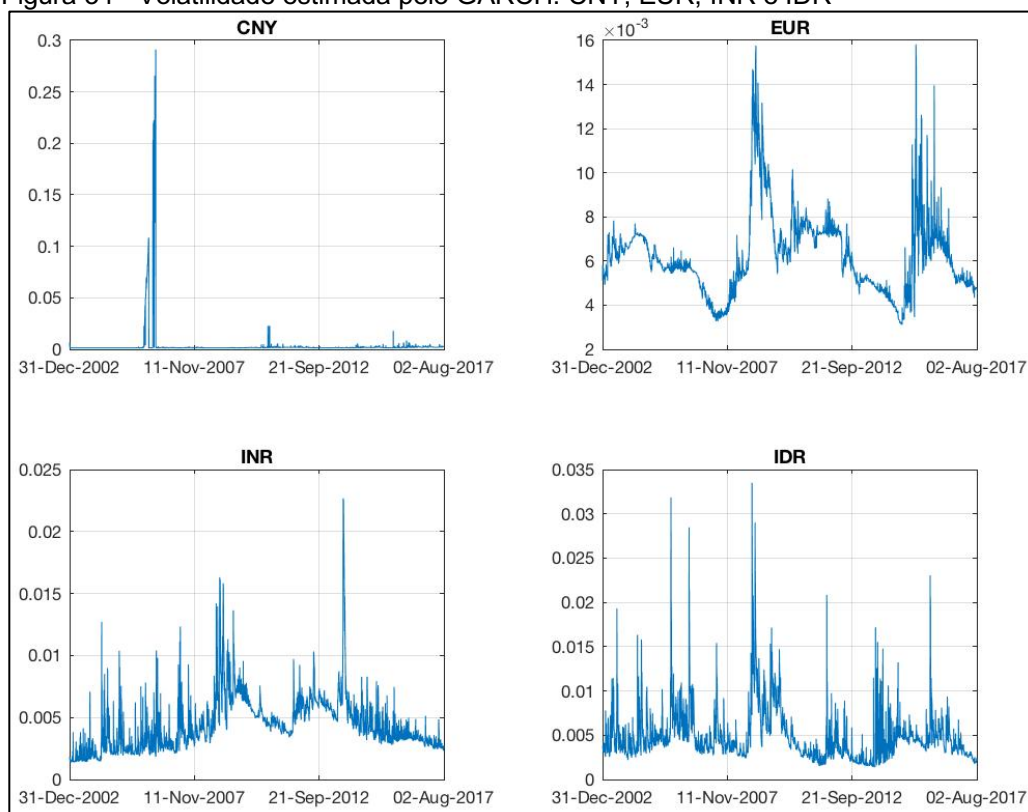
Os valores das volatilidades estimadas são apresentados nas figuras Figura 33 a Figura 37 a seguir, já representados como a raiz da variância incondicional estimada no modelo GARCH.

Figura 33 - Volatilidade estimada pelo GARCH: ARS, AUD, BRL e CAD



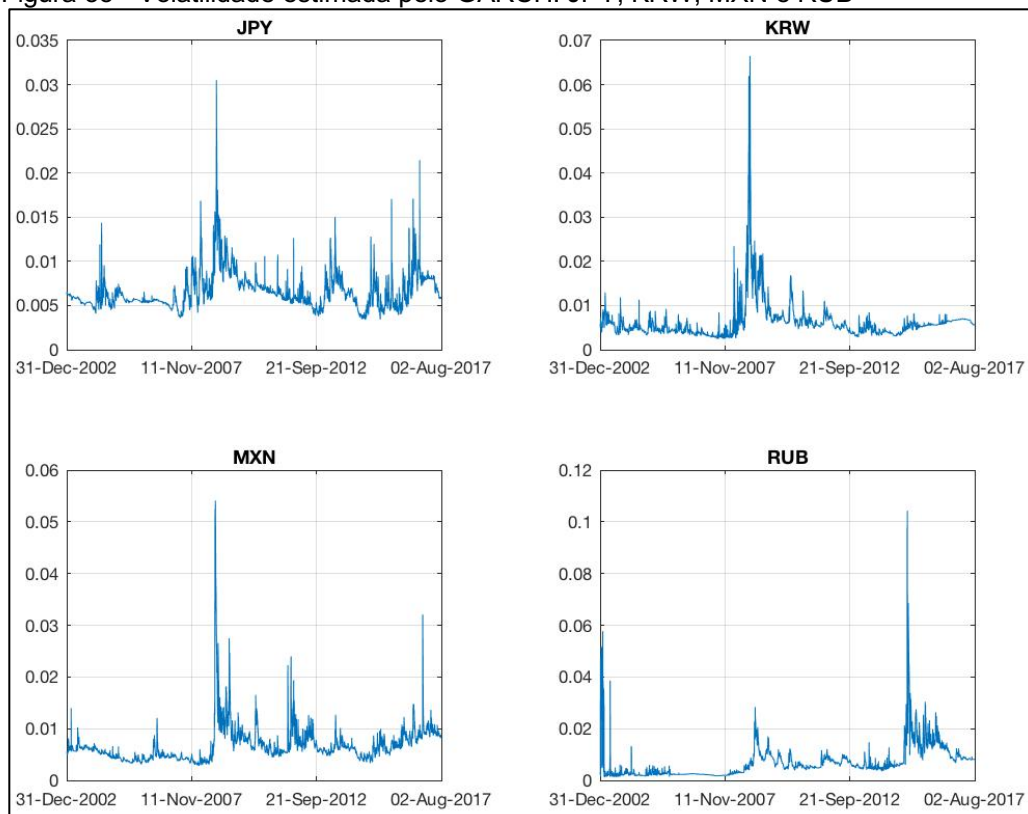
Fonte: O Autor

Figura 34 - Volatilidade estimada pelo GARCH: CNY, EUR, INR e IDR



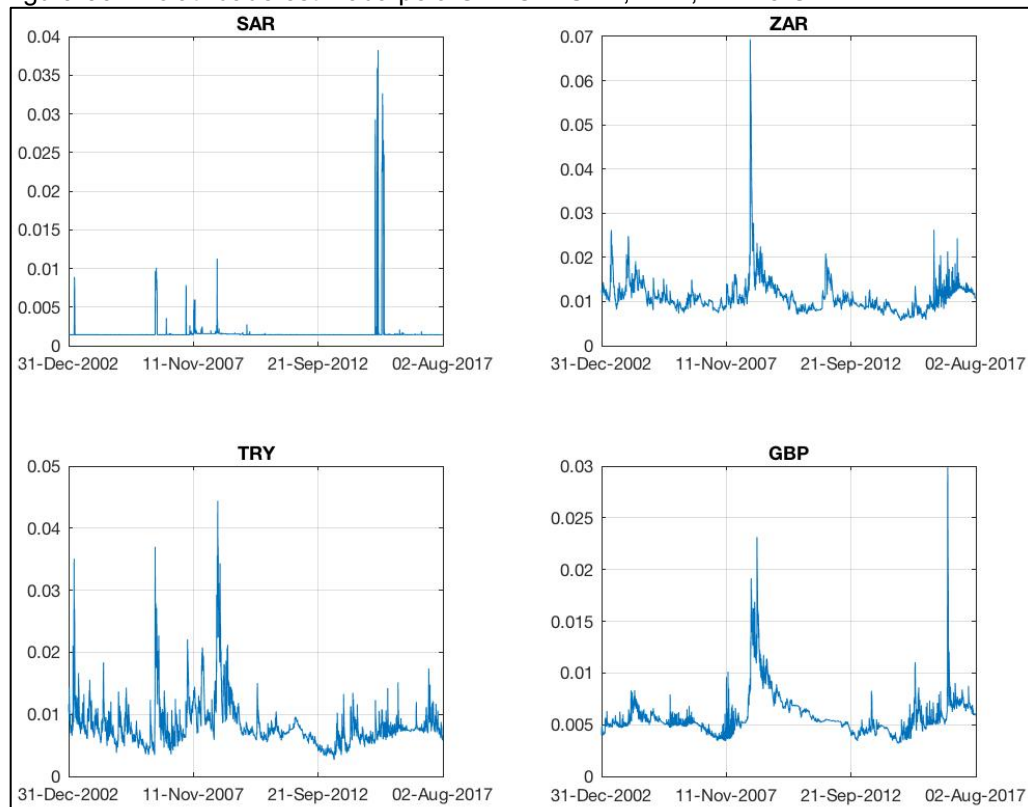
Fonte: O Autor

Figura 35 - Volatilidade estimada pelo GARCH: JPY, KRW, MXN e RUB



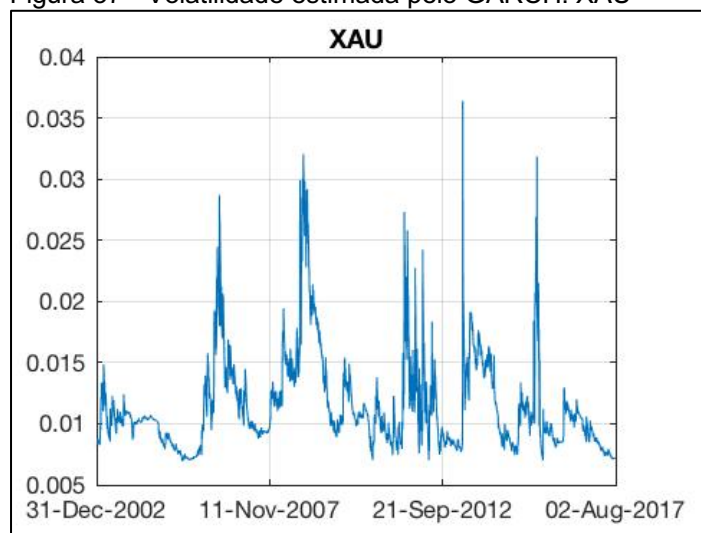
Fonte: O Autor

Figura 36 - Volatilidade estimada pelo GARCH: SAR, ZAR, TRY e GBP



Fonte: O Autor

Figura 37 - Volatilidade estimada pelo GARCH: XAU



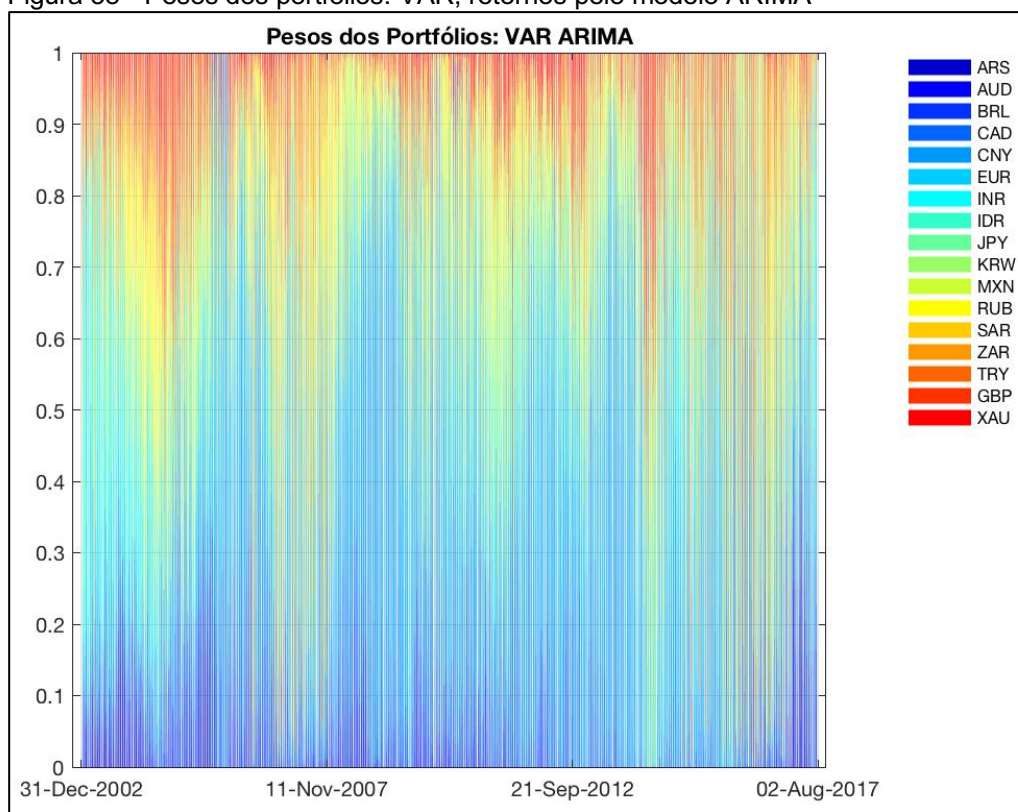
Fonte: O Autor

Pelos valores estimados é possível observar que o modelo capturou para todas as moedas com preços flutuantes os efeitos de crises financeiras ocorridas durante o período de análise, como por exemplo a crise financeira de 2007/2008, e os efeitos da votação do *Brexit* em 2016, especificamente para a GBP, quando a volatilidade da Libra se elevou consideravelmente.

Apuradas as estimativas dos retornos e das volatilidades, partiu-se para a execução do processo de otimização dos portfólios diários, utilizando como medidas de risco o VaR, o ES e as EW-SRM com $k=5$ e $k=25$, como já apresentados anteriormente neste trabalho. A função objetivo da otimização utilizada foi aquela que buscou a maximização da relação Retorno/Risco para a carteira ponderada.

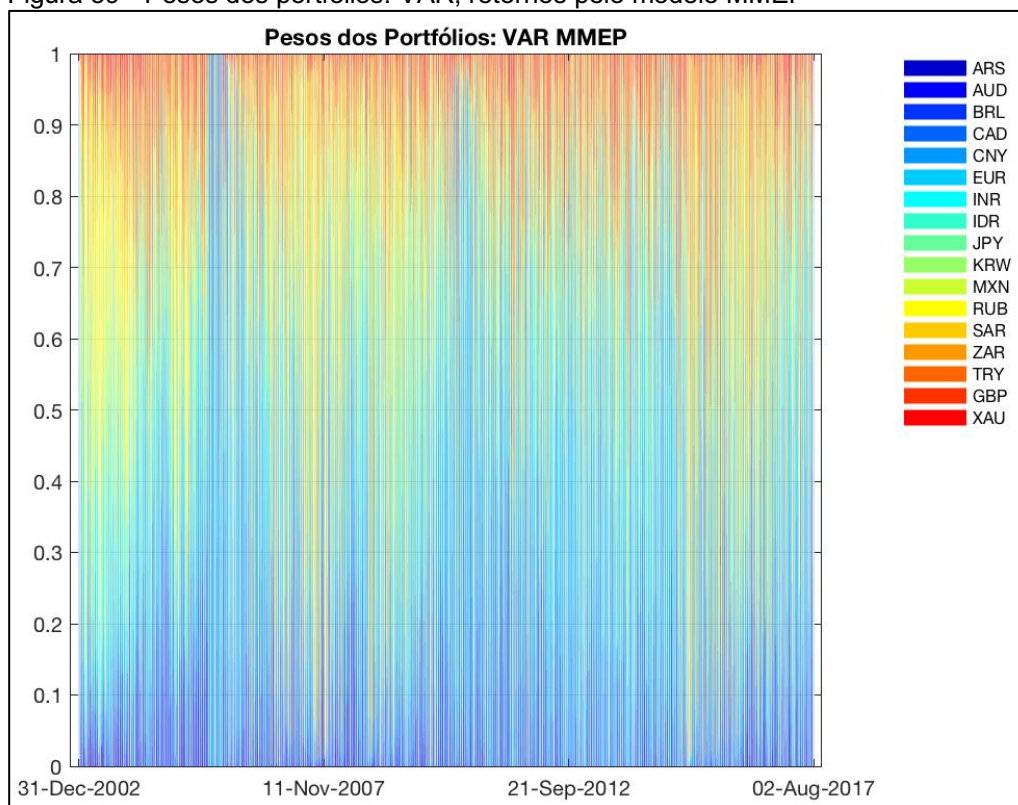
A partir dos gráficos de alocação ao longo do tempo, é possível observar que cada uma das medidas, para cada um dos modelos de estimativa de retornos (ARIMA e MMEP) apresentaram portfólios distintos, onde uma maior diferença em relação ao perfil de ativos fica mais evidente na comparação das medidas de risco umas com as outras, e as diferenças relacionadas às estimativas de retornos em quanto um ativo participou na carteira. Tais gráficos são apresentados nas figuras Figura 38 a Figura 45.

Figura 38 - Pesos dos portfólios: VAR, retornos pelo modelo ARIMA



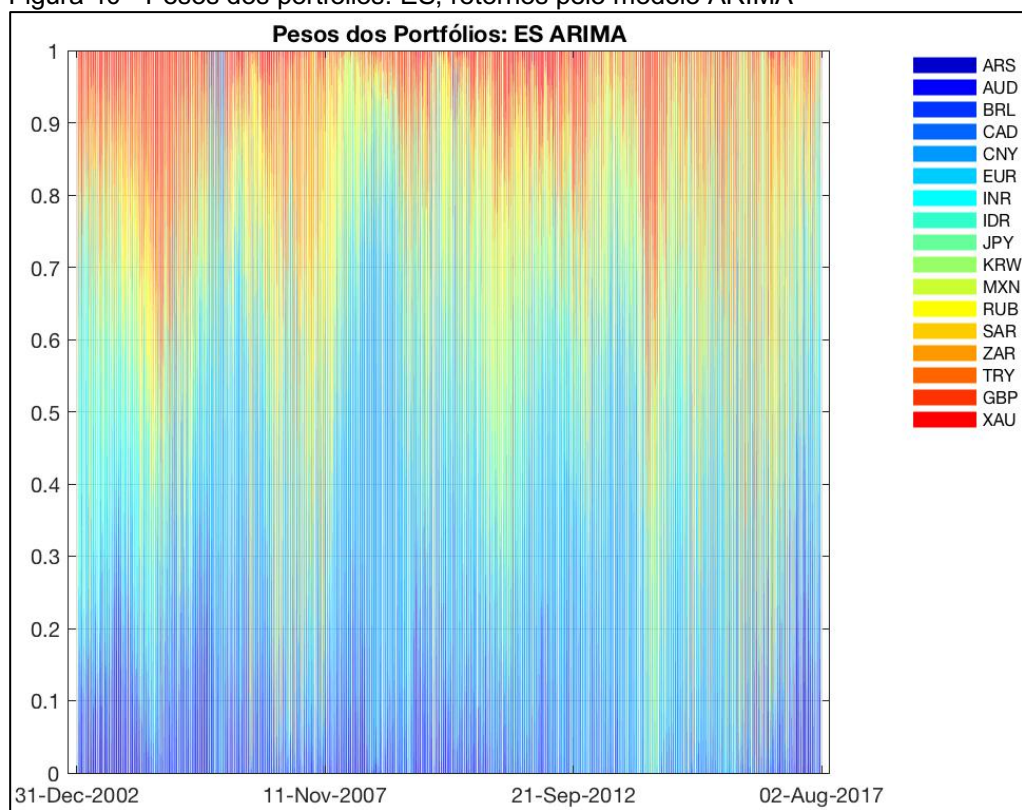
Fonte: O Autor

Figura 39 - Pesos dos portfólios: VAR, retornos pelo modelo MMEP



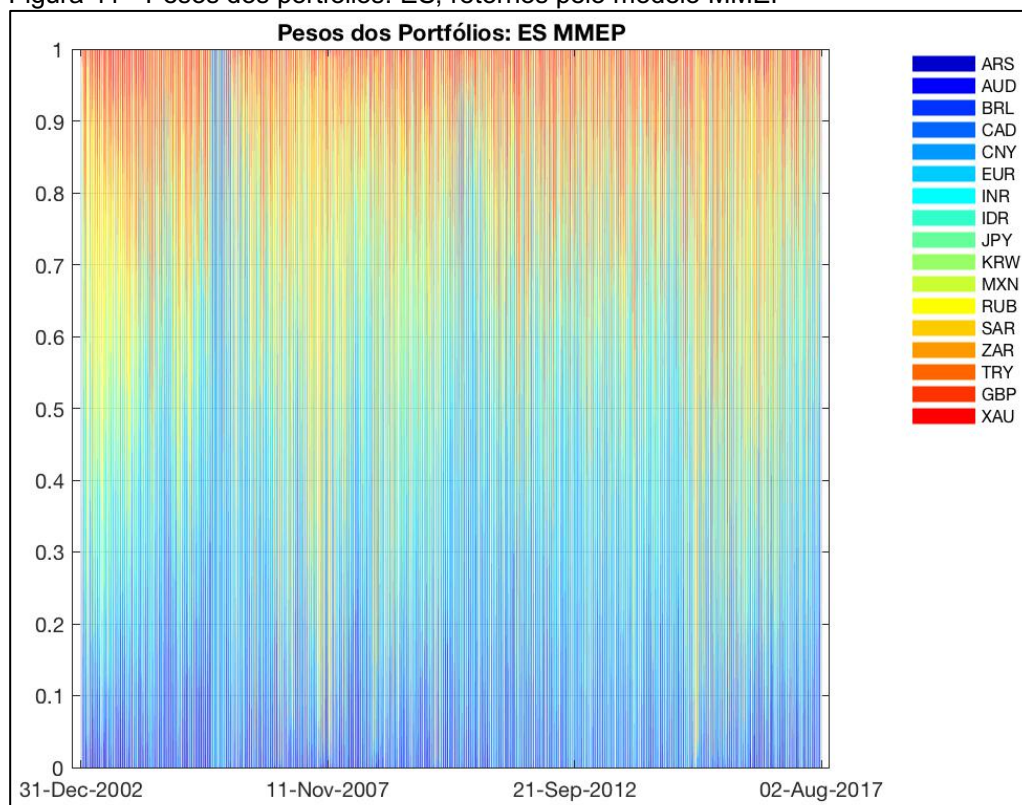
Fonte: O Autor

Figura 40 - Pesos dos portfólios: ES, retornos pelo modelo ARIMA



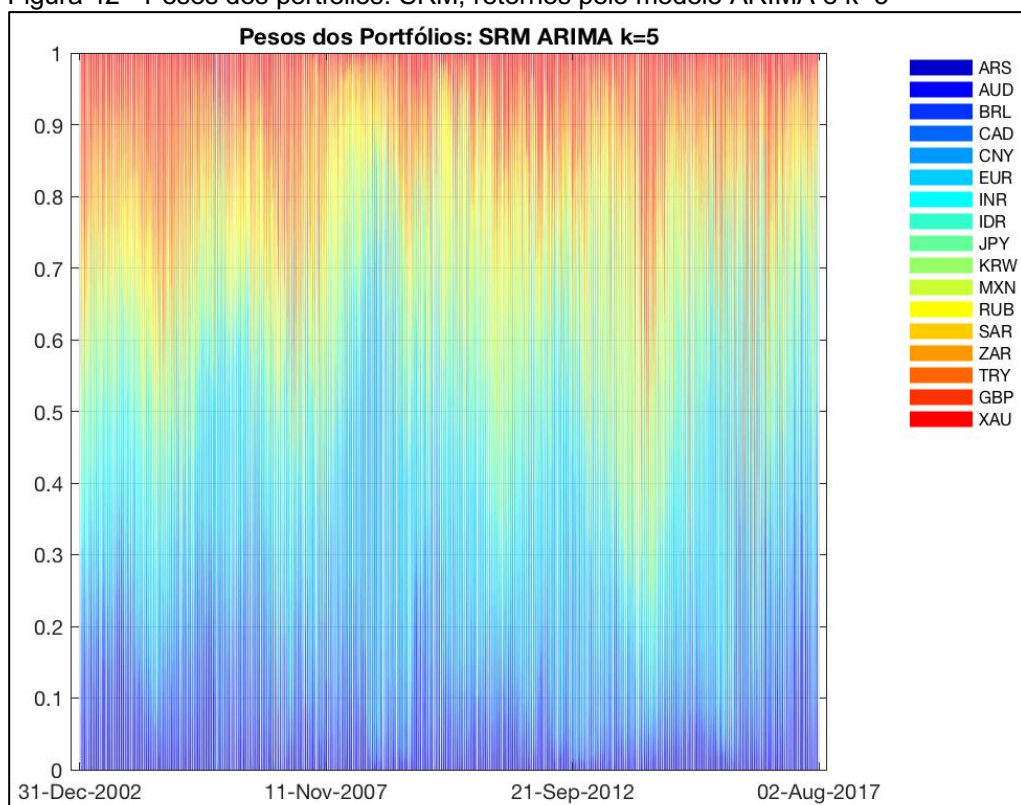
Fonte: O Autor

Figura 41 - Pesos dos portfólios: ES, retornos pelo modelo MMEP



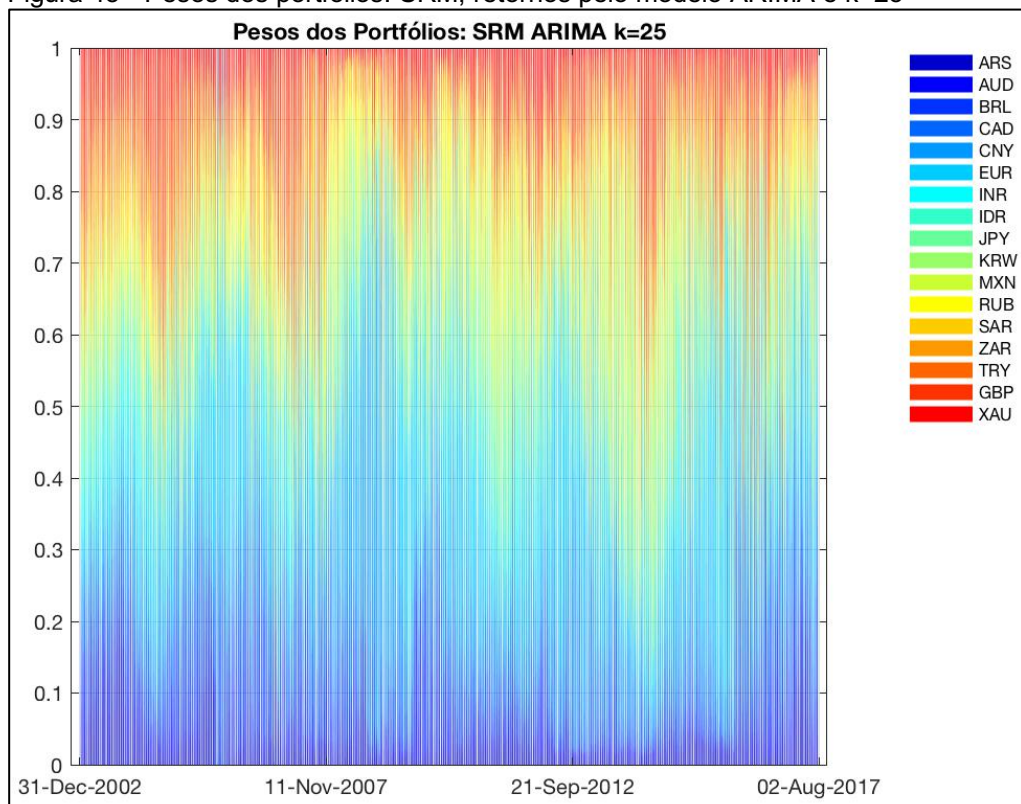
Fonte: O Autor

Figura 42 - Pesos dos portfólios: SRM, retornos pelo modelo ARIMA e k=5



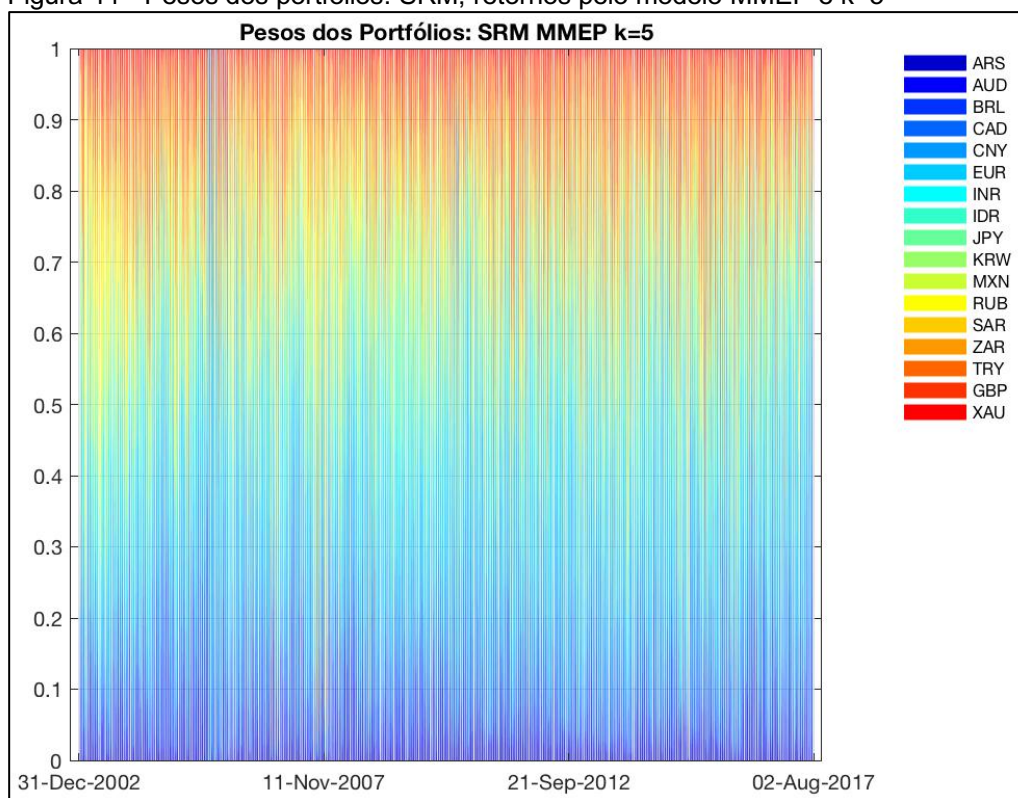
Fonte: O Autor

Figura 43 - Pesos dos portfólios: SRM, retornos pelo modelo ARIMA e k=25



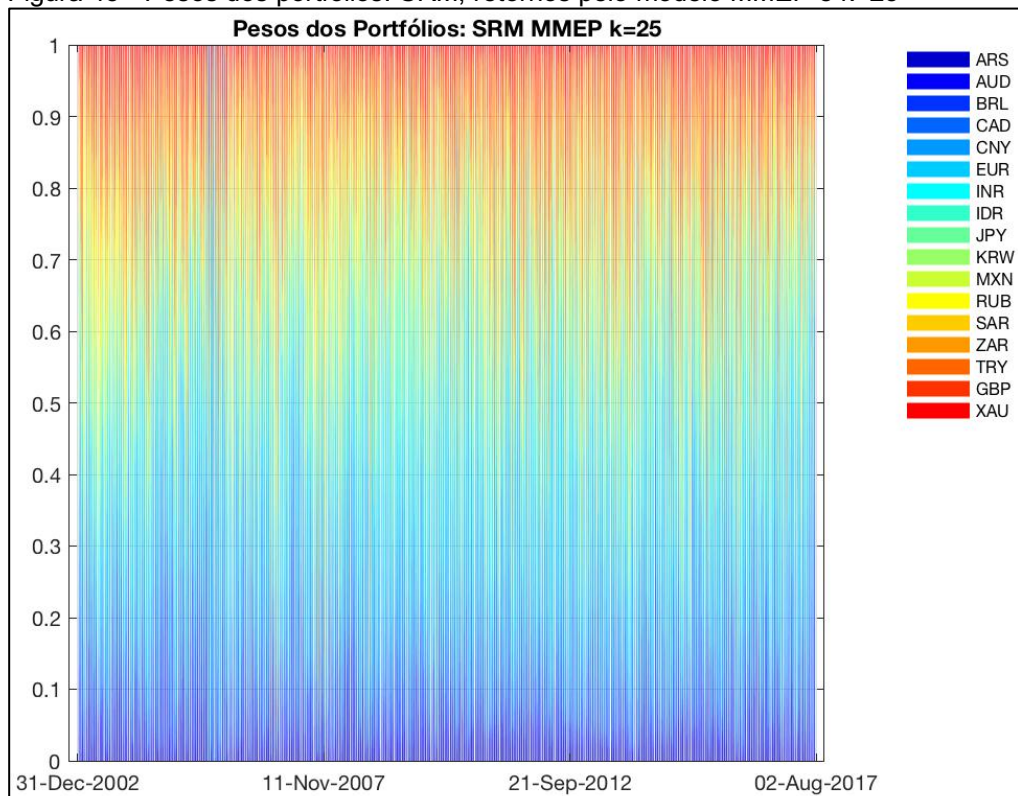
Fonte: O Autor

Figura 44 - Pesos dos portfólios: SRM, retornos pelo modelo MMEP e $k=5$



Fonte: O Autor

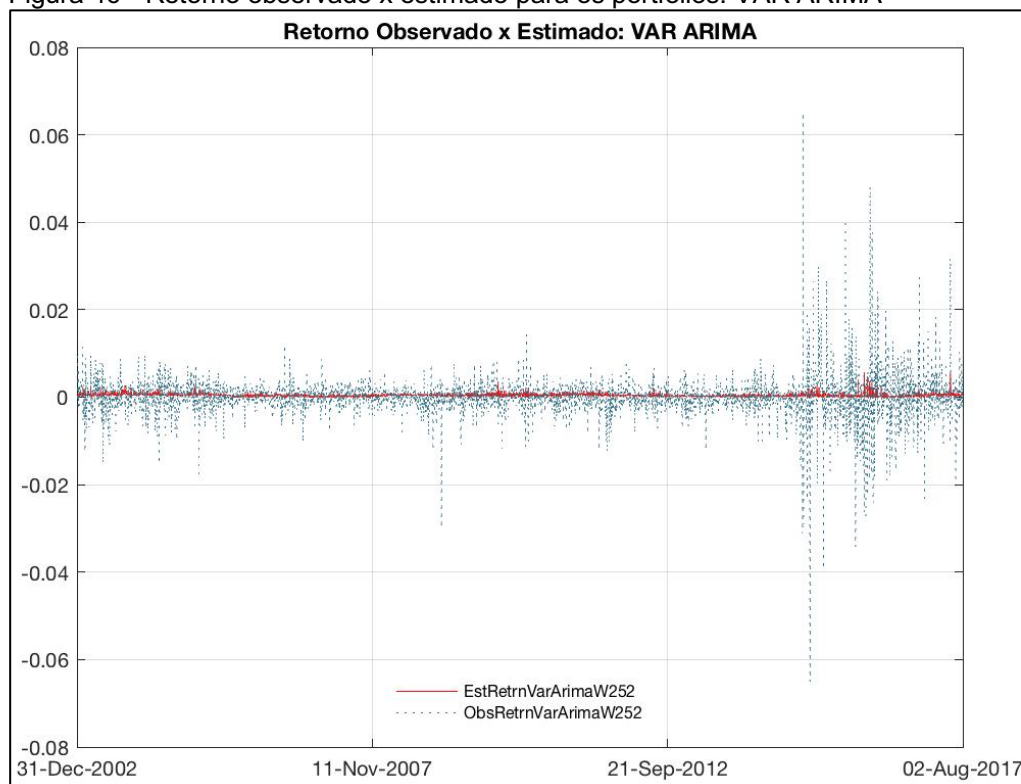
Figura 45 - Pesos dos portfólios: SRM, retornos pelo modelo MMEP e $k=25$



Fonte: O Autor

Para cada grupo de portfólios otimizados, são apresentados a seguir os valores de retornos estimados comparados com os retornos observados, ou seja, quando se utiliza as ponderações dos portfólios, previstos para $t+1$ a partir da janela de dados de $t-252$ a t . Com as ponderações dos portfólios, os valores de retorno foram recalculados para os preços observados de t .

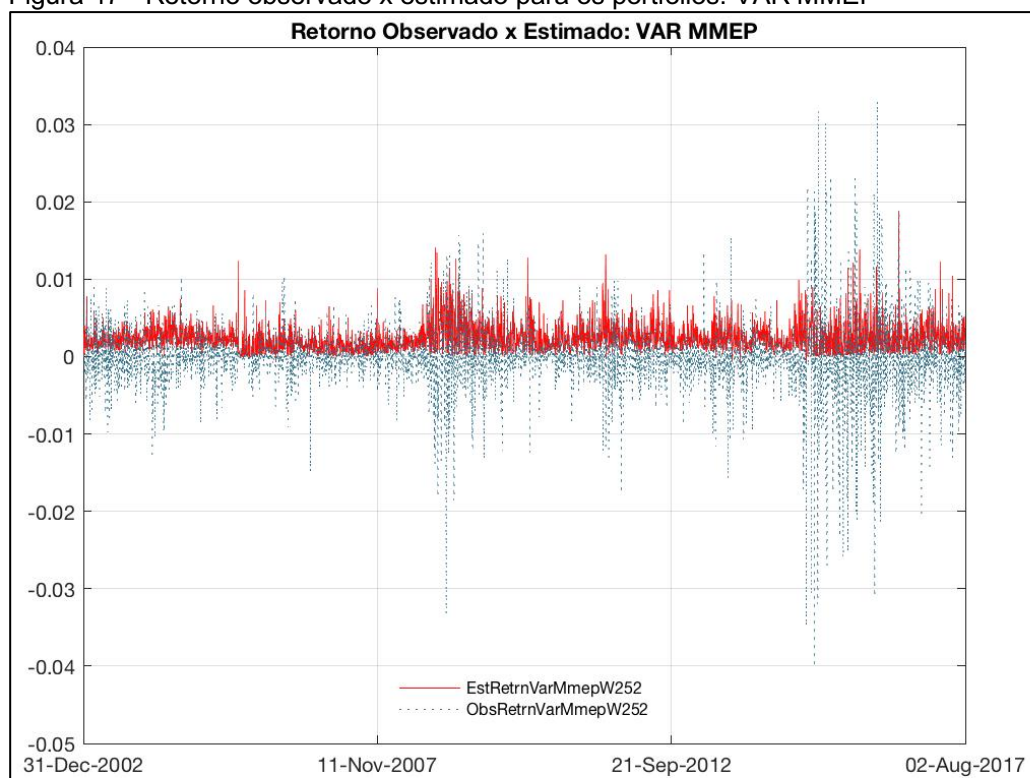
Figura 46 - Retorno observado x estimado para os portfólios: VAR ARIMA



Fonte: O Autor

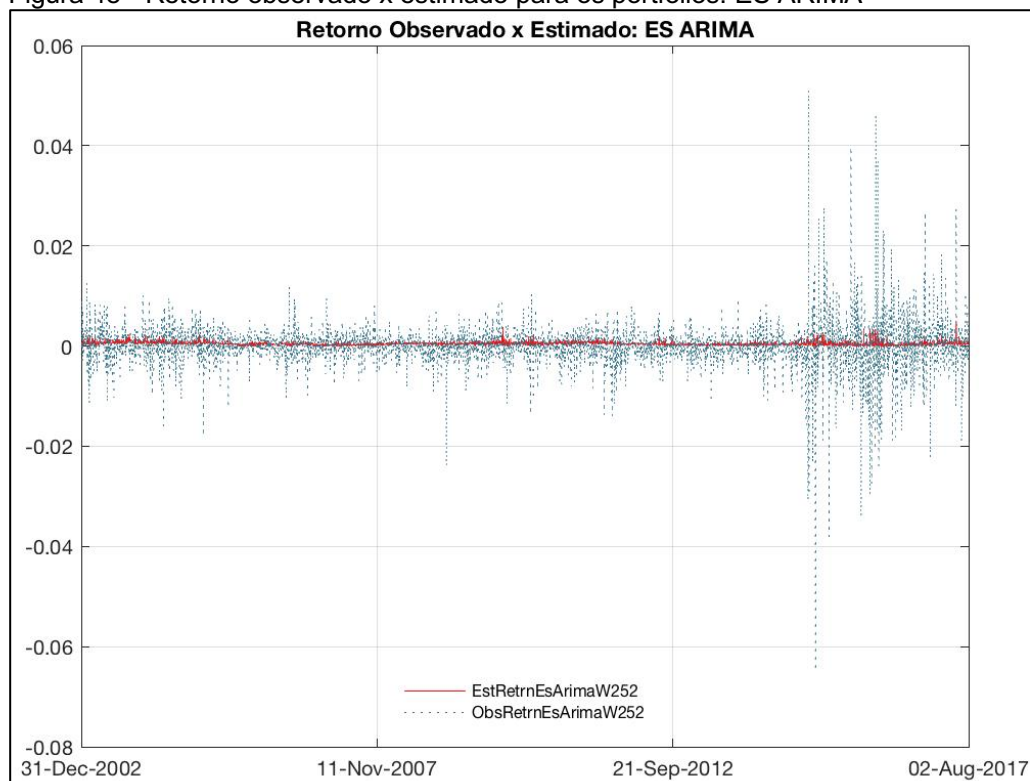
Na Figura 46 é possível perceber que a estimativa dos valores de retorno pelo método ARIMA tende para a média, e que de certa forma é “lento” na resposta a picos de volatilidade, especialmente quando o VAR é utilizado como a medida de risco para a ponderação dos portfólios, por outro lado é possível observar uma maior variância quando o modelo de estimativa dos retornos é a MMEP. É possível observar que esse comportamento independe da medida de risco utilizada.

Figura 47 - Retorno observado x estimado para os portfólios: VAR MMEP



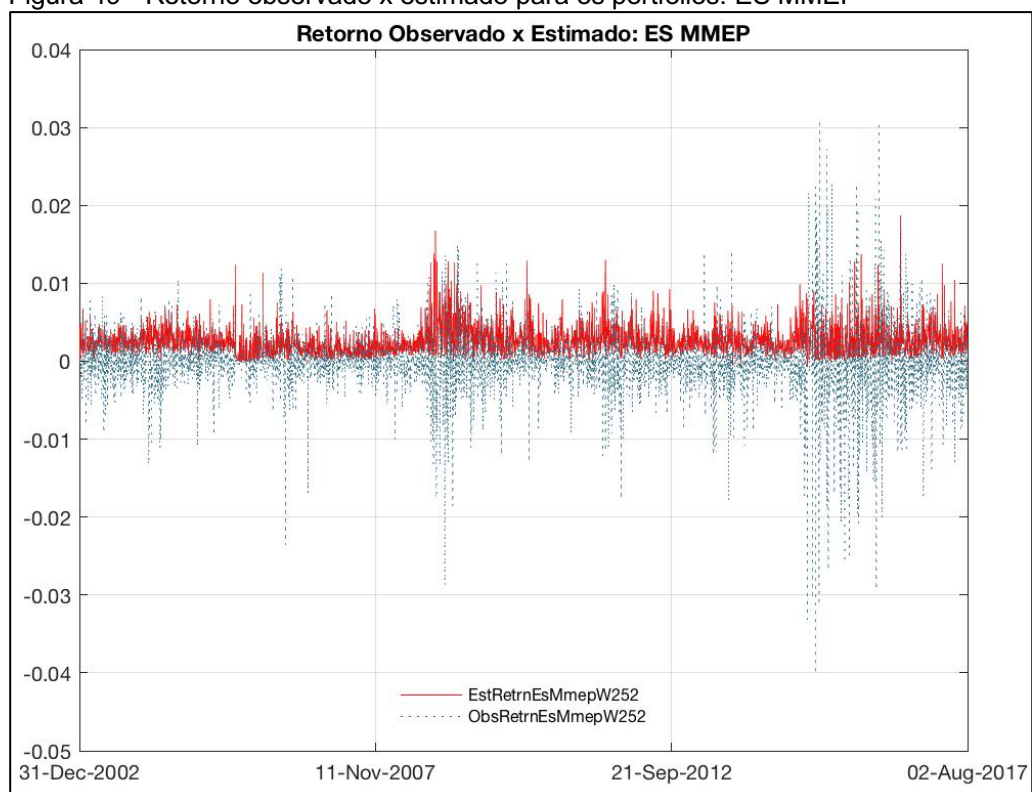
Fonte: O Autor

Figura 48 - Retorno observado x estimado para os portfólios: ES ARIMA



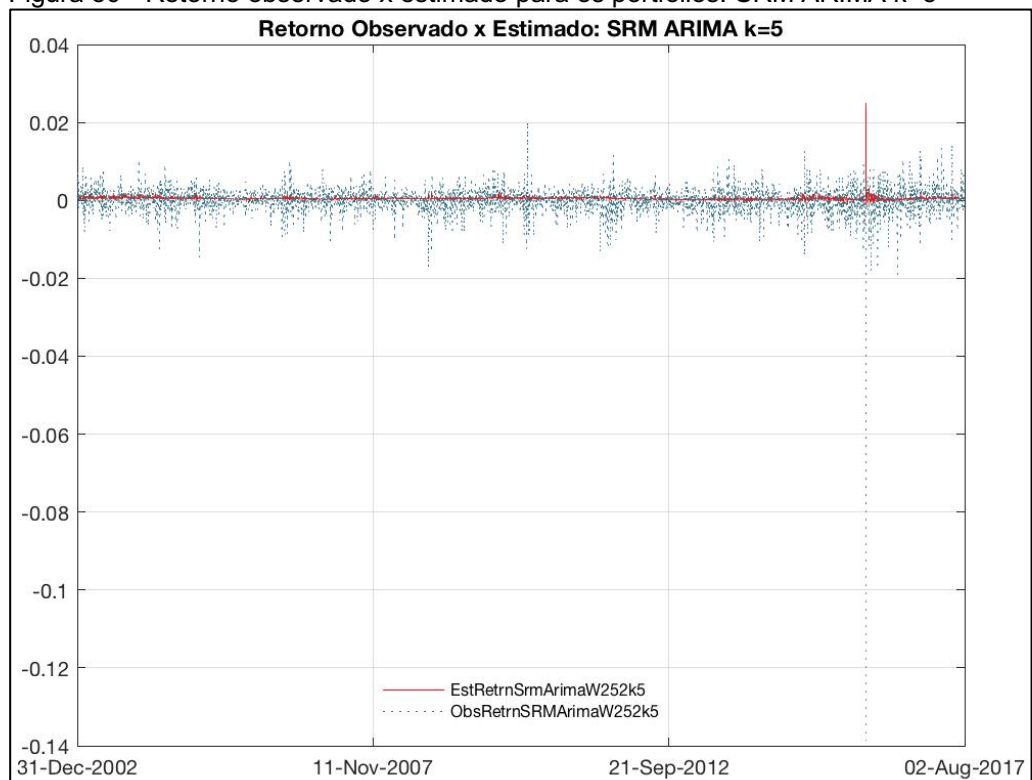
Fonte: O Autor

Figura 49 - Retorno observado x estimado para os portfólios: ES MMEP



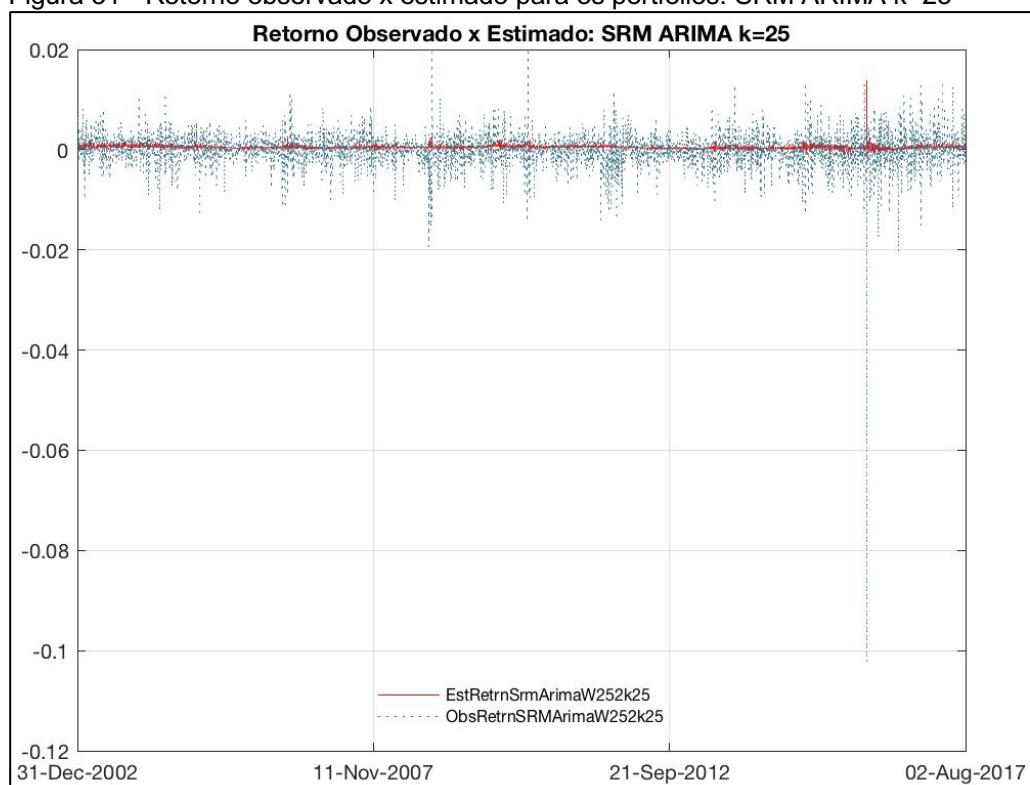
Fonte: O Autor

Figura 50 - Retorno observado x estimado para os portfólios: SRM ARIMA k=5



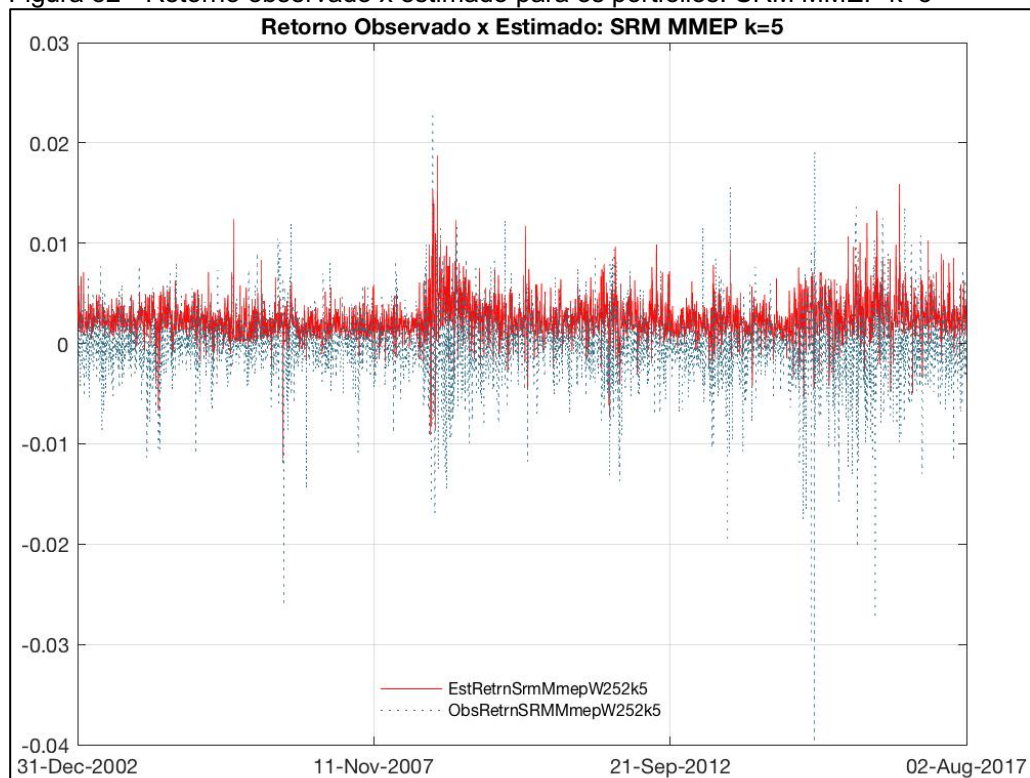
Fonte: O Autor

Figura 51 - Retorno observado x estimado para os portfólios: SRM ARIMA k=25



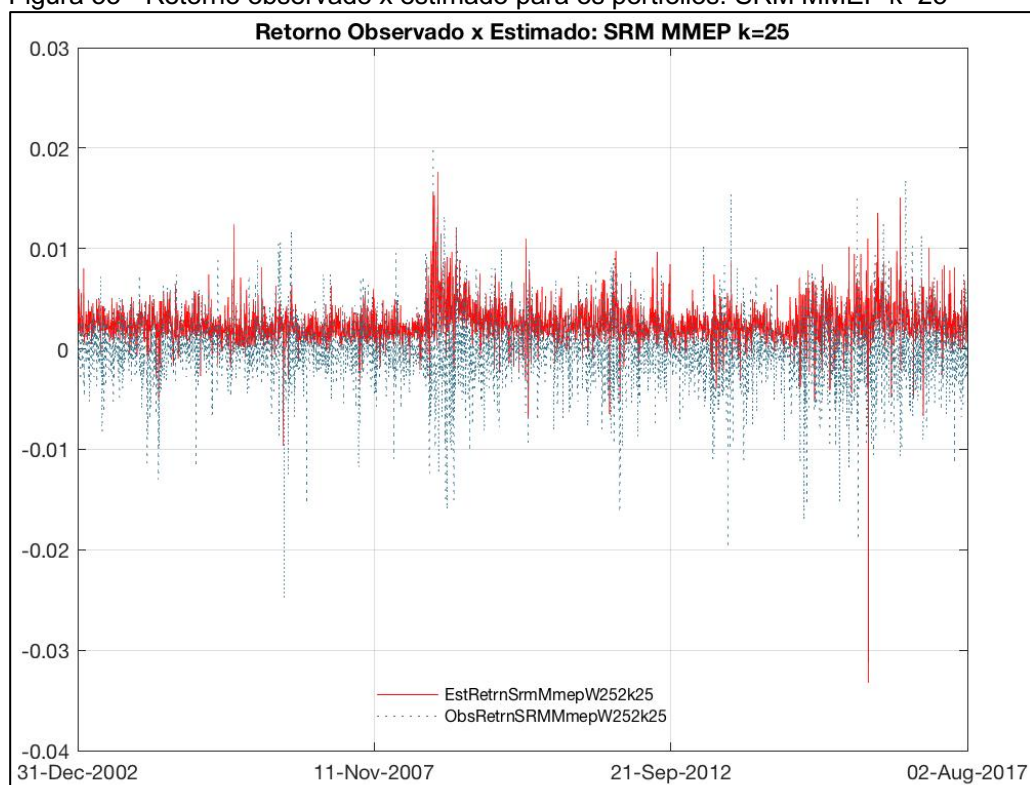
Fonte: O Autor

Figura 52 - Retorno observado x estimado para os portfólios: SRM MMEP k=5



Fonte: O Autor

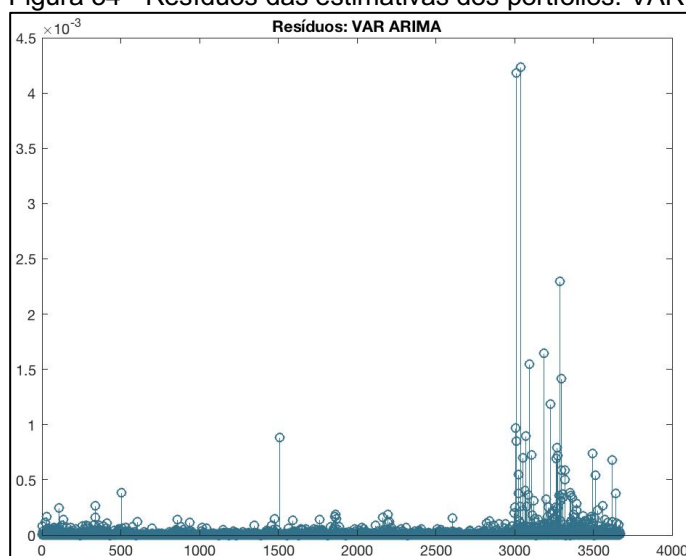
Figura 53 - Retorno observado x estimado para os portfólios: SRM MMEP k=25



Fonte: O Autor

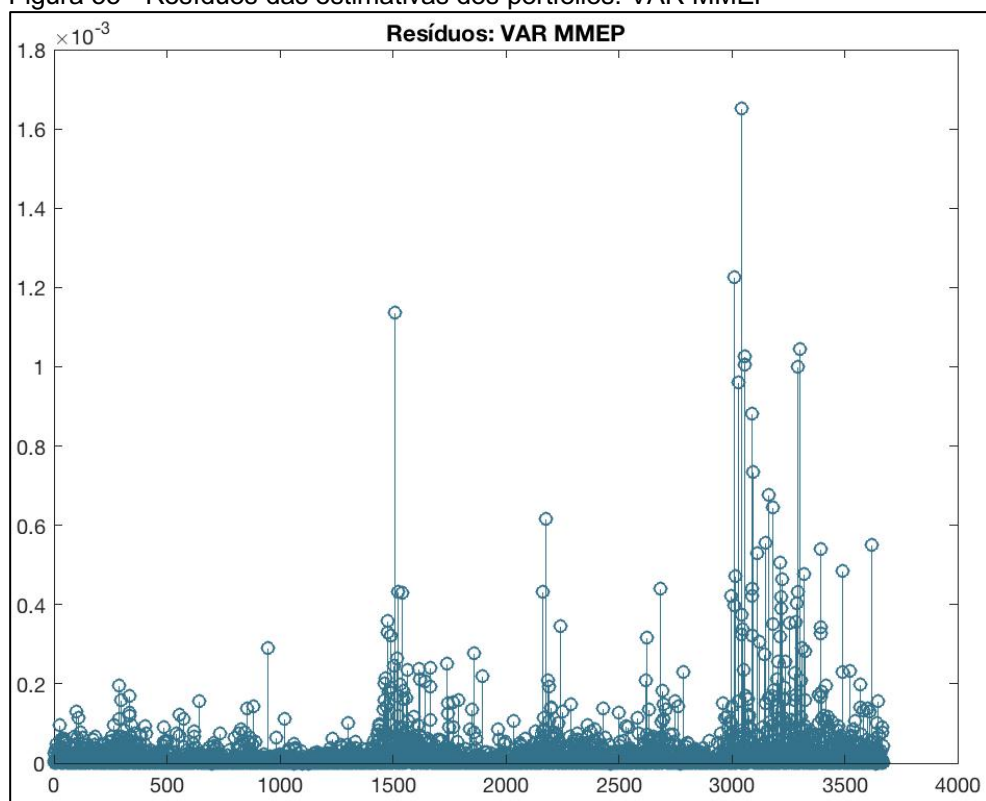
Em seguida são apresentados os valores dos resíduos dos modelos, ou seja, o erro entre os retornos dos portfólios estimados (hipotéticos) e os retornos observados para os mesmos portfólios. Os erros, foram apurados pela raiz do erro médio quadrado para cada ponto estimado. Os erros são exibidos de forma gráfica das figuras Figura 54 a Figura 61.

Figura 54 - Resíduos das estimativas dos portfólios: VAR ARIMA



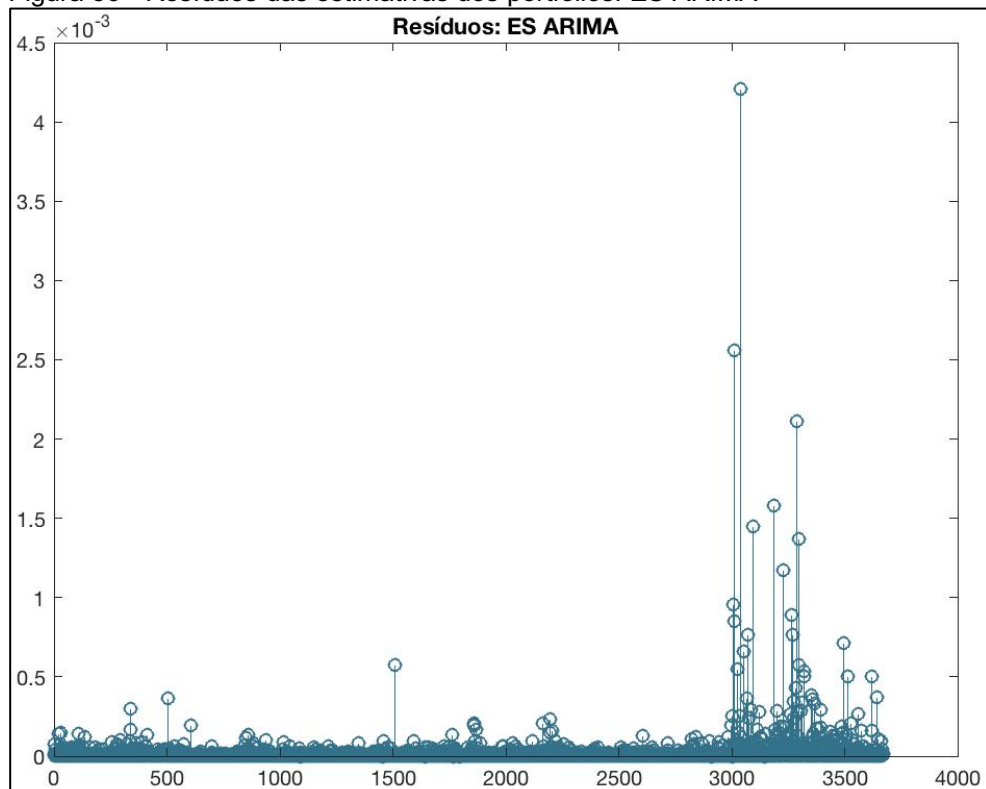
Fonte: O Autor

Figura 55 - Resíduos das estimativas dos portfólios: VAR MMEP



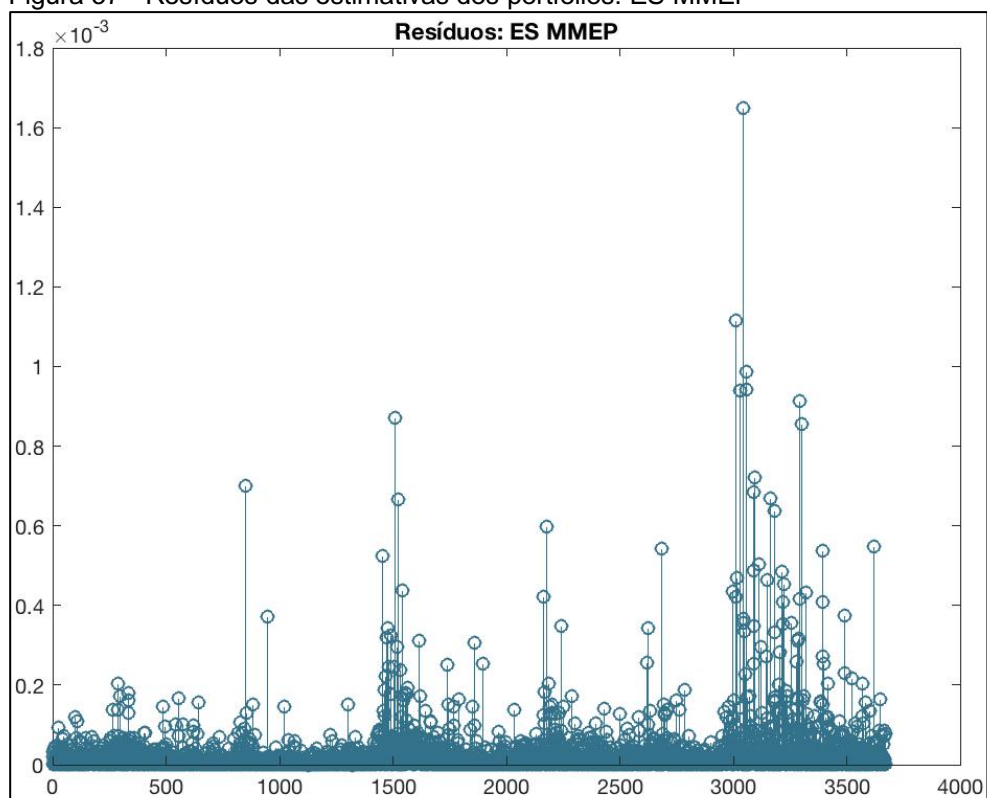
Fonte: O Autor

Figura 56 - Resíduos das estimativas dos portfólios: ES ARIMA



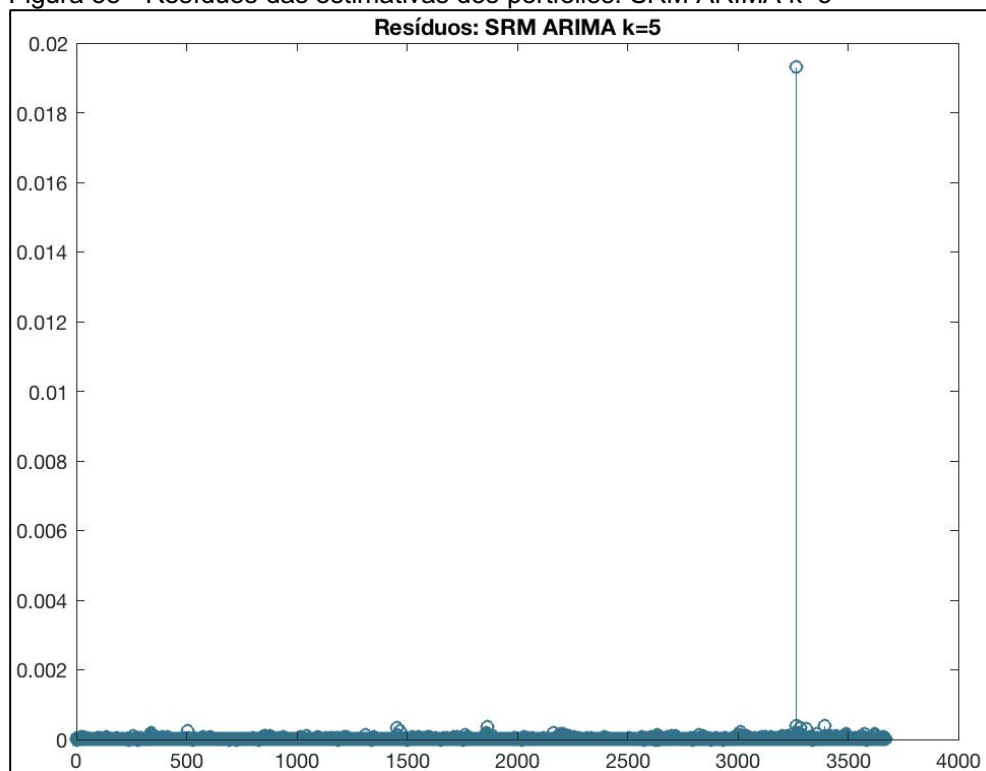
Fonte: O Autor

Figura 57 - Resíduos das estimativas dos portfólios: ES MMEP



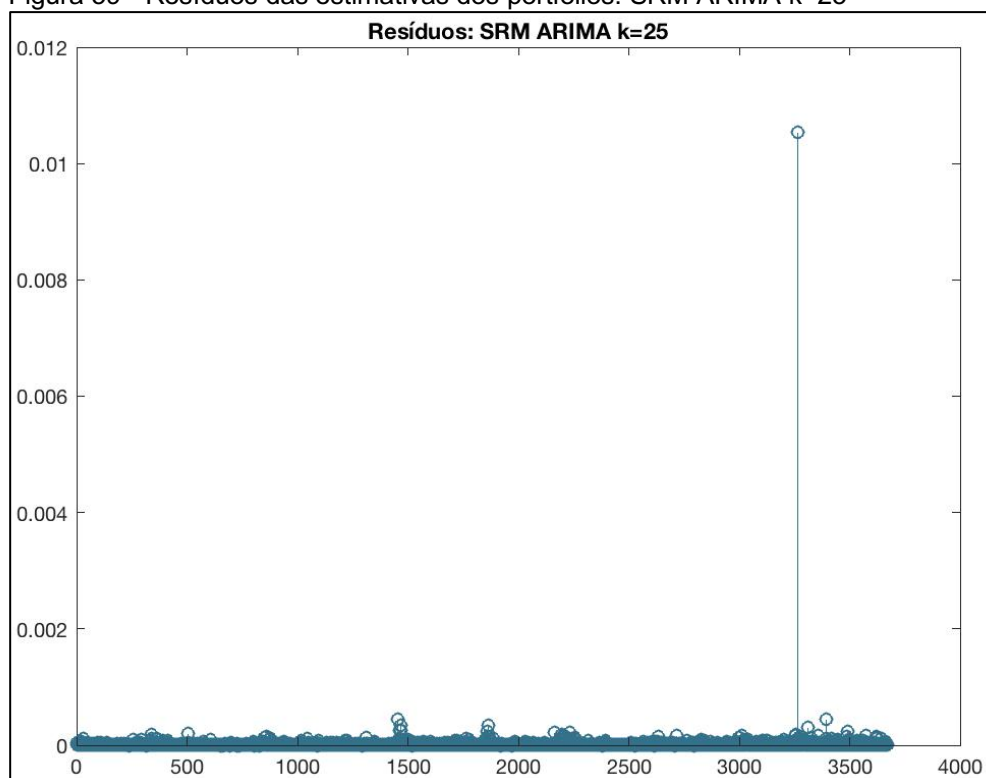
Fonte: O Autor

Figura 58 - Resíduos das estimativas dos portfólios: SRM ARIMA k=5



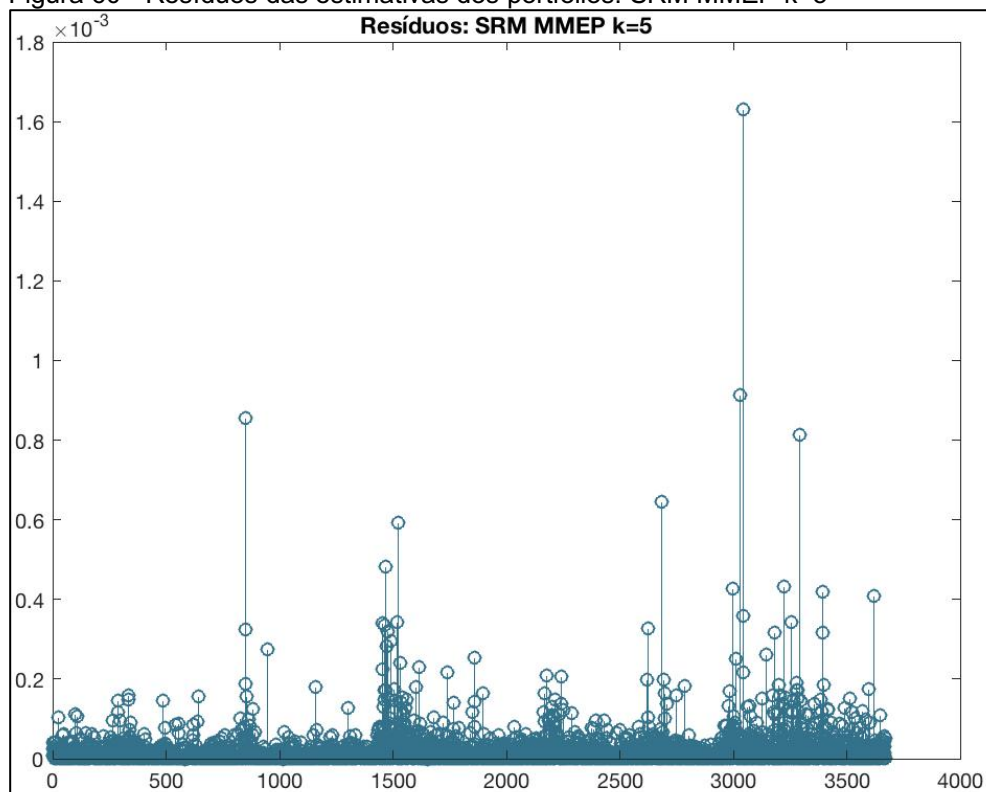
Fonte: O Autor

Figura 59 - Resíduos das estimativas dos portfólios: SRM ARIMA k=25



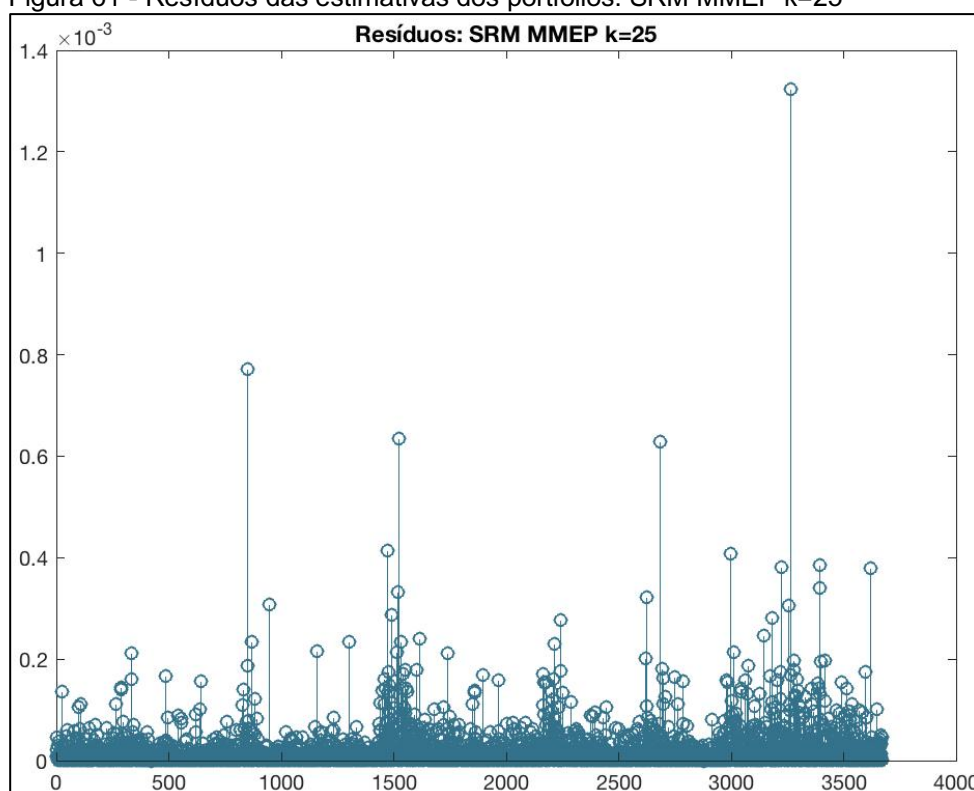
Fonte: O Autor

Figura 60 - Resíduos das estimativas dos portfólios: SRM MMEP k=5



Fonte: O Autor

Figura 61 - Resíduos das estimativas dos portfólios: SRM MMEP k=25



Fonte: O Autor

Finalmente, o Quadro 2 apresenta de forma conjugada o resumo das séries de retornos dos portfólios, tanto para as séries estimadas quanto para as séries observadas, além do valor da raiz do erro médio quadrado, como medida de erro de estimativa.

Quadro 2 - Resumo por medida de risco

		VAR		ES		EW-SRM			
		ARIMA	MMEP	ARIMA	MMEP	ARIMA		MMEP	
						K=5	k=25	K=5	k=25
Retorno Médio	Estimada	0.0004693	0.0023645	0.0005046	0.0025849	0.0004843	0.0004993	0.0023837	0.0024622
	Observada	-0.0000036	0.0000090	-0.0000248	-0.0000069	-0.0000863	-0.0000920	-0.0000684	-0.0000099
Desvio Padrão	Estimativa	0.0003674	0.0017710	0.0003548	0.0018068	0.0005009	0.0003734	0.0019055	0.0019336
	Observado	0.0044053	0.0041691	0.0043244	0.0041161	0.0038101	0.0036035	0.0033668	0.0032038
Retorno Acumulado	Estimativa	1.7223921	8.6777049	1.8517220	9.4866411	1.7772547	1.8322771	8.7483168	9.0360949
	Observado	-0.0132231	0.0331001	-0.0911943	-0.0252905	-0.3166115	-0.3375251	-0.2511946	-0.0362709
Raiz do erro médio quadrático		0.0044407	0.0050902	0.0043634	0.0051841	0.0038800	0.0036735	0.0044907	0.0044317

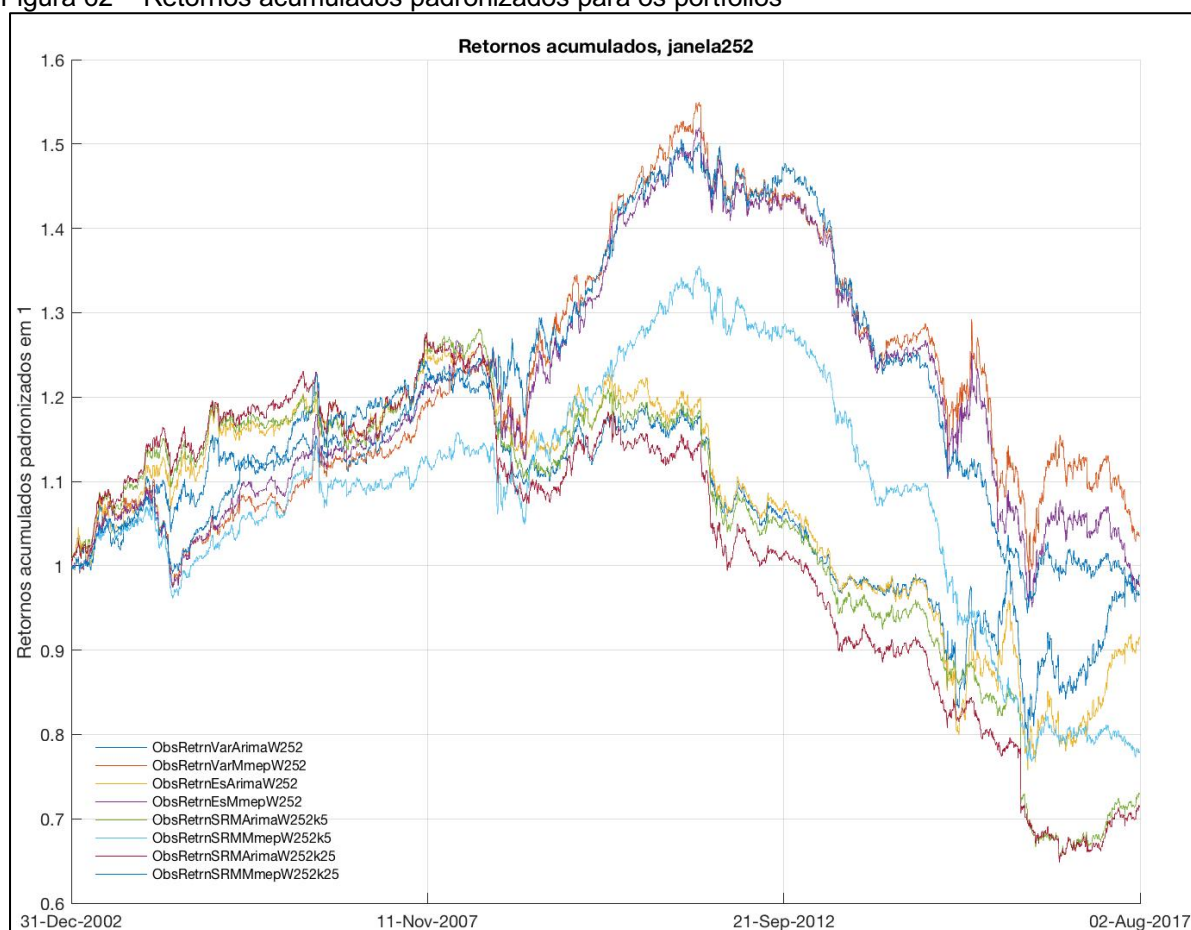
Fonte: O Autor

Observa-se que o uso do modelo ARIMA para a estimativa dos retornos das moedas um passo à frente resultou portfólios, para todos os modelos de risco

utilizados, apresentou menores valores de erro, quando comparado com a média móvel exponencial e, na comparação dos modelos, a Ew-SRM, apresentou o menor valor de erro para os portfólios apurados. Exceto pelos portfólios estimados pelo VaR-MMEP, todos os outros portfólios apresentaram valores negativos de retorno médio e retorno acumulado, porém esse modelo foi o segundo com maior erro de estimativa, com valores próximos àquele observado para os portfólios estimados pelo ES MMEP.

Uma observação interessante é que os comportamentos dos modelos se descolaram a partir de 2008, quando do auge da crise financeira, o que pode ser visualizado na Figura 62.

Figura 62 – Retornos acumulados padronizados para os portfólios



Fonte: O Autor

A partir dos espectros de alocação das moedas nos portfólios, é possível observar que os portfólios ponderados a partir das Ew-SRM apresentaram menor concentração, o que em linha com o menor erro de estimativa resultou em um comportamento de retornos mais em linha com os retornos observados para cada um dos ativos. Também é possível observar que tais medidas apresentavam retornos

bastante superiores em relação aos modelos de VaR até o evento de elevada volatilidade da crise de 2008, como já citado anteriormente.

No próximo capítulo serão apresentadas as conclusões acerca dos resultados obtidos neste trabalho.

5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar as medidas espectrais de risco disponíveis na literatura, sendo selecionada para análise as duas que se apresentam mais proeminentes, o Expectes Shortfall e a Exponential Weighted SRM, cuja função de aversão ao risco segue um modelo consolidado que incorpora o coeficiente de Arrow-Prat. Tais medidas foram comparadas sob condições similares, ou seja, a partir de seus parâmetros de entrada (retorno estimado, volatilidade estimada e matriz de correlação) iguais para um mesmo ponto de análise.

Foram utilizados dois modelos para predição do retorno um passo adiante: o ARIMA(1,0,0) e a média móvel exponencial (quadrática). Os valores das medidas de risco, para todos os cenários, independente da medida, apresentaram menores erros de estimativa quando o modelo utilizado foi o ARIMA.

Os resultados do ARIMA foram obtidos a partir da minimização do erro de predição, e a partir desse modelo foram obtidos os valores dos graus de liberdade da estatística t, utilizada neste trabalho. Tais graus de liberdade foram utilizados para a estimativa da volatilidade, a partir do modelo GARCH(1,1), também com os parâmetros estimados a partir da minimização do erro.

As matrizes de correlação foram apuradas a partir dos valores históricos dos retornos para cada uma das janelas avaliadas, cada qual composta de 252 retornos.

A partir das otimizações das relações entre risco/retorno estimados, foram calculados os pesos dos portfólios para cada uma das datas apuradas, e então comparados com os retornos observados. Os portfólios apurados a partir das medidas espectrais, tanto o ES quando a EW-SRM apresentaram portfólios menos concentrados que aqueles apurados pelo VaR. Todas as medidas foram apuradas para um nível de confiança de 95%.

As medidas espectrais em todas as situações apresentaram menores valores de erros de estimativa quando comparados ao VaR, quando utilizado o mesmo modelo de estimativa dos retornos.

Os portfólios apurados pelo VaR com os retornos apurados pela média móvel exponencial retornaram o melhor retorno acumulado, entretanto este conjunto apresentou o segundo maior erro de estimativa, menor apenas que o ES utilizando o mesmo modelo de estimativa dos retornos.

Foi possível observar que as medidas espectrais, quando o retorno é estimado pelo ARIMA, apresentaram comportamento de tendência similar durante o período de estresse em 2008.

As medidas espectrais apresentaram portfólios com menor variabilidade, porém com menores resultados acumulados quando comparados os mesmos modelos de estimativa de retornos.

Entre as medidas espectrais, o maior retorno acumulado foi observado para os portfólios apurados pelo Expected Shortfall tanto quando o modelo de estimativa dos retornos foi o ARIMA quanto quando a estimativa dos retornos foi pela média móvel exponencial.

Foi possível concluir que os modelos de predição dos retornos e volatilidade, utilizados como entrada para a apuração das medidas de risco e consequentemente para a ponderação dos portfólios possui efeito considerável nos resultados observados.

Sugere-se para trabalhos futuros o estudo de medidas espectrais como ferramenta de limite de exposição para fundos de investimento, em que os valores das constantes de aversão ao risco absoluto sejam estimados de acordo com a característica dos investidores dos fundos e, então comparada com outras medidas utilizadas pelos gestores. Isso possibilitaria a criação de um arcabouço de governança em que os investidores pudessem avaliar o enquadramento dos fundos geridos por terceiros.

Também se sugere a criação de um modelo que estime as constantes de aversão a partir de fatores comportamentais.

Há ainda a possibilidade de uma avaliação de medidas espectrais na regulação bancária, para além do Expected Shortfall, em que os coeficientes de aversão possam ser utilizados pelos reguladores de forma a “personalizar” a exigência de capital para as instituições financeiras de acordo com seu tamanho, característica, risco sistêmico, entre outros.

REFERÊNCIAS

- ABAD, C.; IYENGAR, G. Portfolio Selection with Multiple Spectral Risk Constraints. **SIAM Journal on Financial Mathematics**, v. 6, n. 1, p. 467–486, jan. 2015.
- ACERBI, C. Spectral measures of risk: A coherent representation of subjective risk aversion. **Journal of Banking & Finance**, v. 26, n. 7, p. 1505–1518, jul. 2002.
- ACERBI, C.; NORDIO, C.; SIRTORI, C. Expected Shortfall as a Tool for Financial Risk Management. **Journal of Emerging Market Finance**, v. 8, n. 3, p. 87–107, 16 fev. 2001.
- ACERBI, C.; TASCHE, D. On the coherence of expected shortfall. **Journal of Banking & Finance**, v. 26, n. 7, p. 1487–1503, jul. 2002a.
- ACERBI, C.; TASCHE, D. Expected Shortfall: A Natural Coherent Alternative to Value at Risk. **Economic Notes**, v. 31, n. 2, p. 379–388, jul. 2002b.
- ADAM, A.; HOUKARI, M.; LAURENT, J.-P. Spectral risk measures and portfolio selection. **Journal of Banking & Finance**, v. 32, n. 9, p. 1870–1882, set. 2008.
- ALEXANDER, C. **Market Risk Analysis - Volume I**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2008a.
- ALEXANDER, C. **Market Risk Analysis - Volume II**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2008b.
- ANDRÉN, N.; JANKENSGARD, H.; OXELHEIM, L. Exposure-Based Cash-Flow-at-Risk: An Alternative to VaR for Industrial Companies. **Journal of Applied Corporate Finance**, v. 17, n. 3, p. 76–86, 2005.
- ARROW, K. J. **Aspects of the Theory of Risk-Bearing**. [s.l.] Yrjö Jahnsson Lectures., 1966.
- ARTZNER, P. et al. Coherent Measures of Risk. **Mathematical Finance**, v. 9, n. 3, p. 203–228, jul. 1999.
- BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. **Market Volatility and Foreign Exchange Intervention in EMEs: What Has Changed?** Basel: [s.n.]. Disponível em: <<http://papers.ssrn.com/abstract=2420030>>.
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. **International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards**, 2006. Disponível em: <<https://www.bis.org/publ/bcbs128.pdf>>
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. **Messages from the academic literature on risk measurement for the trading book BCBS**. Basel: [s.n.].
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. **Minimum capital requirements for market risk BCBS**. Basel: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.bis.org/bcbs/publ/d352.htm>>.
- BEE, M.; DUPUIS, D. J.; TRAPIN, L. Realizing the extremes: Estimation of tail-risk measures from a high-frequency perspective. **Journal of Empirical Finance**, v. 36, p.

86–99, mar. 2016.

BERTSIMAS, D.; LAUPRETE, G. J.; SAMAROV, A. Shortfall as a risk measure: Properties, optimization and applications. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 28, n. 7, p. 1353–1381, 2004.

BOLLERSLEV, T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. **Journal of Econometrics**, v. 31, p. 307–327, 1986.

BOX, G. E. P. et al. **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. 5th. ed. [s.l.] John Wiley & Sons, Ltd, 2015.

BRANDTNER, M.; KÜRSTEN, W. Consistent modeling of risk averse behavior with spectral risk measures: Wächter/Mazzoni revisited. **European Journal of Operational Research**, v. 259, n. 1, p. 394–399, 2017.

BROOKS, C. **Introductory Econometrics for Finance 2nd edition**. [s.l.: s.n.].

CHUANG, I. Y.; LU, J. R.; LEE, P. H. Forecasting volatility in the financial markets: A comparison of alternative distributional assumptions. **Applied Financial Economics**, v. 17, n. 13, p. 1051–1060, 2007.

DANIELSON, J. **Financial Risk Forecasting: The Theory and Practice of Forecasting Market Risk, with Implementation in R and Matlab**. Chichester: Willey, 2011.

DOWD, K.; COTTER, J.; SORWAR, G. Spectral risk measures: Properties and limitations. **Journal of Financial Services Research**, v. 34, n. 1, p. 61–75, 2008.

EMMER, S.; KRATZ, M.; TASCHE, D. What is the Best Risk Measure in Practice? A Comparison of Standard Measures. **SSRN Electronic Journal**, v. 18, n. 2, p. 22, 2013.

ENGLE, R. F. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987–1007, 1982.

GIANNOPOULOS, K.; TUNARU, R. Coherent risk measures under filtered historical simulation. **Journal of Banking & Finance**, v. 29, n. 4, p. 979–996, abr. 2005.

HANSEN, P. R.; LUNDE, A. A forecast comparison of volatility models: Does anything beat a GARCH(1,1)? **Journal of Applied Econometrics**, v. 20, n. 7, p. 873–889, 2005.

HUNG-CHUN, L.; YEN-HSIEN, L.; MING-CHIH, L. Forecasting China Stock Markets Volatility via GARCH Models Under Skewed-GED Distribution. **Journal of Money, Investment and Banking**, v. 7, n. 7, p. 5–15, 2009.

IGLESIAS, E. M. Value at Risk and expected shortfall of firms in the main European Union stock market indexes: A detailed analysis by economic sectors and geographical situation. **Economic Modelling**, v. 50, p. 1–8, nov. 2015.

J. P. MORGAN; REUTERS LTD. **RiskMetrics - Technical Document**. 4th. ed. New York: [s.n.].

JORION, P. Risk management for event-driven funds. **Financial Analysts Journal**, v. 64, n. 1, p. 61–73, 2008.

KOIMA, J. K.; NASSIUMA, P. N. Volatility Estimation of Stock Prices using Garch Method. **European Journal of Business and Management**(Online), v. 7, n. 19, p. 2222–2839, 2015.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1952.

MARKOWITZ, H. M. **Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments**The Engineering Economist, 1959.

MATHWORKS. **MatLab**, 2017. Disponível em: <<http://www.mathworks.com>>

MATHWORKS, C. **Econometrics Toolbox™ User's Guide**Natick, MA Mathworks, , 2015.

MCNEIL, A.; FREY, R.; EMBRECHTS, P. **Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques, and Tools**. New Jersey: Princeton University Press, 2005.

PRATT, J. W. Risk Aversion in the Small and in the Large. **Econometrica**, v. 32, n. 1–2, p. 122–136, 1964.

RICHARDSON, J. R. **Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1999.

SILVER, E. A.; PETERSON, R. **Decision systems for inventory management and production planning**. [s.l.] Willey, 1979.

SOUZA, R. C.; CAMARGO, M. E. **Análise e previsão de séries temporais: os modelos ARIMA**. 1a. ed. Santa Maria: Sedigraf, 1996.

STREPPARAVA, R. **Implementation of portfolio optimization with spectral measures of risk**. Milano: [s.n.].

WÄCHTER, H. P.; MAZZONI, T. Consistent modeling of risk averse behavior with spectral risk measures. **European Journal of Operational Research**, v. 229, n. 1, p. 487–495, 2013.

WEE, B. VAN; BANISTER, D. How to Write a Literature Review Paper? **Transport Reviews**, v. 36, n. 2, p. 278–288, 3 mar. 2016.

WIEDEMANN, A.; HAGER, P.; ROEHRL, A. **Integrated risk management with Cash-Flow-at-Risk/Earnings-at-Risk methods**Approximity GmbH. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.risknet.de/uploads/tx_bxlibrary/Wiedemann-Cash-Flow-at-Risk.pdf>.

ZHOU, B. High-Frequency Data and Volatility in Foreign-Exchange Rates. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 14, n. 1, p. 45–52, 1996.

APÊNDICE A – CÓDIGO MATLAB DO MODELO EXECUTADO

Spectral Risk Measures: um estudo comparativo para portfólios de moedas

0.a - Carrega o ambiente

Seleciona arquivo e carrega Workspace

```
tic
clearvars;
tmp_MacBook=YesNoBox('Usando o MacBook?');
if tmp_MacBook
    tmp_Folder= strcat('/Users/alexamirim/Dropbox/01-Educacao/',...
        '01-PUC PR/00-Artigos Escritos/2018-Dissertação/');
else
    tmp_Folder= strcat('/Volumes/Users/alexamirim/Dropbox/',...
        '01-Educacao/01-PUC PR/00-Artigos Escritos/2018-Dissertação/');
end
cd(strcat(tmp_Folder,'03-Dados/Workspace/'));
tmp_CarregaSTPAnteriores=YesNoBox('Carrega Setup anterior?');
if tmp_CarregaSTPAnteriores
    load('Setup.mat','stu_Setup');
    stu_Setup.Stp.Load=boolean(1);
else
    stu_Setup=struct();
    stu_Setup.Folder=tmp_Folder;
    stu_Setup.WrkWsp='Work.mat';
    stu_Setup.Stp.Load=boolean(0);
    stu_Setup.Stp.Workspace='Setup.mat';
    stu_Setup.Stp.Vars={'stu_Setup'};
    stu_Setup.Bas.Load=boolean(0);
    stu_Setup.Bas.Workspace='Base.mat';
    stu_Setup.Bas.Vars={'fts_Precos'};
    stu_Setup.Mdl.Load=boolean(0);
    stu_Setup.Mdl.Workspace='Model.mat';
    stu_Setup.Mdl.Vars={'fts_Returnos', ...
        'mdl_*', ...
        'stu_Info',...
        'stu_Output'};
end

%-----
% Seleciona as execuções/cargas
stu_Setup.Bas.Load=YesNoBox('Carregar base já importada?');
if stu_Setup.Bas.Load
    stu_Setup.Mdl.Load=YesNoBox('Carregar modelo já executado?');
else
    stu_Setup.Mdl.Load=boolean(0);
end
stu_Setup.Out.Exporta=...
    YesNoBox('Exportar saídas (tabelas excel e imagens)?');
%-----
clearvars tmp*;
save(stu_Setup.Stp.Workspace,stu_Setup.Stp.Vars{:});
toc
%-----

0.b - Setup
tic
if ~stu_Setup.Stp.Load
%Setup de Execução
    % Definicoes de variaveis de calculo
    stu_Setup.Stp.TpRetorno=boolean(1); % Retorno: [0]Discreto|[1]Contínuo
    %-----
    % Testes Estatísticos
    stu_Setup.TstStat.Alpha=0.05; % Nv. confiança para testes
    % Normalidade
    stu_Setup.TstStat.ExecNorm=YesNoBox('Executa Teste de Normalidade?');
    % Teste CDF para a série observada
    stu_Setup.TstStat.ExecCdf=YesNoBox('Teste CDF para a série?');
    % Teste ow-ANOVA
    stu_Setup.TstStat.ExecAnova=YesNoBox('Teste One-Way ANOVA?');
    % Teste de Variância
    stu_Setup.TstStat.ExecVariancia=YesNoBox('Teste de variância?');
    % Teste de Correlação
    stu_Setup.TstStat.ExecCorrel=YesNoBox('Teste de correlação?');
    %-----
```

```

% Definicoes Graficos
% Num de graficos (series) por fig no grafico retornos
stu_Setup.Stp.ChtStact=6;
% Num de graficos (ativos) por fig (QQ e Distrib. empirica)
stu_Setup.Stp.ChtPerFig=4;
%-----
else
end
% Definicoes de Saida
if stu_Setup.Out.Exporta
    stu_Setup.Out.Path.Figs=...
        strcat(stu_Setup.Folder,'04-Figuras/');
    stu_Setup.Out.Path.Tabl=...
        strcat(stu_Setup.Folder,'05-Tabelas/','MatlabOut.xlsx');
end
stu_Setup.Stp.Load=boolean(1);
save(stu_Setup.Stp.Workspace,stu_Setup.Stp.Vars{:});
toc
%-----
0.c - Importa base
A base tratada é composta pelos valores diários de fechamento das moedas em relação ao Dólar Norte-Americano (USD para 1
unidade da moeda)
tic
if stu_Setup.Bas.Load
    load(stu_Setup.Bas.Workspace,stu_Setup.Bas.Vars{:});
else
    % Incluir aqui, código utilizado pela toolbox
    % para importar e gerar a variável fts_Precos
    save(stu_Setup.Bas.Workspace,stu_Setup.Bas.Vars{:});
end
if stu_Setup.Mdl.Load
    load(stu_Setup.Mdl.Workspace,stu_Setup.Mdl.Vars{:});
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
0.d - Monta estrutura com as informações da série temporal
%Cria variável com o nome das series (stu_Info.Fatores), dtInicio e dtFim
tic
if ~stu_Setup.Mdl.Load
    tmp=ftsinfo(eval(stu_Setup.Bas.Vars{:}));
    stu_Info.Fatores=tmp.seriesnames;
    stu_Info.DtSrt=tmp.startdate;
    stu_Info.DtEnd=tmp.enddate;
    stu_Info.NrDates=tmp.ndata;
    stu_Info.NrSeries=tmp.nseries;
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
0.e - Configuração do modelo de risco
tic
% Retira amostra ou executa a base inteira
if ~stu_Setup.Mdl.Load
    stu_Setup.Mdl.Param.Amostra=YesNoBox('Retira Amostra?');
    if stu_Setup.Mdl.Param.Amostra
        %Data inicio da amostra (Retornos)
        stu_Setup.Mdl.Param.AmostraIni='01-Jan-2002';
        %Data fim da amostra
        stu_Setup.Mdl.Param.AmostraFim='31-Jul-2017';
    end
else
    tmp=ftsinfo(fts_Retornos);
    stu_Setup.Mdl.Param.AmostraIni=tmp.startdate;
    stu_Setup.Mdl.Param.AmostraFim=tmp.enddate;
end
% Setup Vol e Correl% Janelas para cálculo ={252;504}
% Janelas para cálculo ={252;504}
stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod={252};
%-----
% Setup ARIMA e Garch : Estimativa de retorno e

```

```

% volatilidade (n passos à frente)
% Períodos para o forecast do Estimador
stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_NumPer=1;

% Distribuicao de probabilidade para Estimadores
% Tipo de distribuição ('t'ou 'Gaussian')
stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_Distrib='t';
% Graus de liberdade (Para dis. T) (Buscar do modelo ARCH/GARCH)
% Otimização para o Estimador
%Modelo
stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_OptimTyp='fmincon';
% Algoritmo de otimizacao:
stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_OptimAlg=...
    'interior-point';
    % 'sqp';
    % 'active-set';
    % 'trust-region-reflective';

stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_OptimModel=...
    optimoptions(stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_OptimTyp,...
        'Algorithm',stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_OptimAlg);
% Modelo ARIMA: Para estimativa dos retornos em t+1
% Estimativa da variância incondicional (Volatilidade)
% ARIMA (1,0,0):
stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_Model=...
    arima('ARLags',1,...
        'Variance', garch(1,1),...
        'Distribution',stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_Distrib);

%-----
% Setup medidas de risco
% Holding Period
stu_Setup.Mdl.Param.RM_HoldPer=10;
%Var
% VaR: Nível de Confiança
stu_Setup.Mdl.Param.RM_VaR_ConfLvl=.95;
%ES
% ES: Nível de confiança
stu_Setup.Mdl.Param.RM_ES_ConfLvl=.95;
% ES: Número de passos para cálculo do ES.
stu_Setup.Mdl.Param.RM_ES_Precis=1000;
%Ew-SRM
% Ew-SRM: Número de passos para (integração num)
stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_Precis=10000;
% Ew-SRM: constante k de aversao ao risco
stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k={5;25};

%-----
% Otimização de portfólio
%Modelo
stu_Setup.Mdl.Param.PORT_OptimTyp='fmincon';
stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob=...
    createOptimProblem(stu_Setup.Mdl.Param.PORT_OptimTyp);
stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.options.Algorithm=...
    'interior-point';
    % 'sqp';
    % 'active-set';
    % 'trust-region-reflective';

stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.options.Display=...
    'off';
    % 'final';

%Ponto de início do processo de otimização
stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.x0(1:stu_Info.NrSeries,1)=...
    1/stu_Info.NrSeries;

% Restrições dos portfólios:
% Restrição 1: SUM W =1
% Aeq*X=Beq (Na forma de sistema de matrizes)
stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.Aeq=ones(1,stu_Info.NrSeries);
stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.beq=1;

% Restrição 2: 0<= Wg i <= 1 (Boundary)
stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.lb=zeros(stu_Info.NrSeries,1);
stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.ub=ones(stu_Info.NrSeries,1);
% Restrições (Inequações)
stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.Aineq=[];
stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.bineq=[];
% Valor financeiro máximo do portfólio (Distribuido entre os fatores)
stu_Setup.Mdl.Param.RM_PortCash=100000;

```

```

%-----
save(stu_Setup.Stp.Workspace,stu_Setup.Stp.Vars{:});
clearvars tmp*;
toc
%-----
1.a - Calcula retornos
tic
if ~stu_Setup.Mdl.Load
    % Gera variável com os retornos de acordo com a selecao
    if stu_Setup.Stp.TpRetorno %Contínuo
        fts_Returnos=tick2ret(eval(stu_Setup.Bas.Vars{1,1}),...
                               'Method','Continuous');
    else %Discreto
        fts_Returnos=tick2ret(eval(stu_Setup.Bas.Vars{1,1}),...
                               'Method','Simple');
    end
    % Caso selecionado, retira amostra para a execucao
    if stu_Setup.Mdl.Param.Amostra
        fts_Returnos=fts_Returnos(strcat(stu_Setup.Mdl.Param.AmostraIni,...
                                         '...',...
                                         stu_Setup.Mdl.Param.AmostraFim));

        tmp=ftsinfo(fts_Returnos);
        stu_Info.DtSrt=tmp.startdate;
        stu_Info.DtEnd=tmp.enddate;
        stu_Info.NrDates=tmp.ndata;
    end
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
1.b - Plota gráfico com os retornos das series
tic
tmp_NumFig=1;
tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
tmp_ChrtPerPg=stu_Setup.Stp.ChtStact;
while logical(floor(tmp_QtdFatores/(tmp_ChrtPerPg*tmp_NumFig)))
    tmp_NumFig=tmp_NumFig+1;
end
if tmp_QtdFatores<=tmp_ChrtPerPg
    tmp_HigFig=tmp_QtdFatores;
    tmp_LenFig=1;
    tmp_NumChts=tmp_QtdFatores;
else
    tmp_HigFig=tmp_ChrtPerPg;
    tmp_LenFig=1;
    tmp_NumChts=min(tmp_ChrtPerPg,tmp_QtdFatores);
end
tmp_Atv=1;
for tmp_i=1:tmp_NumFig
    tmp_fig=figure;
    for tmp_n=1:min(tmp_NumChts,tmp_QtdFatores-((tmp_i-1)*tmp_NumChts))
        subplot(tmp_HigFig,tmp_LenFig,tmp_n)
        %G=plot(ReturnosTBL(:,Atv));
        eval(['tmp_G=plot(fts_Returnos.' stu_Info.Fatores{tmp_Atv} ');']);
        set(tmp_G,'LineWidth',1);
        eval(['tmp_YMax=nanmax(fts_Returnos.' ...
                        stu_Info.Fatores{tmp_Atv} ');']);
        eval(['tmp_YMin=abs(nanmin(fts_Returnos.' ...
                        stu_Info.Fatores{tmp_Atv} ');']);
        tmp_Ylim=max(tmp_YMax,tmp_YMin)*1.1;
        ylim([-tmp_Ylim tmp_Ylim]);
        legend('hide');
        if tmp_n~=tmp_ChrtPerPg && tmp_Atv~=tmp_QtdFatores
            set(gca,'XTickLabel',{});
        end
        ylabel(stu_Info.Fatores{tmp_Atv});
        %title(strcat(Ativos{Atv}));
        hold off;
        tmp_Atv=tmp_Atv+1;
        if stu_Setup.Out.Exporta
            saveas(tmp_fig,...
                  strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                        'FIG_Returnos_',num2str(tmp_i) ,'.jpg'),...
                  'jpeg');
        end
    end
end

```

```

        end
    end
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
1.c - Plota gráfico dos retornos das séries normalizados em 1
tic
if stu_Setup.Stp.TpRetorno
    tmp_PrecoNormalizado=ret2tick(fts_Returnos,...
                                   'StartPrice',1,...
                                   'StartTime',stu_Info.DtSrt,...
                                   'Method','Continuous');
else
    tmp_PrecoNormalizado=ret2tick(fts_Returnos,...
                                   'StartPrice',1,...
                                   'StartTime',stu_Info.DtSrt,...
                                   'Method','Simple');
end
tmp_fig=figure;
plot(tmp_PrecoNormalizado);
xlabel('');
ylabel('Retorno Acumulado Padronizado em 1');
title('Retornos Acumulados');
tmp_lgd=legend('location','northeastoutside');
tmp_lgd.Box='off';
tmp_lgd.FontSize=6;
dateaxis('x',1);
if stu_Setup.Out.Exporta
    saveas(tmp_fig,...
           strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,'FIG_RetAcumPadrao',' .jpg'),...
           'jpeg');
    close(tmp_fig);
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
2 - Estatísticas descritivas para as séries de retornos
tic
tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
tmp_QtdDatas=stu_Info.NrDates;%-1;
tmp_NomeFatores=stu_Info.Fatores;
stu_Output.TbStatDesc=table(nanmean(fts_Returnos)',...
    nanvar(fts_Returnos)',...
    nanstd(fts_Returnos)',...
    kurtosis(fts_Returnos)',...
    skewness(fts_Returnos)',...
    nanmax(fts_Returnos)',...
    nanmin(fts_Returnos)',...
    nansum(fts_Returnos)',...
    'RowNames',tmp_NomeFatores,...
    'VariableNames',{'Media',...
    'Variância',...
    'DesvPad',...
    'Kurtosis',...
    'Skewness',...
    'Maximo',...
    'Minimo',...
    'Acumulado'});
disp(stu_Output.TbStatDesc); %Tabela: Estatística descritiva
stu_Output.TbCovar=array2table(nancov(fts_Returnos),...
    'RowNames',tmp_NomeFatores,...
    'VariableNames',tmp_NomeFatores);
disp(stu_Output.TbCovar); % Tabela: Matriz de covariância
% Cria Série ajustada @ mu=0 e sigma=1 para teste de Kolmogorov-Smirnov
% e plot da distribuicao observada contra distribuicao normal
clc_NormSeries(1:tmp_QtdDatas,1:tmp_QtdFatores)=zeros;
for tmp_i=1:tmp_QtdFatores
    tmp_NormSerie=...
        eval(['(fts_Returnos.' tmp_NomeFatores{tmp_i}...
            '-stu_Output.TbStatDesc{' ...
            char(39) tmp_NomeFatores{tmp_i} char(39) ...
            '}, {' char(39) 'Media' char(39) '})'/'...

```

```

        'stu_Output.TbStatDesc{' ...
        char(39) tmp_NomeFatores{tmp_i} char(39)...
        '}', {' char(39) 'DesvPad' char(39) '}};'];
    clc_NormSeries(:,tmp_i)=fts2mat(tmp_NormSerie);
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
3.a - Teste de normalidade
tic
if stu_Setup.TstStat.ExecNorm
    tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
    tmp_NomeFatores=stu_Info.Fatores;
    tmp_alpha=stu_Setup.TstStat.Alpha;

    clc_ReturnosTBL=fts2mat(fts_Returnos,0,stu_Info.Fatores);

% Shapiro-Wilk/Shapiro-Francia @ alpha (Pequena amostra: <50 )
    if size(clc_ReturnosTBL,1)<=5000
        stu_Output.ShapiroWilkTst=swtest(clc_ReturnosTBL,tmp_alpha);
        disp('Resultado Shapiro-Wilk/Shapiro-Francia: ');
        disp(stu_Output.ShapiroWilkTst);
    else
        stu_Output.ShapiroWilkTst='Sample is large enough to this test.';
        disp('Amostra maior que 5000 elementos. Teste não realizado.')
    end
%-----

% Jarque-Bera - @ alpha
    tmp_Tbl(1:tmp_QtdFatores,1:3)=zeros;
    tmp_TstResult=cell(tmp_QtdFatores,1);
    for tmp_i=1:tmp_QtdFatores
        [tmp_h,tmp_p,tmp_jbstat,tmp_cv]=jbtest(clc_ReturnosTBL(:,tmp_i),...
            tmp_alpha,... % Alpha
            0.001); % mctool - Erro maximo da simulacao de monte-carlo
        if logical(tmp_h)
            tmp_TstResult{tmp_i}=strcat('Reject H0');%h;
        else
            tmp_TstResult{tmp_i}=strcat('Do not Reject H0');%h;
        end
        tmp_Tbl(tmp_i,1)=tmp_p;
        tmp_Tbl(tmp_i,2)=tmp_jbstat;
        tmp_Tbl(tmp_i,3)=tmp_cv;
    end

    stu_Output.JarqueBeraTst=...
        table(tmp_TstResult,tmp_Tbl(:,1),tmp_Tbl(:,2),tmp_Tbl(:,3),...
            'RowNames', tmp_NomeFatores,...
            'VariableNames',{'H'},...
            'pValue',...
            'TestStat',...
            'CriticalValue'});
    disp('Resultado Jarque Bera: ');
    disp(stu_Output.JarqueBeraTst);

    clearvars tmp_TstResult tmp_Tbl;
%-----

% Lilliefors test. @ alpha
    tmp_Tbl(1:tmp_QtdFatores,1:3)=zeros;
    tmp_TstResult=cell(tmp_QtdFatores,1);
    for tmp_i=1:tmp_QtdFatores
        [tmp_h,tmp_p,tmp_kstat,tmp_cv]=...
            lillietest(clc_ReturnosTBL(:,tmp_i),...
                'Alpha',tmp_alpha,...
                'Distr','norm',...
                'MCTol',0.001);
        if logical(tmp_h)
            tmp_TstResult{tmp_i}=strcat('Reject H0');%h;
        else
            tmp_TstResult{tmp_i}=strcat('Do not Reject H0');%h;
        end
        tmp_Tbl(tmp_i,1)=tmp_p;
        tmp_Tbl(tmp_i,2)=tmp_kstat;
        tmp_Tbl(tmp_i,3)=tmp_cv;
    end

```

```

end

stu_Output.LillieforsTst=...
    table(tmp_TstResult,tmp_Tbl(:,1),tmp_Tbl(:,2),tmp_Tbl(:,3),...
        'RowNames', tmp_NomeFatores,...
        'VariableNames',{'H',...
        'pValue',...
        'TestStat',...
        'CriticalValue'});
disp('Resultado Lilliefors: ')
disp(stu_Output.LillieforsTst);
%-----
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
3.b - Teste de Kolmogorov-Smirnov:
testa se duas séries possuem a mesma CDF
tic
if stu_Setup.TstStat.ExecCdf
    tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
    tmp_NomeFatores=stu_Info.Fatores;
    tmp_alpha=stu_Setup.TstStat.Alpha;
    %One sample Kolmogorov Smirnov: Teste normalidade (Mu=0 e sigma=1)
    tmp_Tbl(1:tmp_QtdFatores,1:3)=zeros;
    tmp_TstResult=cell(tmp_QtdFatores,1);
    for tmp_i=1:tmp_QtdFatores
        [tmp_h,tmp_p,tmp_ksstat,tmp_cv]=kstest(clc_NormSeries(:,tmp_i),...
            'Alpha',tmp_alpha,...
            'Tail','unequal');
        if logical(tmp_h)
            tmp_TstResult{tmp_i}=strcat('Reject H0');%h;
        else
            tmp_TstResult{tmp_i}=strcat('Do not Reject H0');%h;
        end
        tmp_Tbl(tmp_i,1)=tmp_p;
        tmp_Tbl(tmp_i,2)=tmp_ksstat;
        tmp_Tbl(tmp_i,3)=tmp_cv;
    end
    stu_Output.KlmgvrSmrnvTst=...
        table(tmp_TstResult,tmp_Tbl(:,1),tmp_Tbl(:,2),tmp_Tbl(:,3),...
            'RowNames', tmp_NomeFatores,...
            'VariableNames',{'H',...
            'pValue',...
            'TestStat',...
            'CriticalValue'});
    disp('Teste de Kolmogorov Smirnov - Uma Amostra: ')
    disp(stu_Output.KlmgvrSmrnvTst);
    clearvars tmp_TstResult tmp_Tbl;
    %-----
    % Two sample Kolmogorov Smirnov: checa se duas series vem da mesma
    % distribuicao
    tmp_Tbl(1:tmp_QtdFatores,1:4)=zeros;
    tmp_TstResult=cell(tmp_QtdFatores,tmp_QtdFatores);
    tmp_k2stat(1:tmp_QtdFatores,1:tmp_QtdFatores)=zeros;
    for tmp_i=1:tmp_QtdFatores
        for tmp_j=1: tmp_QtdFatores
            [tmp_h(tmp_i,tmp_j),...
                tmp_p(tmp_i,tmp_j),...
                tmp_k2stat(tmp_i,tmp_j)]=...
                kstest2(clc_RetornosTBL(:,tmp_i),...
                    clc_RetornosTBL(:,tmp_j),...
                    'Alpha', tmp_alpha,...
                    'Tail','unequal');
            if logical(tmp_h(tmp_i,tmp_j))
                tmp_TstResult{tmp_i,tmp_j}=strcat('Reject H0');
            else
                tmp_TstResult{tmp_i,tmp_j}=strcat('Do not Reject H0');
            end
        end
    end
    end
    stu_Output.KlmgvrSmrnv2sTst_h=cell2table(tmp_TstResult,...
        'RowNames', tmp_NomeFatores,...
        'VariableNames', tmp_NomeFatores);

```

```

stu_Output.KlmgrvSmrnv2sTst_p=array2table(tmp_p,...
    'RowNames', tmp_NomeFatores,...
    'VariableNames', tmp_NomeFatores);
stu_Output.KlmgrvSmrnv2sTst_stat=array2table(tmp_k2stat,...
    'RowNames', tmp_NomeFatores,...
    'VariableNames', tmp_NomeFatores);
disp('Teste de Kolmogorov Smirnov - Entre duas amostras: ')
disp(stu_Output.KlmgrvSmrnv2sTst_h);
disp('p-Valor teste Kolmogorov Smirnov - Entre duas amostras: ')
disp(stu_Output.KlmgrvSmrnv2sTst_p);
disp('Estatística teste Kolmogorov Smirnov - Entre duas amostras: ')
disp(stu_Output.KlmgrvSmrnv2sTst_stat);
%-----
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
3.c - Plota Gráficos CDFxNormal e QxQ (Quantile x Quantile)
tic
if stu_Setup.TstStat.ExecNorm || stu_Setup.TstStat.ExecCdf

    % Configura grafico empirico de normalidade
    tmp_NumFig=1;
    tmp_ChrtPerFig=stu_Setup.Stp.ChtPerFig;
    tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
    tmp_alpha=stu_Setup.TstStat.Alpha;
    tmp_NomeFatores=stu_Info.Fatores;

    while logical(floor(tmp_QtdFatores/(tmp_ChrtPerFig*tmp_NumFig)))
        tmp_NumFig=tmp_NumFig+1;
    end

    if tmp_QtdFatores==1
        tmp_HigFig=1;
        tmp_LenFig=1;
        tmp_NumChts=1;
    elseif tmp_QtdFatores==2
        tmp_HigFig=2;
        tmp_LenFig=1;
        tmp_NumChts=2;
    elseif tmp_QtdFatores<=4
        tmp_HigFig=2;
        tmp_LenFig=2;
        tmp_NumChts=tmp_QtdFatores;
    else
        tmp_LenFig=sqrt(tmp_ChrtPerFig);
        tmp_HigFig=sqrt(tmp_ChrtPerFig);
        tmp_NumChts=min(tmp_ChrtPerFig,tmp_QtdFatores);
    end
    %-----

    % Plota CDF x Normal
    tmp_Atv=1;
    for tmp_i=1:tmp_NumFig
        tmp_fig=figure;
        for tmp_n=1:min(tmp_NumChts,tmp_QtdFatores-((tmp_i-1)*tmp_NumChts))
            subplot(tmp_HigFig,tmp_LenFig,tmp_n)
            [tmp_f,tmp_x_values]=ecdf(clc_NormSeries(:,tmp_Atv),...
                'alpha',tmp_alpha,...
                'function','cdf');
            tmp_F=scatter(tmp_x_values,tmp_f, '.');
            hold on;
            tmp_G=plot(tmp_x_values,...
                normcdf(tmp_x_values,...
                    0,...
                    1,...
                    table2array(stu_Output.TbCovar),...
                    tmp_alpha),...
                'r-');
            set(tmp_G, 'LineWidth', 1);
            title(tmp_NomeFatores{tmp_Atv});
            hold off;
            tmp_Atv=tmp_Atv+1;
        end
    end
end

```

```

        if stu_Setup.Out.Exporta
            saveas(tmp_fig,...
                strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                    'FIG_CDFxNORM_', num2str(tmp_i),'.jpg'),...
                    'jpeg');
            close(tmp_fig);
        end
    end
end
%-----

% Plota Grafico QxQ
tmp_Atv=1;
for tmp_i=1:tmp_NumFig
    tmp_fig=figure;
    for tmp_n=1:min(tmp_NumChts,tmp_QtdFatores-((tmp_i-1)*tmp_NumChts))
        subplot(tmp_HigFig,tmp_LenFig,tmp_n)
        qqplot(clc_RetornosTBL(:,tmp_Atv))
        title(tmp_NomeFatores{tmp_Atv});
        hold off;
        tmp_Atv=tmp_Atv+1;
    end
    if stu_Setup.Out.Exporta
        saveas(tmp_fig,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_QxQ_', num2str(tmp_i),'.jpg'),...
                'jpeg');
        close(tmp_fig);
    end
end
%-----
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----

3.d - Testes one-way ANOVA e Kruskal-Wallis
tic
if stu_Setup.TstStat.ExecAnova
    tmp_alpha=stu_Setup.TstStat.Alpha;
    tmp_NomeFatores=stu_Info.Fatores;
    % OW Anova
    [tmp_owAnova_pValor,...
        tmp_owAnova_TBL,...
        tmp_owAnova_STAT]=anova1(clc_RetornosTBL,tmp_NomeFatores);
    [tmp_owAnova_MC_Results,...
        tmp_owAnova_MC_Estimates,...
        tmp_owAnova_MC_Figure,...
        tmp_owAnova_MC_GroupNames]=multcompare(tmp_owAnova_STAT,...
            'Alpha',tmp_alpha,...
            'CType','tukey-kramer',...
            'Display','on',...
            'Estimate','column');
    stu_Output.owAnovaMulticompareTBL=...
        cell2table(...
            [tmp_owAnova_MC_GroupNames(tmp_owAnova_MC_Results(:,1)),...
                tmp_owAnova_MC_GroupNames(tmp_owAnova_MC_Results(:,2)),...
                num2cell(tmp_owAnova_MC_Results(:,3:6))], ...
            'VariableNames',...
            {'Smpl1',...
                'Smpl2',...
                strcat('Lower_Lim_at_',...
                    num2str((1 - tmp_alpha)*100),...
                    'pc'),...
                'Diff_of_Estm_Means',...
                strcat('Upper_Lim_at_',...
                    num2str((1 - tmp_alpha)*100),...
                    'pc'),...
                'pValue'...
            }...
        );
    %-----
    % Kruskal-Wallis
    [tmp_KruskWall_pValor,...
        tmp_KruskWall_TBL,...
        tmp_KruskWall_STAT]=kruskalwallis(clc_RetornosTBL,tmp_NomeFatores);

```

```

[tmp_KruskWall_MC_Results,...
tmp_KruskWall_MC_Estimates,...
tmp_KruskWall_MC_Figure,...
tmp_KruskWall_MC_GroupNames]=multcompare(tmp_KruskWall_STAT,...
                                         'Alpha',tmp_alpha,...
                                         'CType','tukey-kramer',...
                                         'Display','on',...
                                         'Estimate','column');

stu_Output.KruskWallMulticompareTBL=...
    cell2table(...
        [tmp_KruskWall_MC_GroupNames(tmp_KruskWall_MC_Results(:,1)),...
        tmp_KruskWall_MC_GroupNames(tmp_KruskWall_MC_Results(:,2)),...
        num2cell(tmp_KruskWall_MC_Results(:,3:6))],...
        'VariableNames',...
        {'Smpl1',...
        'Smpl2',...
        strcat('Lower_Lim_at_',...
            num2str((1 - tmp_alpha)*100),...
            'pc'),...
        'Diff_of_Estm_Means',...
        strcat('Upper_Lim_at_',...
            num2str((1 - tmp_alpha)*100),...
            'pc'),...
        'pValue'...
        }...
    );

%-----
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
3.e - Teste multiamostra para variância
tic
if stu_Setup.TstStat.ExecVariancia
    [tmp_MultVar_pValor,...
    tmp_MultVar_STAT]...
    =vartestn(clc_ReturnosTBL,...
        'Display','on',...
        'TestType','LeveneQuadratic');
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
3.f - Testes das correlações
tic
if stu_Setup.TstStat.ExecCorrel
    tmp_alpha=stu_Setup.TstStat.Alpha;
    tmp_NomeFatores=stu_Info.Fatores;

    % Pearson
    [tmp_R,tmp_pVal]=corrplot(clc_ReturnosTBL,...
        'type','Pearson',...
        'rows','pairwise',...
        'tail','both',...
        'varNames',tmp_NomeFatores,...
        'testR','on',...
        'alpha',tmp_alpha);
    if stu_Setup.Out.Exporta
        tmp_fig=gcf;
        tmp_haxes=findobj(tmp_fig,'Type','Axes');
        %to change all the axes limit
        set(tmp_fig , 'Name', 'Correlação de Pearson', ...
            'NumberTitle', 'off', ...
            'units', 'normalized', ...
            'outerposition', [0 0 889 500]);
        %set(tmp_fig , 'Units', 'centimeters');
        set(tmp_haxes , 'FontSize', 10);

        saveas(tmp_fig,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_CorrelPearson','.jpg'),...
            'jpeg');
        close(tmp_fig);
    end
end

```

```

end
stu_Output.CorrrelPearson_Tbl=array2table(tmp_R,...
    'RowNames',tmp_NomeFatores,...
    'VariableNames',tmp_NomeFatores);
stu_Output.CorrrelPearson_pValor=array2table(tmp_pVal,...
    'RowNames',tmp_NomeFatores,...
    'VariableNames',tmp_NomeFatores);
disp('Correlação de Pearson');
disp(stu_Output.CorrrelPearson_Tbl);
%-----
% Kendall
[tmp_R,tmp_pVal]=corrplot(clc_RetornosTBL,...
    'type','Kendall',...
    'rows','pairwise',...
    'tail','both',...
    'varNames',tmp_NomeFatores,...
    'testR','on',...
    'alpha',tmp_alpha);
if stu_Setup.Out.Exporta
    tmp_fig=gcf;
    tmp_haxes=findobj(tmp_fig,'Type','Axes');
    %to change all the axes limit
    set(tmp_fig,'Name','Correlação de Kendall',...
        'NumberTitle','off',...
        'units','normalized',...
        'outerposition',[0 0 889 500]);
    %set(tmp_fig,'Units','centimeters');
    set(tmp_haxes,'FontSize',10);

    saveas(tmp_fig,...
        strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
            'FIG_CorrrelKendall','.jpg'),...
        'jpeg');
    close(tmp_fig);
end
stu_Output.CorrrelKendall_Tbl=array2table(tmp_R,...
    'RowNames',tmp_NomeFatores,...
    'VariableNames',tmp_NomeFatores);
stu_Output.CorrrelKendall_pValor=array2table(tmp_pVal,...
    'RowNames',tmp_NomeFatores,...
    'VariableNames',tmp_NomeFatores);
disp('Correlação de Kendall');
disp(stu_Output.CorrrelKendall_Tbl);
%-----

% Spearman
[tmp_R,tmp_pVal]=corrplot(clc_RetornosTBL,...
    'type','Spearman',...
    'rows','pairwise',...
    'tail','both',...
    'varNames',tmp_NomeFatores,...
    'testR','on',...
    'alpha',tmp_alpha);
if stu_Setup.Out.Exporta
    tmp_fig=gcf;
    tmp_haxes=findobj(tmp_fig,'Type','Axes');
    %to change all the axes limit
    set(tmp_fig,'Name','Correlação de Spearman',...
        'NumberTitle','off',...
        'units','normalized',...
        'outerposition',[0 0 889 500]);
    %set(tmp_fig,'Units','centimeters');
    set(tmp_haxes,'FontSize',10);

    saveas(tmp_fig,...
        strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
            'FIG_CorrrelSpearman','.jpg'),...
        'jpeg');
    close(tmp_fig);
end
stu_Output.CorrrelSpearman_Tbl=array2table(tmp_R,...
    'RowNames',tmp_NomeFatores,...
    'VariableNames',tmp_NomeFatores);
stu_Output.CorrrelSpearman_pValor=array2table(tmp_pVal,...
    'RowNames',tmp_NomeFatores,...

```

```

        'VariableNames',tmp_NomeFatores);
    disp('Correlação de Spearman');
    disp(stu_Output.CorrelSpearman_Tbl);
    %-----
end
%-----
clearvars tmp*; %clc*;
toc
%-----
4 - Estima a volatilidade, matriz de correlação e estatísticas
descritivas para as janelas
tic
clearvars tmp*
% Variáveis temporárias
% Básicas
    tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
% Maior janela de análise
    tmp_WindModel=stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod;
    tmp_LargIndex=max(tmp_WindModel{:});
% Limites do modelo
    tmp_LimDatas=size(fts_Returnos.dates,1)-1;
    tmp_LimJanel=size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1);

% Estat Descritivas
    clc_RetMed=cell(tmp_LimJanel);
    clc_VolObs=cell(tmp_LimJanel);
    clc_Correl=cell(tmp_LimJanel);
    clc_Kurtos=cell(tmp_LimJanel);
    clc_Skewn=cell(tmp_LimJanel);
    clc_Variancia=cell(tmp_LimJanel);
    clc_Maximo=cell(tmp_LimJanel);
    clc_Minimo=cell(tmp_LimJanel);
    clc_Acumul=cell(tmp_LimJanel);

% ARIMA/GARCH
    tmp_ESTIM_Mdl=stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_Model;
    tmp_ESTIM_OptimModel=stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_OptimModel;
    tmp_ESTIM_nrPer=stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_NumPer;
    tmp_ESTIM_Distrib=stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_Distrib;
    % Volatilidade a ser estimada (pelo holding period)
    tmp_Forecast=stu_Setup.Mdl.Param.RM_HoldPer;

% Monta variáveis onde serão salvos os valores do modelo de estimação
% para cada período de cada uma das janelas
    % Estim. Retornos
    clc_ESTIM_RetEst=cell(tmp_LimJanel);
    clc_ESTIM_VolEst=cell(tmp_LimJanel);
    clc_ESTIM_Param=cell(tmp_LimJanel);
    tmp_Vol(1,1:tmp_QtdFatores)=zeros;
    tmp_Rtrn(1,1:tmp_QtdFatores)=zeros;
    tmp_DOFt(1,1:tmp_QtdFatores)=zeros;
    tmp_VolInf(1,1:tmp_QtdFatores)=zeros;
    tmp_fit=cell(1,tmp_QtdFatores);
% WaitBar
    tmp_WaitBarSize=tmp_LimDatas*tmp_LimJanel;

% Inicia parallel pool
    if ~exist('tmp_paral','var') && isempty(gcp('nocreate'))
        prl_paral=parpool('local');
    elseif ~prl_paral.Connected
        prl_paral=parpool('local');
    end
toc
%-----
Estatísticas descritivas para cada janela de análise
tic
clearvars clc_Correl clc_RetMed clc_VolObs;
% Roda todas as datas disponíveis para análise
for tmp_t=tmp_LargIndex:tmp_LimDatas+1
    tmp_Indx=tmp_t-tmp_LargIndex+1;
    % Roda para cada tamanho de janela
    tmp_DtFim=datestr(fts_Returnos.dates(tmp_t));
    for tmp_w=1:tmp_LimJanel
        %Monta objeto fints temporario
        tmp_DtInicio=...

```

```

        datestr(fts_Retornos.dates(tmp_t-tmp_WindModel{tmp_w}+1));
        tmp_FTS=fts_Retornos(strcat(tmp_DtInicio, '::', tmp_DtFim));

% Retorno médio
clc_RetMed{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtFim);
clc_RetMed{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=nanmean(tmp_FTS);
% Variância
clc_Variancia{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtFim);
clc_Variancia{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=nanvar(tmp_FTS);

% Vol Observada (DesvPad)
clc_VolObs{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtFim);
clc_VolObs{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=nanstd(tmp_FTS);
% Kurtosis
clc_Kurtos{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtFim);
clc_Kurtos{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=kurtosis(tmp_FTS);
% Skewness
clc_Skewn{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtFim);
clc_Skewn{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=skewness(tmp_FTS);
% Maximo
clc_Maximo{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtFim);
clc_Maximo{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=nanmax(tmp_FTS);

% Minimo
clc_Minimo{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtFim);
clc_Minimo{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=nanmin(tmp_FTS);

% Acumulado
clc_Acumul{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtFim);
clc_Acumul{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=nansum(tmp_FTS);
% Matriz de Correlação para nível de confiança 1-alpha
tmp_Correl=corrcoef(tmp_FTS);
clc_Correl{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtFim);
clc_Correl{tmp_w}(tmp_Indx,2)=...
    array2table(tmp_Correl,...
        'RowNames',stu_Info.Fatores,...
        'VariableNames',stu_Info.Fatores);
    end
end
toc
%-----
Estima Retorno e Volatilidade para t+1
Estima retornos pelo modelo ARIMA (1,0,0) e volatilidade pelo GARC(1,1)
tic
clearvars tmp_Vol clc_ESTIM*;
tmp_WaitBar=...
waitbar(0,...
'Calculando estimadores de retorno (ARCH) e volatilidade (GARCH): ');
for tmp_t=tmp_LargIndex:tmp_LimDatas
    tmp_Indx=tmp_t-tmp_LargIndex+1;
    tmp_DtFim=datestr(fts_Retornos.dates(tmp_t));
    tmp_DtEst=fts_Retornos.dates(tmp_t+1);
    % Roda Estimador para cada tamanho de janela
    for tmp_w=1:tmp_LimJanel
        % Monta objeto temporário de série temporal com os retornos da
        % janela
        tmp_DtInicio=...
            datestr(fts_Retornos.dates(tmp_t-tmp_WindModel{tmp_w}+1));
        tmp_FTS=fts_Retornos(strcat(tmp_DtInicio, '::', tmp_DtFim));
        tmp_Mat=fts2mat(tmp_FTS);
        % Roda Modelo de estimação
        if tmp_Indx==1
            % Estima as constantes do modelo para a primeira observação
            parfor tmp_f=1:tmp_QtdFatores
                tmp_fit{tmp_f}=estimate(tmp_ESTIM_Mdl,...
                    tmp_Mat(:,tmp_f),...
                    'Display','off',...
                    'Variance0',{'Constant0',0.001},...
                    'Options',tmp_ESTIM_OptimModel);
            [tmp_E0,...
                tmp_V0]=infer(tmp_fit{tmp_f},tmp_Mat(:,tmp_f));
            [tmp_clcRet,...
                ~,...
                tmp_clcVol]=forecast(tmp_fit{tmp_f},...
                    tmp_Forecast,...

```

```

                                'Y0',tmp_Mat(:,tmp_f),...
                                'E0',tmp_E0,...
                                'V0',tmp_V0);
    tmp_Vol(1,tmp_f)=sqrt(tmp_clcVol(tmp_ESTIM_nrPer));
    tmp_Rtrn(1,tmp_f)=tmp_clcRet(tmp_ESTIM_nrPer);
end
else
    % Utiliza as constantes da execução anterior como entrada para
    % o modelo de estimação
    tmp_prevFit=clc_ESTIM_Param{tmp_w}(tmp_Indx-1,2:end);
    parfor tmp_f=1:tmp_QtdFatores
        tmp_Cnst=tmp_prevFit{1,tmp_f}.Variance.Constant;
        tmp_a0=tmp_prevFit{1,tmp_f}.Variance.ARCH{1};
        tmp_g0=tmp_prevFit{1,tmp_f}.Variance.GARCH{1};

        tmp_fit{tmp_f}=estimate(tmp_ESTIM_Mdl,...
                                tmp_Mat(:,tmp_f),...
                                'Variance0',{'Constant0',tmp_Cnst,...
                                                'GARCH0',tmp_g0,...
                                                'ARCH0',tmp_a0},...
                                'Display','off',...
                                'Options',tmp_ESTIM_OptimModel);

        [tmp_E0,...
         tmp_V0]=infer(tmp_fit{tmp_f},tmp_Mat(:,tmp_f));
        [tmp_clcRet,...
         ~,...
         tmp_clcVol]=forecast(tmp_fit{tmp_f},...
                              tmp_Forecast,...
                              'Y0',tmp_Mat(:,tmp_f),...
                              'E0',tmp_E0,...
                              'V0',tmp_V0);
        tmp_Vol(1,tmp_f)=sqrt(tmp_clcVol(tmp_ESTIM_nrPer));
        tmp_Rtrn(1,tmp_f)=tmp_clcRet(tmp_ESTIM_nrPer);
    end
    clearvars tmp_prevFit;
end

clc_ESTIM_VolEst{tmp_w}(tmp_Indx,1)=tmp_DtEst;
clc_ESTIM_VolEst{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=tmp_Vol;

clc_ESTIM_RetEst{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtEst);
clc_ESTIM_RetEst{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=tmp_Rtrn;

clc_ESTIM_Param{tmp_w}{tmp_Indx,1}=tmp_DtEst;
clc_ESTIM_Param{tmp_w}{tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1}=tmp_fit;
end
tmp_TotalRuns=tmp_LimDatas+1-tmp_LargIndex;
tmp_Percentage=(tmp_Indx)/(tmp_TotalRuns);
waitbar(tmp_Percentage, ...
         tmp_WaitBar,...
         ['ARIMA/GARCH: ' sprintf('%.2f%%',tmp_Percentage*100)]);
end
close(tmp_WaitBar);
toc
%-----
Estima retornos por média móvel ponderada exponencialmente
tic
clc_ESTIM_RetEst2=cell(tmp_LimJanel);
for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    tmp_WinSize=tmp_WindModel{tmp_w};
    tmp_RetWght=zeros(tmp_WinSize,1);
    tmp_RetWght=(1./(size(tmp_RetWght,1):-1:1).^2)';
    tmp_RetWght=tmp_RetWght/sum(tmp_RetWght,1);

    for tmp_t=tmp_LargIndex:tmp_LimDatas
        tmp_DtEst=fts_Retornos.dates(tmp_t+1);
        tmp_DtFim=datestr(fts_Retornos.dates(tmp_t));
        tmp_Indx=tmp_t-tmp_LargIndex+1;
        tmp_DtInicio=...
            datestr(fts_Retornos.dates(tmp_t-tmp_WindModel{tmp_w}+1));
        %Monta objeto fints temporario
        tmp_FTS=fts_Retornos(strcat(tmp_DtInicio,'::',tmp_DtFim));
        tmp_FTS=tmp_RetWght.*tmp_FTS;
    end
end

```

```

        clc_ESTIM_RetEst2{tmp_w}(tmp_Indx,1)=datenum(tmp_DtEst);
        clc_ESTIM_RetEst2{tmp_w}(tmp_Indx,2:tmp_QtdFatores+1)=nansum(tmp_FTS);
    end
end
toc
%-----
Cria variáveis de série temporal para as estimativas
tic
mdl_ESTIM=struct();
mdl_ESTIM.Param=clc_ESTIM_Param;
mdl_OBSRV=struct();
mdl_RISCO=struct();
for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    mdl_ESTIM.Volat{tmp_w}=fints(clc_ESTIM_VolEst{tmp_w}(:,1),...
                                clc_ESTIM_VolEst{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
    mdl_ESTIM.RetEst{tmp_w}=fints(clc_ESTIM_RetEst{tmp_w}(:,1),...
                                clc_ESTIM_RetEst{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
    mdl_ESTIM.RetEst2{tmp_w}=fints(clc_ESTIM_RetEst2{tmp_w}(:,1),...
                                clc_ESTIM_RetEst2{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
    mdl_OBSRV.Correl{tmp_w}=clc_Correl{tmp_w};

    mdl_OBSRV.RetMed{tmp_w}=fints(clc_RetMed{tmp_w}(:,1),...
                                clc_RetMed{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
    mdl_OBSRV.Variancia{tmp_w}=fints(clc_Variancia{tmp_w}(:,1),...
                                clc_Variancia{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
    mdl_OBSRV.Volat{tmp_w}=fints(clc_VolObs{tmp_w}(:,1),...
                                clc_VolObs{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
    mdl_OBSRV.Kurtosis{tmp_w}=fints(clc_Kurtos{tmp_w}(:,1),...
                                clc_Kurtos{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
    mdl_OBSRV.Skewness{tmp_w}=fints(clc_Skewn{tmp_w}(:,1),...
                                clc_Skewn{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
    mdl_OBSRV.Maximo{tmp_w}=fints(clc_Maximo{tmp_w}(:,1),...
                                clc_Maximo{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
    mdl_OBSRV.Minimo{tmp_w}=fints(clc_Minimo{tmp_w}(:,1),...
                                clc_Minimo{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
    mdl_OBSRV.Acumulado{tmp_w}=fints(clc_Acumul{tmp_w}(:,1),...
                                clc_Acumul{tmp_w}(:,2:end),...
                                stu_Info.Fatores);
end
toc
%-----
Limpa Variáveis e salva workspace Model.mat
tic
clearvars tmp* clc*;
save(stu_Setup.Mdl.Workspace,stu_Setup.Mdl.Vars{:});
toc
5 - Otimização de portfólios
Variáveis Temporárias e de cálculo
tic
clearvars tmp*;
% Básicas
    tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
% Maior janela de análise
    tmp_WindModel=stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod;
    tmp_LargIndex=max(tmp_WindModel{:});
% Início das séries de análise (ts1)
    tmp_DtInicioMod=datestr(fts_Returnos.dates(tmp_LargIndex));
    tmp_DtFim='';
    tmp_DtInicio='';
% Limites do modelo
    tmp_LimDatas=size(fts_Returnos.dates,1)-1;
    tmp_LimJanel=size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1);
    tmp_QtdDatas=tmp_LimDatas-tmp_LargIndex;
% Peso inicial dos fatores

```

```

tmp_Wght0(tmp_QtdFatores,1,tmp_QtdDatas+1)=zeros;
tmp_Wght0(:, :, :)=1/tmp_QtdFatores;
tmp_Wght1(tmp_QtdFatores,1,tmp_QtdDatas+1)=zeros;
clc_Corrl(tmp_QtdFatores,tmp_QtdFatores,tmp_QtdDatas-1)=zeros;

% Modelo Otimização
tmp_OptModel=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.options;
tmp_OptModel.UseParallel=1;
tmp_OptModel.Algorithm='interior-point';
tmp_OptModel.Display='off';
% Otimizacao Global
tmp_OptProb_x0=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.x0;
tmp_OptProb_Aineq=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.Aineq;
tmp_OptProb_bineq=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.bineq;
tmp_OptProb_Aeq=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.Aeq;
tmp_OptProb_beq=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.beq;
tmp_OptProb_lb=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.lb;
tmp_OptProb_ub=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.ub;
tmp_OptProb_nonlcon=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.nonlcon;
tmp_OptProb_solver=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.solver;
tmp_OptProb_options=stu_Setup.Mdl.Param.PORT_Prob.options;
tmp_GS=GlobalSearch;
tmp_GS.Display='off';

% Restrições dos portfólios:
% Restrição 1: SUM W =1
tmp_A=[];
tmp_b=[];

tmp_Aeq=ones(1,tmp_QtdFatores);
tmp_beq=1;
% Restrição 2: 0<= Wg i <= 1
tmp_lb=zeros(tmp_QtdFatores,1);
tmp_ub=ones(tmp_QtdFatores,1);
% Verifica o tipo de distribuição e
% Monta matriz com os graus de liberdade (DOF)
tmp_Dist=stu_Setup.Mdl.Param.ESTIM_Distrib;
tmp_DOF=cell(tmp_LimJanel);
if strcmp(tmp_Dist,'t')
    for tmp_w=1:tmp_LimJanel
        for tmp_f=2:tmp_QtdFatores+1
            for tmp_t=1:tmp_QtdDatas+1
                tmp_DOF{tmp_w}(tmp_t,tmp_f-1)=...
                    mdl_ESTIM.Param{tmp_w,1}{tmp_t,tmp_f}...
                    .Distribution.DoF;
            end
        end
    end
end
end
end
toc
%-----
5.a.1 – Prepara vetores de probabilidade para otimização: Retornos ARIMA
tic
tmp_Alpha=stu_Setup.Mdl.Param.RM_ES_ConfLvl;
tmp_PrecisES=stu_Setup.Mdl.Param.RM_ES_Precis;
tmp_PrecisSRM=stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_Precis;
tmp_RiskAvers=stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k;
tmp_P=[1/tmp_PrecisSRM:1/tmp_PrecisSRM:.9999]';
for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    tmp_Retrn=fts2mat(mdl_ESTIM.RetEst{tmp_w,1});

% Monta tabela de distribuição para o VaR:
if strcmp(tmp_Dist,'t')
    % Calcula a inversa da Distribuicao de probabilidade
    tmp_PhiVar=icdf('tLocationScale',...
        stu_Setup.Mdl.Param.RM_VaR_ConfLvl,...
        tmp_Retrn,...
        1,...
        tmp_DOF{tmp_w});
    tmp_PhiVar=tmp_PhiVar.*((tmp_DOF{tmp_w}-2)./tmp_DOF{tmp_w}).^(1/2));
elseif strcmp(tmp_Dist,'Gaussian')
    tmp_PhiVar=icdf('Normal',...
        stu_Setup.Mdl.Param.RM_VaR_ConfLvl,...
        tmp_Retrn,...

```

```

        1);
    end
    mdl_RISCO.VAR.Phi{tmp_w,1}=tmp_PhiVar;

% Monta tabela de distribuição para o ES:
    tmp_PhiES=[tmp_Alpha:1/tmp_PrecisES:0.9999]';
    if strcmp(tmp_Dist,'t')
% Calcula a inversa da Distribuicao de probabilidade
        tmp_InvDist=icdf('tLocationScale',...
            tmp_Alpha,...
            tmp_Retrn,...
            1,...
            tmp_DOE{tmp_w});

    tmp_PhiES=pdf('tLocationScale',...
        tmp_InvDist,...
        tmp_Retrn,...
        1,...
        tmp_DOE{tmp_w});

    tmp_PhiES=...
        tmp_PhiES.*(((tmp_DOE{tmp_w}-2)./tmp_DOE{tmp_w}).^(1/2));
    tmp_PhiES=...
        tmp_PhiES.*(tmp_DOE{tmp_w}+tmp_InvDist.^2);

    tmp_PhiES=...
        tmp_PhiES./((1-tmp_Alpha).*(tmp_DOE{tmp_w}-1));
    elseif strcmp(tmp_Dist,'Gaussian')
        tmp_InvDist=icdf('Normal',...
            tmp_Alpha,...
            fts2mat(mdl_ESTIM.RetEst{tmp_w}),...
            1);
        tmp_PhiES=pdf('Normal',...
            tmp_InvDist,...
            0,...
            1);
    tmp_PhiES=tmp_PhiES./(1-tmp_Alpha);
    end
    mdl_RISCO.ES.Phi{tmp_w,1}=tmp_PhiES;

% Monta tabela de distribuição para as SRM
    for tmp_k=1:length(tmp_RiskAvers)
        tmp_RiskConst=tmp_RiskAvers{tmp_k};
        tmp_PhiSRM=zeros(tmp_QtdDadas+1,tmp_QtdFatores);
        tmp_Phase1=tmp_RiskConst/(1-exp(-tmp_RiskConst));
        for tmp_j=1:length(tmp_P)
            tmp_InvDistA=zeros(tmp_QtdDadas+1,tmp_QtdFatores);
            tmp_PhiA=zeros(tmp_QtdDadas+1,tmp_QtdFatores);
            tmp_Phase2=exp(-tmp_RiskConst*(1-tmp_P(tmp_j)));
            if strcmp(tmp_Dist,'t')
% Calcula a inversa da Distribuicao de probabilidade
                tmp_InvDistA=icdf('tLocationScale',...
                    tmp_P(tmp_j),...
                    tmp_Retrn,...
                    1,...
                    tmp_DOE{tmp_w});
            tmp_PhiA=pdf('tLocationScale',...
                tmp_InvDistA,...
                tmp_Retrn,...
                1,...
                tmp_DOE{tmp_w});

            tmp_PhiA=...
                tmp_PhiA.*(((tmp_DOE{tmp_w}-2)...
                    ./tmp_DOE{tmp_w}).^(1/2));
            tmp_PhiA=tmp_PhiA.*(tmp_DOE{tmp_w}+tmp_InvDistA.^2);
            tmp_PhiA=tmp_PhiA./((1-tmp_P(tmp_j)).*(tmp_DOE{tmp_w}-1));
            elseif strcmp(tmp_Dist,'Gaussian')
                tmp_InvDistA=icdf('Normal',...
                    tmp_Alpha,...
                    tmp_Retrn,...
                    1);
            tmp_PhiA=pdf('Normal',...
                tmp_InvDistA,...

```

```

0,...
1);
    tmp_PhiA=tmp_PhiA./(1-tmp_P(tmp_j));
end
    tmp_PhiA=tmp_PhiA.*tmp_Phase2;
tmp_PhiSRM=tmp_PhiSRM+tmp_PhiA;
end
    tmp_PhiSRM=tmp_PhiSRM.*tmp_Phase1;
    mdl_RISCO.SRM.Phi{tmp_w,1}{tmp_k,1}=tmp_PhiSRM;
end
end
toc
%-----
5.a.2 – Prepara vetores de probabilidade para otimização: Retornos MMEP
tic
tmp_Alpha=stu_Setup.Mdl.Param.RM_ES_ConfLvl;
tmp_PrecisES=stu_Setup.Mdl.Param.RM_ES_Precis;
tmp_PrecisSRM=stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_Precis;
tmp_RiskAvers=stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k;
tmp_P=[1/tmp_PrecisSRM:1/tmp_PrecisSRM:.9999]';
for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    tmp_ReTrn=fts2mat(mdl_ESTIM.RetEst2{tmp_w,1});

% Monta tabela de distribuição para o VaR:
if strcmp(tmp_Dist,'t')
    % Calcula a inversa da Distribuicao de probabilidade
    tmp_PhiVar=icdf('tLocationScale',...
        stu_Setup.Mdl.Param.RM_VaR_ConfLvl,...
        tmp_ReTrn,...
        1,...
        tmp_DOF{tmp_w});
    tmp_PhiVar=tmp_PhiVar.*(((tmp_DOF{tmp_w}-2)./tmp_DOF{tmp_w}).^(1/2));
elseif strcmp(tmp_Dist,'Gaussian')
    tmp_PhiVar=icdf('Normal',...
        stu_Setup.Mdl.Param.RM_VaR_ConfLvl,...
        tmp_ReTrn,...
        1);
end
mdl_RISCO.VAR.Phi2{tmp_w,1}=tmp_PhiVar;

% Monta tabela de distribuição para o ES:
tmp_PhiES=[tmp_Alpha:1/tmp_PrecisES:0.9999]';
if strcmp(tmp_Dist,'t')
    % Calcula a inversa da Distribuicao de probabilidade
    tmp_InvDist=icdf('tLocationScale',...
        tmp_Alpha,...
        tmp_ReTrn,...
        1,...
        tmp_DOF{tmp_w});

    tmp_PhiES=pdf('tLocationScale',...
        tmp_InvDist,...
        tmp_ReTrn,...
        1,...
        tmp_DOF{tmp_w});

    tmp_PhiES=...
        tmp_PhiES.*(((tmp_DOF{tmp_w}-2)./tmp_DOF{tmp_w}).^(1/2));
    tmp_PhiES=...
        tmp_PhiES.*(tmp_DOF{tmp_w}+tmp_InvDist.^2);

    tmp_PhiES=...
        tmp_PhiES./((1-tmp_Alpha).*(tmp_DOF{tmp_w}-1));
elseif strcmp(tmp_Dist,'Gaussian')
    tmp_InvDist=icdf('Normal',...
        tmp_Alpha,...
        fts2mat(mdl_ESTIM.RetEst{tmp_w}),...
        1);
    tmp_PhiES=pdf('Normal',...
        tmp_InvDist,...
        0,...
        1);
    tmp_PhiES=tmp_PhiES./(1-tmp_Alpha);

```

```

end
mdl_RISCO.ES.Phi2{tmp_w,1}=tmp_PhiES;

% Monta tabela de distribuição para as SRM
for tmp_k=1:length(tmp_RiskAvers)
    tmp_RiskConst=tmp_RiskAvers{tmp_k};
    tmp_PhiSRM=zeros(tmp_QtdDatas+1,tmp_QtdFatores);
    tmp_Phase1=tmp_RiskConst/(1-exp(-tmp_RiskConst));
    for tmp_j=1:length(tmp_P)
        tmp_InvDistA=zeros(tmp_QtdDatas+1,tmp_QtdFatores);
        tmp_PhiA=zeros(tmp_QtdDatas+1,tmp_QtdFatores);
        tmp_Phase2=exp(-tmp_RiskConst*(1-tmp_P(tmp_j)));
        if strcmp(tmp_Dist,'t')
            % Calcula a inversa da Distribuicao de probabilidade
            tmp_InvDistA=icdf('tLocationScale',...
                tmp_P(tmp_j),...
                tmp_Retrn,...
                1,...
                tmp_DOE{tmp_w});
            tmp_PhiA=pdf('tLocationScale',...
                tmp_InvDistA,...
                tmp_Retrn,...
                1,...
                tmp_DOE{tmp_w});
            tmp_PhiA=...
                tmp_PhiA.*(((tmp_DOE{tmp_w}-2)...
                ./tmp_DOE{tmp_w}).^(1/2));
            tmp_PhiA=tmp_PhiA.*(tmp_DOE{tmp_w}+tmp_InvDistA.^2);
            tmp_PhiA=tmp_PhiA./((1-tmp_P(tmp_j)).*(tmp_DOE{tmp_w}-1));
        elseif strcmp(tmp_Dist,'Gaussian')
            tmp_InvDistA=icdf('Normal',...
                tmp_Alpha,...
                tmp_Retrn,...
                1);
            tmp_PhiA=pdf('Normal',...
                tmp_InvDistA,...
                0,...
                1);
            tmp_PhiA=tmp_PhiA./(1-tmp_P(tmp_j));
        end
        tmp_PhiA=tmp_PhiA.*tmp_Phase2;
        tmp_PhiSRM=tmp_PhiSRM+tmp_PhiA;
    end
    tmp_PhiSRM=tmp_PhiSRM.*tmp_Phase1;
    mdl_RISCO.SRM.Phi2{tmp_w,1}{tmp_k,1}=tmp_PhiSRM;
end
end
toc
%-----
5.b.1 - Otimização VAR:ARIMA
tic
% Inicia parallel pool
if ~exist('tmp_parallel','var') && isempty(gcp('nocreate'))
    prl_parallel=parpool('local');
elseif ~prl_parallel.Connected
    prl_parallel=parpool('local');
end

tmp_Wgts(1:tmp_QtdDatas+1,1:tmp_QtdFatores)=zeros;
for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    % Prepara as bases para otimização
    tmp_NumObs=length(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1});
    clc_Volat=fts2mat(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1});
    clc_Volat=reshape(clc_Volat,[tmp_QtdFatores,1,length(clc_Volat)]);
    clc_Retrn=fts2mat(mdl_ESTIM.RetEst{tmp_w,1});
    clc_Retrn=reshape(clc_Retrn,[tmp_QtdFatores,1,length(clc_Retrn)]);
    for tmp_i=1:length(mdl_OBSRV.Correl{tmp_w,1})
        clc_Corrl(:, :, tmp_i)=...
            table2array(mdl_OBSRV.Correl{tmp_w,1}{tmp_i,2});
    end
    clc_Corrl=clc_Corrl(:, :, 1:end-1);

    tmp_Phi=mdl_RISCO.VAR.Phi{tmp_w,1};

```

```

% Otimiza Portfolio VaR
parfor tmp_t=1:tmp_QtdDadas+1
    tmp_Fun=@(tmp_Wght)-RORAC(tmp_Wght,...
                                clc_Retrn(:,tmp_t),...
                                clc_Volat(:,tmp_t),...
                                clc_Corrl(:,tmp_t),...
                                tmp_Phi(tmp_t,:));
    [clc_Wght]=fmincon(tmp_Fun,...
                      tmp_Wght0(:,tmp_t),...
                      tmp_A,tmp_b,...
                      tmp_Aeq,tmp_beq,...
                      tmp_lb,tmp_ub,...
                      [],tmp_OptModel);
    tmp_Wgts(tmp_t,:)=clc_Wght;
end
% Calcula VaR, e Raroc para os portfólios otimizados e salva na variável
% do modelo.
tmp_Wght1(:,1,:)=transpose(tmp_Wgts(:,,:));
[tmp_RarocPort,...
 tmp_VaRPort,...
 tmp_RetPort]=RORACmult(tmp_Wght1,...
                        clc_Retrn,...
                        clc_Volat,...
                        clc_Corrl,...
                        tmp_Phi');
% Raroc Estimado
mdl_RISCO.VAR.EstRaroc{tmp_w,1}=...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
          tmp_RarocPort,...
          ['EstRarocVarArimaW' ...
           num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);
% Risco Estimado
mdl_RISCO.VAR.EstRisco{tmp_w,1}=...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
          tmp_VaRPort,...
          ['EstRiscoVarArimaW' ...
           num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);
% Retorno Estimado
mdl_RISCO.VAR.EstRetrn{tmp_w,1}=...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
          tmp_RetPort,...
          ['EstRetrnVarArimaW' ...
           num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);
% Portfolios Otimizados
mdl_RISCO.VAR.PortWght{tmp_w,1}=...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
          tmp_Wgts,...
          stu_Info.Fatores);
end
toc
%-----
5.b.1 - Otimização VAR:MMEP
tic
% Inicia parallel pool
if ~exist('tmp_parallel','var') && isempty(gcp('nocreate'))
    prl_parallel=parpool('local');
elseif ~prl_parallel.Connected
    prl_parallel=parpool('local');
end
tmp_Wgts(1:tmp_QtdDadas+1,1:tmp_QtdFatores)=zeros;
for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    % Prepara as bases para otimização
    tmp_NumObs=length(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1});
    clc_Volat=fts2mat(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1});
    clc_Volat=reshape(clc_Volat',[tmp_QtdFatores,1,length(clc_Volat)]);
    clc_Retrn=fts2mat(mdl_ESTIM.RetEst2{tmp_w,1});
    clc_Retrn=reshape(clc_Retrn',[tmp_QtdFatores,1,length(clc_Retrn)]);
    for tmp_i=1:length(mdl_OBSRV.Correl{tmp_w,1})
        clc_Corrl(:,tmp_i)=...
            table2array(mdl_OBSRV.Correl{tmp_w,1}{tmp_i,2});
    end
    clc_Corrl=clc_Corrl(:,1:end-1);

    tmp_Phi=mdl_RISCO.VAR.Phi2{tmp_w,1};

```

```

% Otimiza Portfolio VaR
parfor tmp_t=1:tmp_QtdDatas+1
    tmp_Fun=@(tmp_Wght)-RORAC(tmp_Wght,...
        clc_Retrn(:, :, tmp_t),...
        clc_Volat(:, :, tmp_t),...
        clc_Corrl(:, :, tmp_t),...
        tmp_Phi(tmp_t, :));
    [clc_Wght] = fmincon(tmp_Fun,...
        tmp_Wght0(:, :, tmp_t),...
        tmp_A, tmp_b,...
        tmp_Aeq, tmp_beq,...
        tmp_lb, tmp_ub,...
        [], tmp_OptModel);
    tmp_Wgts(tmp_t, :) = clc_Wght;
end
% Calcula VaR, e Raroc para os portfólios otimizados e salva na variável
% do modelo.
tmp_Wght1(:, 1, :) = transpose(tmp_Wgts(:, :));
[tmp_RarocPort,...
tmp_VaRPort,...
tmp_RetPort] = RORACmult(tmp_Wght1,...
    clc_Retrn,...
    clc_Volat,...
    clc_Corrl,...
    tmp_Phi');
% Raroc Estimado
mdl_RISCO.VAR.EstRaroc2{tmp_w, 1} = ...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w, 1}.dates,...
        tmp_RarocPort,...
        ['EstRarocVarMmepW' ...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w, 1})]);
% Risco Estimado
mdl_RISCO.VAR.EstRisco2{tmp_w, 1} = ...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w, 1}.dates,...
        tmp_VaRPort,...
        ['EstRiscoVarMmepW' ...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w, 1})]);
% Retorno Estimado
mdl_RISCO.VAR.EstRetrn2{tmp_w, 1} = ...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w, 1}.dates,...
        tmp_RetPort,...
        ['EstRetrnVarMmepW' ...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w, 1})]);
% Portfólios Otimizados
mdl_RISCO.VAR.PortWght2{tmp_w, 1} = ...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w, 1}.dates,...
        tmp_Wgts,...
        stu_Info.Fatores);
end
toc
%-----
5.c.1 – Otimização Expected Shortfall: Retornos ARIMA
tic
% Inicia parallel pool
if ~exist('tmp_paral', 'var') && isempty(gcp('nocreate'))
    prl_paral = parpool('local');
elseif ~prl_paral.Connected
    prl_paral = parpool('local');
end
for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    tmp_Wgts(1:tmp_QtdDatas+1, 1:tmp_QtdFatores) = zeros;

    % Prepara as bases para otimização
    tmp_NumObs = length(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w, 1});
    clc_Volat = fts2mat(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w, 1});
    clc_Volat = reshape(clc_Volat', [tmp_QtdFatores, 1, length(clc_Volat)]);
    clc_Retrn = fts2mat(mdl_ESTIM.RetEst{tmp_w, 1});
    clc_Retrn = reshape(clc_Retrn', [tmp_QtdFatores, 1, length(clc_Retrn)]);
    % clc_Retrn = clc_Retrn(:, :, 1:end-1);
    for tmp_i=1:length(mdl_OBSRV.Correl{tmp_w, 1})
        clc_Corrl(:, :, tmp_i) = ...
            table2array(mdl_OBSRV.Correl{tmp_w, 1}{tmp_i, 2});
    end
end

```

```

clc_Corrl=clc_Corrl(:, :, 1:end-1);
tmp_Phi=mdl_RISCO.ES.Phi{tmp_w,1};

parfor tmp_t=1:tmp_QtdDatas+1
    tmp_Fun=@(tmp_Wght)-RORAC(tmp_Wght,...
                               clc_Retrn(:, :, tmp_t),...
                               clc_Volat(:, :, tmp_t),...
                               clc_Corrl(:, :, tmp_t),...
                               tmp_Phi(tmp_t, :));
    [clc_Wght] = fmincon(tmp_Fun,...
                        tmp_Wght0(:, :, tmp_t),...
                        tmp_A, tmp_b,...
                        tmp_Aeq, tmp_beq,...
                        tmp_lb, tmp_ub,...
                        [], tmp_OptModel);
    tmp_Wgts(tmp_t, :)=clc_Wght;
end

% Calcula ES, e Raroc para os portfólios otimizados e salva na variável
% do modelo.
tmp_Wght1(:, 1, :)=transpose(tmp_Wgts(:, :));
[tmp_RarocPort,...
 tmp_ESPort,...
 tmp_RetPort]=RORACmult(tmp_Wght1,...
                        clc_Retrn,...
                        clc_Volat,...
                        clc_Corrl,...
                        tmp_Phi');

% Raroc Estimado
mdl_RISCO.ES.EstRaroc{tmp_w,1}=...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
          tmp_RarocPort,...
          ['EstRarocEsArimaW' ...
           num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);

% Risco Estimado
mdl_RISCO.ES.EstRisco{tmp_w,1}=...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
          tmp_ESPort,...
          ['EstRiscoEsArimaW' ...
           num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);

% Retorno Estimado
mdl_RISCO.ES.EstRetrn{tmp_w,1}=...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
          tmp_RetPort,...
          ['EstRetrnEsArimaW' ...
           num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);

% Portfólios Otimizados
mdl_RISCO.ES.PortWght{tmp_w,1}=...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
          tmp_Wgts,...
          stu_Info.Fatores);

end
toc
%-----
5.c.1 - Otimização Expected Shortfall: Retornos MMEP
tic
% Inicia parallel pool
if ~exist('tmp_parallel', 'var') && isempty(gcp('nocreate'))
    prl_parallel=parpool('local');
elseif ~prl_parallel.Connected
    prl_parallel=parpool('local');
end

for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    tmp_Wgts(1:tmp_QtdDatas+1, 1:tmp_QtdFatores)=zeros;

    % Prepara as bases para otimização
    tmp_NumObs=length(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1});
    clc_Volat=fts2mat(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1});
    clc_Volat=reshape(clc_Volat, [tmp_QtdFatores, 1, length(clc_Volat)]);
    clc_Retrn=fts2mat(mdl_ESTIM.RetEst2{tmp_w,1});
    clc_Retrn=reshape(clc_Retrn, [tmp_QtdFatores, 1, length(clc_Retrn)]);
    %clc_Retrn=clc_Retrn(:, 1:end-1);

```

```

for tmp_i=1:length mdl_OBSRV.Corrcl(tmp_w,1})
    clc_Corrcl(:, :, tmp_i)=...
        table2array(mdl_OBSRV.Corrcl{tmp_w,1}{tmp_i,2});
end
clc_Corrcl=clc_Corrcl(:, :, 1:end-1);
tmp_Phi=mdl_RISCO.ES.Phi2{tmp_w,1};

parfor tmp_t=1:tmp_QtdDatas+1
    tmp_Fun=@(tmp_Wght)-RORAC(tmp_Wght,...
        clc_Retrn(:, :, tmp_t),...
        clc_Volat(:, :, tmp_t),...
        clc_Corrcl(:, :, tmp_t),...
        tmp_Phi(tmp_t,:));
    [clc_Wght]=fmincon(tmp_Fun,...
        tmp_Wght0(:, :, tmp_t),...
        tmp_A,tmp_b,...
        tmp_Aeq,tmp_beq,...
        tmp_lb,tmp_ub,...
        [],tmp_OptModel);
    tmp_Wgts(tmp_t,:)=clc_Wght;
end

% Calcula ES, e Raroc para os portfólios otimizados e salva na variável
% do modelo.
tmp_Wght1(:,1,:)=transpose(tmp_Wgts(:, :));
[tmp_RarocPort,...
tmp_ESPort,...
tmp_RetPort]=RORACmult(tmp_Wght1,...
    clc_Retrn,...
    clc_Volat,...
    clc_Corrcl,...
    tmp_Phi');

% Raroc Estimado
mdl_RISCO.ES.EstRaroc2{tmp_w,1}=...
fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
    tmp_RarocPort,...
    ['EstRarocEsMmepW' ...
    num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);

% Risco Estimado
mdl_RISCO.ES.EstRisco2{tmp_w,1}=...
fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
    tmp_ESPort,...
    ['EstRiscoEsMmepW' ...
    num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);

% Retorno Estimado
mdl_RISCO.ES.EstRetrn2{tmp_w,1}=...
fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
    tmp_RetPort,...
    ['EstRetrnEsMmepW' ...
    num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);

% Portfólios Otimizados
mdl_RISCO.ES.PortWght2{tmp_w,1}=...
fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
    tmp_Wgts,...
    stu_Info.Fatores);

end
toc
%-----
5.d.1 – Otimização Ew-SRM: Retornos ARIMA
tic
% Inicia parallel pool
if ~exist('tmp_parallel', 'var') && isempty(gcp('nocreate'))
    prl_parallel=parpool('local');
elseif ~prl_parallel.Connected
    prl_parallel=parpool('local');
end
tmp_RiskAvers=stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k;
% tmp_Precis=stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_Precis;
% tmp_P=[1/tmp_Precis:...
%     1/tmp_Precis:...
%     .9999];
for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    tmp_Wgts(1:tmp_QtdDatas+1,1:tmp_QtdFatores)=zeros;

```

```

    tmp_Phase1=tmp_RiskAvers(tmp_w)/(1-exp(-tmp_RiskAvers{tmp_w}));
    % Prepara as bases para otimização
    tmp_NumObs=length mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1};
    clc_Volat=fts2mat(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1});
    clc_Volat=reshape(clc_Volat',[tmp_QtdFatores,1,length(clc_Volat)]);
    clc_Retrn1=fts2mat(mdl_ESTIM.RetEst{tmp_w,1});
    clc_Retrn=reshape(clc_Retrn1',[tmp_QtdFatores,1,length(clc_Retrn1)]);

    for tmp_i=1:length(mdl_OBSRV.Correl{tmp_w,1})
        clc_Corrl(:, :, tmp_i)=...
            table2array(mdl_OBSRV.Correl{tmp_w,1}{tmp_i,2});
    end
    clc_Corrl=clc_Corrl(:, :, 1:end-1);
    for tmp_k=1:length(tmp_RiskAvers)
        tmp_RiskConst=tmp_RiskAvers{tmp_k};
        tmp_Phi=mdl_RISCO.SRM.Phi{tmp_w,1}{tmp_k,1};

        parfor tmp_t=1:tmp_QtdDatas+1
            tmp_Fun=@(tmp_Wght)-RORAC(tmp_Wght,...
                clc_Retrn(:, :, tmp_t), ...
                clc_Volat(:, :, tmp_t), ...
                clc_Corrl(:, :, tmp_t), ...
                tmp_Phi(tmp_t, :));

            [clc_Wght] = fmincon(tmp_Fun, ...
                tmp_Wght0(:, :, tmp_t), ...
                tmp_A, tmp_b, ...
                tmp_Aeq, tmp_beq, ...
                tmp_lb, tmp_ub, ...
                [], tmp_OptModel);

            tmp_Wgts(tmp_t,:)=clc_Wght;
        end

        % Calcula SRM, e Raroc para os portfólios otimizados e salva na
        % variável do modelo.
        tmp_Wght1(:, 1, :)=transpose(tmp_Wgts(:, :));
        [tmp_RarocPort, ...
        tmp_SRMPort, ...
        tmp_RetPort]=RORACmult(tmp_Wght1, ...
            clc_Retrn, ...
            clc_Volat, ...
            clc_Corrl, ...
            tmp_Phi');

        % Raroc Estimado
        mdl_RISCO.SRM.EstRaroc{tmp_w,1}{tmp_k,1}=...
            fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates, ...
            tmp_RarocPort, ...
            ['EstRarocSrmArimaW' ...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1}) ...
            'k' num2str(tmp_RiskConst)]);

        % Risco Estimado
        mdl_RISCO.SRM.EstRisco{tmp_w,1}{tmp_k,1}=...
            fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates, ...
            tmp_SRMPort, ...
            ['EstRiscoSrmArimaW' ...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1}) ...
            'k' num2str(tmp_RiskConst)]);

        % Retorno Estimado
        mdl_RISCO.SRM.EstRetrn{tmp_w,1}{tmp_k,1}=...
            fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates, ...
            tmp_RetPort, ...
            ['EstRetrnSrmArimaW' ...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1}) ...
            'k' num2str(tmp_RiskConst)]);

        % Portfólios Otimizados
        mdl_RISCO.SRM.PortWght{tmp_w,1}{tmp_k,1}=...
            fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates, ...
            tmp_Wgts, ...
            stu_Info.Fatores);
    end
end
toc
%-----
5.d – Otimização Ew-SRM: Retornos MMEP

```

```

tic
% Inicia parallel pool
if ~exist('tmp_paral','var') && isempty(gcp('nocreate'))
    prl_paral=parpool('local');
elseif ~prl_paral.Connected
    prl_paral=parpool('local');
end

tmp_RiskAvers=stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k;
% tmp_Precis=stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_Precis;
% tmp_P=[1/tmp_Precis:...
%       1/tmp_Precis:...
%       .9999]';
for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    tmp_Wgts(1:tmp_QtdDatas+1,1:tmp_QtdFatores)=zeros;
    tmp_Phase1=tmp_RiskAvers{tmp_w}/(1-exp(-tmp_RiskAvers{tmp_w}));
    % Prepara as bases para otimização
    tmp_NumObs=length mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1};
    clc_Volat=fts2mat(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1});
    clc_Volat=reshape(clc_Volat',[tmp_QtdFatores,1,length(clc_Volat)]);
    clc_Retrn1=fts2mat(mdl_ESTIM.RetEst2{tmp_w,1});
    clc_Retrn=reshape(clc_Retrn1',[tmp_QtdFatores,1,length(clc_Retrn1)]);

    for tmp_i=1:length(mdl_OBSRV.Correl{tmp_w,1})
        clc_Corrl(:, :, tmp_i)=...
            table2array(mdl_OBSRV.Correl{tmp_w,1}{tmp_i,2});
    end
    clc_Corrl=clc_Corrl(:, :, 1:end-1);
    for tmp_k=1:length(tmp_RiskAvers)
        tmp_RiskConst=tmp_RiskAvers{tmp_k};
        tmp_Phi=mdl_RISCO.SRM.Phi2{tmp_w,1}{tmp_k,1};

        parfor tmp_t=1:tmp_QtdDatas+1
            tmp_Fun=@(tmp_Wght)-RORAC(tmp_Wght,...
                                       clc_Retrn(:, :, tmp_t),...
                                       clc_Volat(:, :, tmp_t),...
                                       clc_Corrl(:, :, tmp_t),...
                                       tmp_Phi(tmp_t, :));
            [clc_Wght]= fmincon(tmp_Fun,...
                               tmp_Wght0(:, :, tmp_t),...
                               tmp_A, tmp_b, ...
                               tmp_Aeq, tmp_beq,...
                               tmp_lb, tmp_ub,...
                               [], tmp_OptModel);
            tmp_Wgts(tmp_t, :)=clc_Wght;
        end

        % Calcula SRM, e Raroc para os portfólios otimizados e salva na
        % variável do modelo.
        tmp_Wght1(:, 1:)=transpose(tmp_Wgts(:, :));
        [tmp_RarocPort,...
        tmp_SRMPort,...
        tmp_RetPort]=RORACmult(tmp_Wght1,...
                               clc_Retrn,...
                               clc_Volat,...
                               clc_Corrl,...
                               tmp_Phi);

        % Raroc Estimado
        mdl_RISCO.SRM.EstRaroc2{tmp_w,1}{tmp_k,1}=...
            fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
                tmp_RarocPort,...
                ['EstRarocSrmMmepW' ...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1}) ...
                'k' num2str(tmp_RiskConst)]);

        % Risco Estimado
        mdl_RISCO.SRM.EstRisco2{tmp_w,1}{tmp_k,1}=...
            fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
                tmp_SRMPort,...
                ['EstRiscoSrmMmepW' ...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1}) ...
                'k' num2str(tmp_RiskConst)]);

        % Retorno Estimado
        mdl_RISCO.SRM.EstRetrn2{tmp_w,1}{tmp_k,1}=...

```

```

        fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
            tmp_RetPort,...
            ['EstRetrnSrmMmepW' ...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1}) ...
            'k' num2str(tmp_RiskConst)]);
% Portfolios Otimizados
mdl_RISCO.SRM.PortWght2{tmp_w,1}{tmp_k,1}=...
    fints(mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.dates,...
        tmp_Wgts,...
        stu_Info.Fatores);
    end
end
toc
%-----
Limpa Variáveis
tic
delete(prl_parallel);
clearvars tmp* clc* prl*;
toc
6.a – Monta série comparativa riscos estimados x efetivos
tic
% Limites do modelo
tmp_LimJanel=size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1);
tmp_RiskAvers=stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k;

for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    % Seleciona retornos observados para as datas das simulacoes e
    % portfolios otimizados
    tmp_Returnos=merge(fts_Returnos,...
        mdl_RISCO.VAR.PortWght{tmp_w,1},...
        'DataSetMethod','Intersection');
    tmp_Datas=tmp_Returnos.dates;
    tmp_Returnos=fts2mat(tmp_Returnos);

    % Calcula valores de retornos observados para os portfólios
    % ponderados
    % VAR:ARIMA
    tmp_Weights=fts2mat(mdl_RISCO.VAR.PortWght{tmp_w,1});
    tmp_RetPort=tmp_Weights.*tmp_Returnos;
    tmp_RetPort=sum(tmp_RetPort,2);
    tmp_RetPort=...
        fints(tmp_Datas,...
            tmp_RetPort,...
            ['ObsRetrnVarArimaW' ...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);
    mdl_RISCO.VAR.ObsRetrn{tmp_w,1}=tmp_RetPort;
    % VAR:MMEP
    tmp_Weights=fts2mat(mdl_RISCO.VAR.PortWght2{tmp_w,1});
    tmp_RetPort=tmp_Weights.*tmp_Returnos;
    tmp_RetPort=sum(tmp_RetPort,2);
    tmp_RetPort=...
        fints(tmp_Datas,...
            tmp_RetPort,...
            ['ObsRetrnVarMmepW' ...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);
    mdl_RISCO.VAR.ObsRetrn2{tmp_w,1}=tmp_RetPort;

    % ES:ARIMA
    tmp_Weights=fts2mat(mdl_RISCO.ES.PortWght{tmp_w,1});
    tmp_RetPort=tmp_Weights.*tmp_Returnos;
    tmp_RetPort=sum(tmp_RetPort,2);
    tmp_RetPort=...
        fints(tmp_Datas,...
            tmp_RetPort,...
            ['ObsRetrnEsArimaW' ...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);
    mdl_RISCO.ES.ObsRetrn{tmp_w,1}=tmp_RetPort;
    % ES:MMPE
    tmp_Weights=fts2mat(mdl_RISCO.ES.PortWght2{tmp_w,1});
    tmp_RetPort=tmp_Weights.*tmp_Returnos;
    tmp_RetPort=sum(tmp_RetPort,2);
    tmp_RetPort=...
        fints(tmp_Datas,...
            tmp_RetPort,...

```

```

        ['ObsRetrnEsMmepW' ...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1})]);
mdl_RISCO.ES.ObsRetrn2{tmp_w,1}=tmp_RetPort;

for tmp_k=1:length(tmp_RiskAvers)
    tmp_RiskConst=tmp_RiskAvers{tmp_k};
    %EW-SRM:ARIMA
    tmp_Weights=fts2mat(mdl_RISCO.SRM.PortWght{tmp_w,1}{tmp_k,1});
    tmp_RetPort=tmp_Weights.*tmp_Returnos;
tmp_RetPort=sum(tmp_RetPort,2);
tmp_RetPort=...
    fints(tmp_Datas,...
    tmp_RetPort,...
    ['ObsRetrnSRMARimaW' ...
    num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1}) ...
    'k' num2str(tmp_RiskConst)]);
mdl_RISCO.SRM.ObsRetrn{tmp_w,1}{tmp_k,1}=tmp_RetPort;
%EW-SRM:MMPE
tmp_Weights=fts2mat(mdl_RISCO.SRM.PortWght2{tmp_w,1}{tmp_k,1});
tmp_RetPort=tmp_Weights.*tmp_Returnos;
tmp_RetPort=sum(tmp_RetPort,2);
tmp_RetPort=...
    fints(tmp_Datas,...
    tmp_RetPort,...
    ['ObsRetrnSRMMmepW' ...
    num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w,1}) ...
    'k' num2str(tmp_RiskConst)]);
mdl_RISCO.SRM.ObsRetrn2{tmp_w,1}{tmp_k,1}=tmp_RetPort;
end

end
%-----
toc
%-----
6.b - Calcula os erros dos retornos Observados x Estimados
tic
tmp_LimJanel=size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1);
tmp_RiskAvers=stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k;
for tmp_w=1:tmp_LimJanel
    %Erro VAR:ARIMA
    tmp_Datas=mdl_RISCO.VAR.ObsRetrn{tmp_w}.dates;
    tmp_Obs=fts2mat(mdl_RISCO.VAR.ObsRetrn{tmp_w});
    tmp_Est=fts2mat(mdl_RISCO.VAR.EstRetrn{tmp_w});
    %SSE: Soma dos quadrados dos residuos
    %tmp_SSE=(tmp_Obs-tmp_Est).^2;
    tmp_SSE=((tmp_Obs-tmp_Est).^2).^(1/2);
    mdl_RISCO.VAR.Residuos{tmp_w,1}=...
        fints(tmp_Datas,tmp_SSE);
    mdl_RISCO.VAR.SSE{tmp_w,1}=sum(tmp_SSE,1);
    clearvars tmp_Obs tmp_Est tmp_SSE;
    %Erro VAR:MMEP
    tmp_Obs=fts2mat(mdl_RISCO.VAR.ObsRetrn2{tmp_w});
    tmp_Est=fts2mat(mdl_RISCO.VAR.EstRetrn2{tmp_w});
    %SSE: Soma dos quadrados dos residuos
    %tmp_SSE=(tmp_Obs-tmp_Est).^2;
    tmp_SSE=((tmp_Obs-tmp_Est).^2).^(1/2);
    mdl_RISCO.VAR.Residuos2{tmp_w,1}=...
        fints(tmp_Datas,tmp_SSE);
    mdl_RISCO.VAR.SSE2{tmp_w,1}=sum(tmp_SSE,1);
    clearvars tmp_Obs tmp_Est tmp_SSE;

    %Erro ES:ARIMA
    tmp_Obs=fts2mat(mdl_RISCO.ES.ObsRetrn{tmp_w});
    tmp_Est=fts2mat(mdl_RISCO.ES.EstRetrn{tmp_w});
    %SSE: Soma dos quadrados dos residuos
    %tmp_SSE=(tmp_Obs-tmp_Est).^2;
    tmp_SSE=((tmp_Obs-tmp_Est).^2).^(1/2);
    mdl_RISCO.ES.Residuos{tmp_w,1}=...
        fints(tmp_Datas,tmp_SSE);
    mdl_RISCO.ES.SSE{tmp_w,1}=sum(tmp_SSE,1);
    clearvars tmp_Obs tmp_Est tmp_SSE;
    %Erro ES:MMEP
    tmp_Obs=fts2mat(mdl_RISCO.ES.ObsRetrn2{tmp_w});
    tmp_Est=fts2mat(mdl_RISCO.ES.EstRetrn2{tmp_w});

```

```

        %SSE: Soma dos quadrados dos residuos
        tmp_SSE=(tmp_Obs-tmp_Est).^2;
        tmp_SSE=((tmp_Obs-tmp_Est).^2).^(1/2);
        mdl_RISCO.ES.Residuos2{tmp_w,1}=...
            fints(tmp_Datas,tmp_SSE);
        mdl_RISCO.ES.SSE2{tmp_w,1}=sum(tmp_SSE,1);
        clearvars tmp_Obs tmp_Est tmp_SSE;
        for tmp_k=1:length(tmp_RiskAvers)
            %Erro SRM:ARIMA
            tmp_Obs=fts2mat(mdl_RISCO.SRM.ObsRetrn{tmp_w}{tmp_k});
            tmp_Est=fts2mat(mdl_RISCO.SRM.EstRetrn{tmp_w}{tmp_k});
            %SSE: Soma dos quadrados dos residuos
            tmp_SSE=(tmp_Obs-tmp_Est).^2;
            tmp_SSE=((tmp_Obs-tmp_Est).^2).^(1/2);
            mdl_RISCO.SRM.Residuos{tmp_w,1}{tmp_k,1}=...
                fints(tmp_Datas,tmp_SSE);
            mdl_RISCO.SRM.SSE{tmp_w,1}{tmp_k,1}=sum(tmp_SSE,1);
            clearvars tmp_Obs tmp_Est tmp_SSE;
            %Erro SRM:MMEP
            tmp_Obs=fts2mat(mdl_RISCO.SRM.ObsRetrn2{tmp_w}{tmp_k});
            tmp_Est=fts2mat(mdl_RISCO.SRM.EstRetrn2{tmp_w}{tmp_k});
            %SSE: Soma dos quadrados dos residuos
            tmp_SSE=(tmp_Obs-tmp_Est).^2;
            tmp_SSE=((tmp_Obs-tmp_Est).^2).^(1/2);
            mdl_RISCO.SRM.Residuos2{tmp_w,1}{tmp_k,1}=...
                fints(tmp_Datas,tmp_SSE);
            mdl_RISCO.SRM.SSE2{tmp_w,1}{tmp_k,1}=sum(tmp_SSE,1);
            clearvars tmp_Obs tmp_Est tmp_SSE;
        end
    end
    %-----
    clearvars tmp*;
    toc
    %-----
    Limpa Variáveis e salva Workspace
    tic
    clearvars tmp* clc*;
    save(stu_Setup.Mdl.Workspace,stu_Setup.Mdl.Vars{:});
    toc
    7.a - Plota gráficos das séries de preços
    tic
    % Séries de preços
    tmp_Precos=fts_Precos(strcat(stu_Setup.Mdl.Param.AmostraIni,...
        '...',...
        stu_Setup.Mdl.Param.AmostraFim));

    tmp_NumFig=1;
    tmp_ChrtPerFig=stu_Setup.Stp.ChtPerFig;
    tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
    tmp_NomeFatores=stu_Info.Fatores;
    while logical(floor(tmp_QtdFatores/(tmp_ChrtPerFig*tmp_NumFig)))
        tmp_NumFig=tmp_NumFig+1;
    end
    if tmp_QtdFatores==1
        tmp_HigFig=1;
        tmp_LenFig=1;
        tmp_NumChts=1;
    elseif tmp_QtdFatores==2
        tmp_HigFig=2;
        tmp_LenFig=1;
        tmp_NumChts=2;
    elseif tmp_QtdFatores<=4
        tmp_HigFig=2;
        tmp_LenFig=2;
        tmp_NumChts=tmp_QtdFatores;
    else
        tmp_LenFig=sqrt(tmp_ChrtPerFig);
        tmp_HigFig=sqrt(tmp_ChrtPerFig);
        tmp_NumChts=min(tmp_ChrtPerFig,tmp_QtdFatores);
    end

    % Plota
    tmp_Atv=1;
    for tmp_i=1:tmp_NumFig
        tmp_fig=figure;

```

```

        for tmp_n=1:min(tmp_NumChts,tmp_QtdFatores-((tmp_i-1)*tmp_NumChts))
            subplot(tmp_HigFig,tmp_LenFig,tmp_n)
            eval(['tmp_G=plot(tmp_Precos.'stu_Info.Fatores{tmp_Atv} ');']);
            title(tmp_NomeFatores{tmp_Atv});
            tmp_lgd=legend('off');% 'location','northeast';
%         tmp_lgd.Box='off';
%         tmp_lgd.FontSize=6;
            set(gca,'FontSize',8);
            tmp_Atv=tmp_Atv+1;
        end
        if stu_Setup.Out.Exporta
            saveas(tmp_fig,...
                strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                    'FIG_PrecosFech_', num2str(tmp_i),'.jpg'),...
                    'jpeg');
            close(tmp_fig);
        end
    end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
7.b - Histogramas das séries de retornos
tic
tmp_NumFig=1;
tmp_ChrtPerFig=stu_Setup.Stp.ChtPerFig;
tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
tmp_alpha=stu_Setup.TstStat.Alpha;
tmp_NomeFatores=stu_Info.Fatores;
tmp_Retornos=fts2mat(fts_Retornos);
while logical(floor(tmp_QtdFatores/(tmp_ChrtPerFig*tmp_NumFig)))
    tmp_NumFig=tmp_NumFig+1;
end
if tmp_QtdFatores==1
    tmp_HigFig=1;
    tmp_LenFig=1;
    tmp_NumChts=1;
elseif tmp_QtdFatores==2
    tmp_HigFig=2;
    tmp_LenFig=1;
    tmp_NumChts=2;
elseif tmp_QtdFatores<=4
    tmp_HigFig=2;
    tmp_LenFig=2;
    tmp_NumChts=tmp_QtdFatores;
else
    tmp_LenFig=sqrt(tmp_ChrtPerFig);
    tmp_HigFig=sqrt(tmp_ChrtPerFig);
    tmp_NumChts=min(tmp_ChrtPerFig,tmp_QtdFatores);
end

% Plota
tmp_Atv=1;
for tmp_i=1:tmp_NumFig
    tmp_fig=figure;
    for tmp_n=1:min(tmp_NumChts,tmp_QtdFatores-((tmp_i-1)*tmp_NumChts))
        subplot(tmp_HigFig,tmp_LenFig,tmp_n)
        tmp_G=histfit(tmp_Retornos(:,tmp_Atv));
        title(tmp_NomeFatores{tmp_Atv});
        tmp_lgd=legend('off');% 'location','northeast';
%         tmp_lgd.Box='off';
%         tmp_lgd.FontSize=6;
        set(gca,'FontSize',8);
        tmp_Atv=tmp_Atv+1;
    end
    if stu_Setup.Out.Exporta
        saveas(tmp_fig,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_Histograma_', num2str(tmp_i),'.jpg'),...
                'jpeg');
        close(tmp_fig);
    end
end
%-----

```

```

clearvars tmp*;
toc
%-----
7.c - Plota gráficos dos Retornos estimados ARIMA
tic
% Séries de preços
tmp_NumFig=1;
tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
tmp_ChrtPerPg=stu_Setup.Stp.ChtStact;
while logical(floor(tmp_QtdFatores/(tmp_ChrtPerPg*tmp_NumFig)))
    tmp_NumFig=tmp_NumFig+1;
end
if tmp_QtdFatores<=tmp_ChrtPerPg
    tmp_HigFig=tmp_QtdFatores;
    tmp_LenFig=1;
    tmp_NumChts=tmp_QtdFatores;
else
    tmp_HigFig=tmp_ChrtPerPg;
    tmp_LenFig=1;
    tmp_NumChts=min(tmp_ChrtPerPg,tmp_QtdFatores);
end
for tmp_w=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1)
    tmp_Atv=1;
    for tmp_i=1:tmp_NumFig
        tmp_fig=figure;
        for tmp_n=1:min(tmp_NumChts,tmp_QtdFatores-((tmp_i-1)*tmp_NumChts))
            subplot(tmp_HigFig,tmp_LenFig,tmp_n)
            tmp_G=...
                plot(mdl_ESTIM.RetEst{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_Atv}));
            %eval(['tmp_G=plot(fts_Retornos.' stu_Info.Fatores{tmp_Atv} ');']);
            set(tmp_G,'LineWidth',1);
            eval(['tmp_YMax=nanmax(fts_Retornos.' ...
                stu_Info.Fatores{tmp_Atv} ');']);
            eval(['tmp_YMin=abs(nanmin(fts_Retornos.' ...
                stu_Info.Fatores{tmp_Atv} ');']);
            %tmp_Ylim=max(tmp_YMax,tmp_YMin)*1.1;
            %ylim([-tmp_Ylim tmp_Ylim]);
            legend('hide');
            if tmp_n==tmp_ChrtPerPg && tmp_Atv==tmp_QtdFatores
                set(gca,'XTickLabel',{});
            end
            ylabel(stu_Info.Fatores{tmp_Atv});
            %title(strcat(Ativos{Atv}));
            hold off;
            tmp_Atv=tmp_Atv+1;
        end
    end
    if stu_Setup.Out.Exporta
        saveas(tmp_fig,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_RetEstimARIMA_',...
                'W',...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
                '_', num2str(tmp_i),'.jpg'),...
            'jpeg');
        close(tmp_fig);
    end
end
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
7.d - Plota gráficos dos Retornos estimados: MMEP
tic
% Séries de preços
tmp_NumFig=1;
tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
tmp_ChrtPerPg=stu_Setup.Stp.ChtStact;
while logical(floor(tmp_QtdFatores/(tmp_ChrtPerPg*tmp_NumFig)))
    tmp_NumFig=tmp_NumFig+1;
end
if tmp_QtdFatores<=tmp_ChrtPerPg
    tmp_HigFig=tmp_QtdFatores;
    tmp_LenFig=1;

```

```

    tmp_NumChts=tmp_QtdFatores;
else
    tmp_HigFig=tmp_ChrtPerPg;
    tmp_LenFig=1;
    tmp_NumChts=min(tmp_ChrtPerPg,tmp_QtdFatores);
end
for tmp_w=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1)
    tmp_Atv=1;
    for tmp_i=1:tmp_NumFig
        tmp_fig=figure;
        for tmp_n=1:min(tmp_NumChts,tmp_QtdFatores-((tmp_i-1)*tmp_NumChts))
            subplot(tmp_HigFig,tmp_LenFig,tmp_n)
            tmp_G=...
            plot(mdl_ESTIM.RetEst2{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_Atv}));
            set(tmp_G,'LineWidth',1);
            eval(['tmp_YMax=nanmax(fts_Retornos.' ...
            stu_Info.Fatores{tmp_Atv} ');']);
            eval(['tmp_YMin=abs(nanmin(fts_Retornos.' ...
            stu_Info.Fatores{tmp_Atv} '));']);
            %tmp_Ylim=max(tmp_YMax,tmp_YMin)*1.1;
            %ylim([-tmp_Ylim tmp_Ylim]);
            legend('hide');
            if tmp_n~=tmp_ChrtPerPg && tmp_Atv~=tmp_QtdFatores
                set(gca,'XTickLabel',{});
            end
            ylabel(stu_Info.Fatores{tmp_Atv});
            %title(strcat(Ativos{Atv}));
            hold off;
            tmp_Atv=tmp_Atv+1;
        end
        if stu_Setup.Out.Exporta
            saveas(tmp_fig,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
            'FIG_RetEstimMME_',...
            'W'...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
            '_', num2str(tmp_i), '.jpg'),...
            'jpeg');
        close(tmp_fig);
    end
end
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
7.e - Plota gráficos das volatilidades estimadas: GARCH(1,1)
tic
% Séries de volatilidades
tmp_NumFig=1;
tmp_ChrtPerFig=stu_Setup.Stp.ChtPerFig;
tmp_QtdFatores=stu_Info.NrSeries;
tmp_NomeFatores=stu_Info.Fatores;
while logical(floor(tmp_QtdFatores/(tmp_ChrtPerFig*tmp_NumFig)))
    tmp_NumFig=tmp_NumFig+1;
end
if tmp_QtdFatores==1
    tmp_HigFig=1;
    tmp_LenFig=1;
    tmp_NumChts=1;
elseif tmp_QtdFatores==2
    tmp_HigFig=2;
    tmp_LenFig=1;
    tmp_NumChts=2;
elseif tmp_QtdFatores<=4
    tmp_HigFig=2;
    tmp_LenFig=2;
    tmp_NumChts=tmp_QtdFatores;
else
    tmp_LenFig=sqrt(tmp_ChrtPerFig);
    tmp_HigFig=sqrt(tmp_ChrtPerFig);
    tmp_NumChts=min(tmp_ChrtPerFig,tmp_QtdFatores);
end
end

```

```

% Plota Preços
for tmp_w=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1)
    tmp_Atv=1;
    for tmp_i=1:tmp_NumFig
        tmp_fig=figure;
        for tmp_n=1:min(tmp_NumChts,tmp_QtdFatores-((tmp_i-1)*tmp_NumChts))
            subplot(tmp_HigFig,tmp_LenFig,tmp_n)
            tmp_G=...
                plot mdl_ESTIM.Volat{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_Atv});
            title(tmp_NomeFatores{tmp_Atv});
            tmp_lgd=legend('off');% 'location','northeast');
            tmp_lgd.Box='off';
            tmp_lgd.FontSize=6;
        %
        %
        set(gca,'FontSize',8);
        tmp_Atv=tmp_Atv+1;
    end
    if stu_Setup.Out.Exporta
        saveas(tmp_fig,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_VolGARCH_',...
                'W',...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
                '_', num2str(tmp_i),'.jpg'),...
            'jpeg');
        close(tmp_fig);
    end
end
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
7.f – Plota gráficos dos perfis de pesos dos portfólios (2D)
tic
if stu_Setup.Out.Exporta
    for tmp_w=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1)
        % Pesos dos resultados do modelo VAR:ARIMA
        tmp_fig=bar mdl_RISCO.VAR.PortWght{tmp_w,1}, 'stacked');
        hold on
        ylim([0 1]);
        set(tmp_fig,{ 'FaceColor'},num2cell(jet(stu_Info.NrSeries),2));
        title('Pesos dos Portfólios: VAR ARIMA');
        tmp_lgd=legend('location','northeastoutside');
        tmp_lgd.Box='off';
        tmp_lgd.FontSize=8;
    tmp_fig=bar mdl_RISCO.VAR.PortWght2{tmp_w,1}, 'stacked');
    hold on
    ylim([0 1]);
    set(tmp_fig,{ 'FaceColor'},num2cell(jet(stu_Info.NrSeries),2));
    title('Pesos dos Portfólios: VAR MMEP');
    tmp_lgd=legend('location','northeastoutside');
    tmp_lgd.Box='off';
    tmp_lgd.FontSize=8;
    hgexport(gcf,...
        strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
            'FIG_WgthsVarARIMA_W',...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
            '.jpg'),...
        hgexport('factorystyle'),...
        'Format','jpeg');
    close(gcf);
    clearvars tmp_fig tmp_lgd;
    % Pesos dos resultados do modelo VAR:MMEP
    tmp_fig=bar mdl_RISCO.VAR.PortWght2{tmp_w,1}, 'stacked');
    hold on
    ylim([0 1]);
    set(tmp_fig,{ 'FaceColor'},num2cell(jet(stu_Info.NrSeries),2));
    title('Pesos dos Portfólios: VAR MMEP');
    tmp_lgd=legend('location','northeastoutside');
    tmp_lgd.Box='off';
    tmp_lgd.FontSize=8;
    hgexport(gcf,...
        strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
            'FIG_WgthsVarMMEP_W',...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
            '.jpg'),...
        hgexport('factorystyle'),...
        'Format','jpeg');
    close(gcf);
    clearvars tmp_fig tmp_lgd;
    % Pesos dos resultados do modelo ES:ARIMA
    tmp_fig=bar mdl_RISCO.ES.PortWght{tmp_w,1}, 'stacked');

```

```

        hold on
ylim([0 1]);
set(tmp_fig,{'FaceColor'},num2cell(jet(stu_Info.NrSeries),2));
title('Pesos dos Portfólios: ES ARIMA');
tmp_lgd=legend('location','northeastoutside');
tmp_lgd.Box='off';
tmp_lgd.FontSize=8;
hgexport(gcf,...
strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
        'FIG_WghtsEsARIMA_W',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
        '.jpg'),...
        hgexport('factorystyle'),...
        'Format','jpeg');
close(gcf);
clearvars tmp_fig tmp_lgd;
% Pesos dos resultados do modelo ES:MMEP
tmp_fig=bar(mdL_RISCO.ES.PortWght2{tmp_w,1},'stacked');
hold on
ylim([0 1]);
set(tmp_fig,{'FaceColor'},num2cell(jet(stu_Info.NrSeries),2));
title('Pesos dos Portfólios: ES MMEP');
tmp_lgd=legend('location','northeastoutside');
tmp_lgd.Box='off';
tmp_lgd.FontSize=8;
hgexport(gcf,...
        strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
        'FIG_WghtsEsMMEP_W',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
        '.jpg'),...
        hgexport('factorystyle'),...
        'Format','jpeg');
close(gcf);
clearvars tmp_fig tmp_lgd;
for tmp_k=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k,1)
    % Pesos dos resultados do modelo ES:ARIMA
tmp_fig=bar(mdL_RISCO.SRM.PortWght{tmp_w,1}{tmp_k},'stacked');
hold on
ylim([0 1]);
set(tmp_fig,{'FaceColor'},num2cell(jet(stu_Info.NrSeries),2));
title(strcat('Pesos dos Portfólios: SRM ARIMA k=',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k,1})));
tmp_lgd=legend('location','northeastoutside');
tmp_lgd.Box='off';
tmp_lgd.FontSize=8;
hgexport(...
   (gcf,...
    strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
        'FIG_WghtsSrmARIMA_W',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
        '_k',num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k}),...
        '.jpg'),...
    hgexport('factorystyle'),...
    'Format','jpeg');
close(gcf);
clearvars tmp_fig tmp_lgd;

% Pesos dos resultados do modelo ES:MMEP
tmp_fig=bar(mdL_RISCO.SRM.PortWght2{tmp_w,1}{tmp_k},'stacked');
hold on
ylim([0 1]);
set(tmp_fig,{'FaceColor'},num2cell(jet(stu_Info.NrSeries),2));
title(strcat('Pesos dos Portfólios: SRM MMEP k=',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k,1})));
tmp_lgd=legend('location','northeastoutside');
tmp_lgd.Box='off';
tmp_lgd.FontSize=8;
hgexport(...
   (gcf,...
    strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
        'FIG_WghtsSrmMMEP_W',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
        '_k',num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k}),...
        '.jpg'),...

```

```

        hgexport('factorystyle'),...
        'Format','jpeg');
    close(gcf);
    clearvars tmp_fig tmp_lgd;
end
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
7.g – Plota gráficos dos retornos dos portfólios Estimados x Observ.
tic
if stu_Setup.Out.Exporta
    for tmp_w=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1)
        % Retornos Est. x Obs. do modelo VAR:ARIMA
        tmp_SeriePlot=merge(...
            mdl_RISCO.VAR.ObsRetrn{tmp_w,1},...
            mdl_RISCO.VAR.EstRetrn{tmp_w,1},...
            'DateSetMethod','Intersection');
        tmp_fig=plot(tmp_SeriePlot);
        tmp_fig(1).Color=[1 0.047 0.04];
        tmp_fig(2).Color=[.2 0.447 0.541];
        tmp_fig(2).LineStyle=': ';
        title('Retorno Observado x Estimado: VAR ARIMA');
        tmp_lgd=legend('location','south');
        tmp_lgd.Box='off';
        tmp_lgd.FontSize=8;
        hgexport(...
            gcf,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_PortObsxEstVarARIMA_W',...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
                '.jpg'),...
            hgexport('factorystyle'),...
            'Format','jpeg');
        close(gcf);
        clearvars tmp_fig tmp_lgd;

        % Retornos Est. x Obs. do modelo VAR:MMEP
        tmp_SeriePlot=merge(...
            mdl_RISCO.VAR.ObsRetrn2{tmp_w,1},...
            mdl_RISCO.VAR.EstRetrn2{tmp_w,1},...
            'DateSetMethod','Intersection');
        tmp_fig=plot(tmp_SeriePlot);
        tmp_fig(1).Color=[1 0.047 0.04];
        tmp_fig(2).Color=[.2 0.447 0.541];
        tmp_fig(2).LineStyle=': ';
        title('Retorno Observado x Estimado: VAR MMEP');
        tmp_lgd=legend('location','south');
        tmp_lgd.Box='off';
        tmp_lgd.FontSize=8;
        hgexport(...
            gcf,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_PortObsxEstVarMMEP_W',...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
                '.jpg'),...
            hgexport('factorystyle'),...
            'Format','jpeg');
        close(gcf);
        clearvars tmp_fig tmp_lgd;

        % Retornos Est. x Obs. do modelo ES:ARIMA
        tmp_SeriePlot=merge(...
            mdl_RISCO.ES.ObsRetrn{tmp_w,1},...
            mdl_RISCO.ES.EstRetrn{tmp_w,1},...
            'DateSetMethod','Intersection');
        tmp_fig=plot(tmp_SeriePlot);
        tmp_fig(1).Color=[1 0.047 0.04];
        tmp_fig(2).Color=[.2 0.447 0.541];
        tmp_fig(2).LineStyle=': ';
        title('Retorno Observado x Estimado: ES ARIMA');
        tmp_lgd=legend('location','south');
    end
end

```

```

tmp_lgd.Box='off';
tmp_lgd.FontSize=8;
hgexport(...
   (gcf,...
    strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
        'FIG_PortObsxEstEsARIMA_W',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
        '.jpg'),...
    hgexport('factorystyle'),...
    'Format','jpeg');
close(gcf);
clearvars tmp_fig tmp_lgd;

% Retornos Est. x Obs. do modelo ES:MMEP
tmp_SeriePlot=merge(...
    mdl_RISCO.ES.ObsRetrn2{tmp_w,1},...
    mdl_RISCO.ES.EstRetrn2{tmp_w,1},...
    'DateSetMethod','Intersection');
tmp_fig=plot(tmp_SeriePlot);
tmp_fig(1).Color=[1 0.047 0.04];
tmp_fig(2).Color=[.2 0.447 0.541];
tmp_fig(2).LineStyle=': ';
title('Retorno Observado x Estimado: ES MMEP');
tmp_lgd=legend('location','south');
tmp_lgd.Box='off';
tmp_lgd.FontSize=8;
hgexport(...
   (gcf,...
    strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
        'FIG_PortObsxEstEsMMEP_W',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
        '.jpg'),...
    hgexport('factorystyle'),...
    'Format','jpeg');
close(gcf);
clearvars tmp_fig tmp_lgd;

for tmp_k=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k,1)
    % Retornos Est. x Obs. do modelo SRM:ARIMA
    tmp_SeriePlot=merge(...
        mdl_RISCO.SRM.ObsRetrn{tmp_w,1}{tmp_k,1},...
        mdl_RISCO.SRM.EstRetrn{tmp_w,1}{tmp_k,1},...
        'DateSetMethod','Intersection');
    tmp_fig=plot(tmp_SeriePlot);
    tmp_fig(1).Color=[1 0.047 0.04];
    tmp_fig(2).Color=[.2 0.447 0.541];
    tmp_fig(2).LineStyle=': ';
    title(strcat('Retorno Observado x Estimado: SRM ARIMA k=',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k,1}));
    tmp_lgd=legend('location','south');
    tmp_lgd.Box='off';
    tmp_lgd.FontSize=8;
    hgexport(...
       (gcf,...
        strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
            'FIG_PortObsxEstSrmARIMA_W',...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
            '_k',num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k}),...
            '.jpg'),...
        hgexport('factorystyle'),...
        'Format','jpeg');
    close(gcf);
clearvars tmp_fig tmp_lgd;
    % Retornos Est. x Obs. do modelo SRM:MMEP
    tmp_SeriePlot=merge(...
        mdl_RISCO.SRM.ObsRetrn2{tmp_w,1}{tmp_k,1},...
        mdl_RISCO.SRM.EstRetrn2{tmp_w,1}{tmp_k,1},...
        'DateSetMethod','Intersection');
    tmp_fig=plot(tmp_SeriePlot);
    tmp_fig(1).Color=[1 0.047 0.04];
    tmp_fig(2).Color=[.2 0.447 0.541];
    tmp_fig(2).LineStyle=': ';
    title(strcat('Retorno Observado x Estimado: SRM MMEP k=',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k,1}));

```

```

        tmp_lgd=legend('location','south');
        tmp_lgd.Box='off';
        tmp_lgd.FontSize=8;
        hgexport(...
            gcf,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_PortObsxEstSrmMMEP_W',...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
                '_k',num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k}),...
                '.jpg'),...
            hgexport('factorystyle'),...
            'Format','jpeg');
        close(gcf);
        clearvars tmp_fig tmp_lgd;
    end
end
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
7.h – Plota gráfico dos portfólios observados normalizado em 1
tic
for tmp_w=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1)
    tmp_StrtDate=datestr(min mdl_RISCO.VAR.ObsRetrn{tmp_w}.dates));
    tmp_fig=figure('pos',[50 50 800 600]);
    hold on;
    tmp_FTS=merge(mdl_RISCO.VAR.ObsRetrn{tmp_w},... %VAR:ARIMA
        mdl_RISCO.VAR.ObsRetrn2{tmp_w},... %VAR:MMEP
        mdl_RISCO.ES.ObsRetrn{tmp_w},... %ES:ARIMA
        mdl_RISCO.ES.ObsRetrn2{tmp_w},... %SRM:MMEP
        'DateSetMethod','Intersection',...
        'SortColumns',0);
    for tmp_k=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k,1)
        if tmp_k==1
            tmp_FTS2=...
                merge(mdl_RISCO.SRM.ObsRetrn{tmp_w}{tmp_k},... %SRM:ARIMA
                    mdl_RISCO.SRM.ObsRetrn2{tmp_w}{tmp_k},... %SRM:MMEP
                    'DateSetMethod','Intersection',...
                    'SortColumns',0);
        else
            tmp_FTS2=...
                merge(tmp_FTS2,...
                    mdl_RISCO.SRM.ObsRetrn{tmp_w}{tmp_k},... %SRM:ARIMA
                    mdl_RISCO.SRM.ObsRetrn2{tmp_w}{tmp_k},... %SRM:MMEP
                    'DateSetMethod','Intersection',...
                    'SortColumns',0);
        end
    end
    tmp_FTS3=merge(tmp_FTS,...
        tmp_FTS2,...
        'DateSetMethod','Intersection',...
        'SortColumns',0);

    tmp_FtsPlot=ret2tick(tmp_FTS3,...
        'StartPrice',1,...
        'StartTime',tmp_StrtDate,...
        'Method','Continuous');
    plot(tmp_FtsPlot);
    xlabel('');
    ylabel('Retornos acumulados padronizados em 1');
    title(strcat('Retornos acumulados, janela ',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w})));
    tmp_lgd=legend('location','southwest');
    tmp_lgd.Box='off';
    tmp_lgd.FontSize=6;
    dateaxis('x',1);
    if stu_Setup.Out.Exporta
        hgexport(...
            gcf,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_PortRetAcumul_W',...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
                '.jpg'),...

```

```

        hgexport('factorystyle'),...
        'Format','jpeg');
    close(gcf);
    clearvars tmp_fig tmp_lgd;
end
end
%-----
%clearvars tmp*;
toc
%-----
7.i – Plota gráficos dos erros (resíduos) de estimativa dos portfólios
tic
if stu_Setup.Out.Exporta
    for tmp_w=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1)
        % Resíduos (SSR) do modelo VAR:ARIMA
        tmp_SeriePlot=fts2mat(...
            mdl_RISCO.VAR.Residuos{tmp_w,1});
        tmp_fig=stem(tmp_SeriePlot);
        tmp_fig(1).Color=[.2 0.447 0.541];
        title('Resíduos: VAR ARIMA');
        hgexport(...
            gcf,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_ResiduosVarARIMA_W',...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
                '.jpg'),...
            hgexport('factorystyle'),...
            'Format','jpeg');
        close(gcf);
        clearvars tmp_fig tmp_lgd;

        % Resíduos (SSR) do modelo VAR:MMEP
        tmp_SeriePlot=fts2mat(...
            mdl_RISCO.VAR.Residuos2{tmp_w,1});
        tmp_fig=stem(tmp_SeriePlot);
        tmp_fig(1).Color=[.2 0.447 0.541];
        title('Resíduos: VAR MMEP');
        hgexport(...
            gcf,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_ResiduosVarMMEP_W',...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
                '.jpg'),...
            hgexport('factorystyle'),...
            'Format','jpeg');
        close(gcf);
        clearvars tmp_fig tmp_lgd;

        % Resíduos (SSR) do modelo ES:ARIMA
        tmp_SeriePlot=fts2mat(...
            mdl_RISCO.ES.Residuos{tmp_w,1});
        tmp_fig=stem(tmp_SeriePlot);
        tmp_fig(1).Color=[.2 0.447 0.541];
        title('Resíduos: ES ARIMA');
        hgexport(...
            gcf,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_ResiduosEsARIMA_W',...
                num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
                '.jpg'),...
            hgexport('factorystyle'),...
            'Format','jpeg');
        close(gcf);
        clearvars tmp_fig tmp_lgd;

        % Resíduos (SSR) do modelo ES:MMEP
        tmp_SeriePlot=fts2mat(...
            mdl_RISCO.ES.Residuos2{tmp_w,1});
        tmp_fig=stem(tmp_SeriePlot);
        tmp_fig(1).Color=[.2 0.447 0.541];
        title('Resíduos: ES MMEP');
        hgexport(...
            gcf,...
            strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
                'FIG_ResiduosEsMMEP_W',...

```

```

        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
        '.jpg'),...
        hgexport('factorystyle'),...
        'Format','jpeg');
close(gcf);
clearvars tmp_fig tmp_lgd;

for tmp_k=1:size(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k,1)
    % Resíduos (SSR) do modelo SRM:ARIMA
    tmp_SeriePlot=fts2mat(...
        mdl_RISCO.SRM.Residuos{tmp_w,1}{tmp_k,1});
    tmp_fig=stem(tmp_SeriePlot);
    tmp_fig(1).Color=[.2 0.447 0.541];
    title(strcat('Resíduos: SRM ARIMA k=',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k,1})));
    hgexport(...
        gcf,...
        strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
            'FIG_ResiduosSrmARIMA_W',...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
            '_k',num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k,1}),...
            '.jpg'),...
        hgexport('factorystyle'),...
        'Format','jpeg');
    close(gcf);
    clearvars tmp_fig tmp_lgd;
    % Resíduos (SSR) do modelo SRM:MMEP
    tmp_SeriePlot=fts2mat(...
        mdl_RISCO.SRM.Residuos2{tmp_w,1}{tmp_k,1});
    tmp_fig=stem(tmp_SeriePlot);
    tmp_fig(1).Color=[.2 0.447 0.541];
    title(strcat('Resíduos: SRM MMEP k=',...
        num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k,1})));
    hgexport(...
        gcf,...
        strcat(stu_Setup.Out.Path.Figs,...
            'FIG_ResiduosSrmMMEP_W',...
            num2str(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod{tmp_w}),...
            '_k',num2str(stu_Setup.Mdl.Param.RM_EwSRM_k{tmp_k,1}),...
            '.jpg'),...
        hgexport('factorystyle'),...
        'Format','jpeg');
    close(gcf);
    clearvars tmp_fig tmp_lgd;
end
end
end
%-----
clearvars tmp*;
toc
%-----
99.a - Exporta para o Excel - Estatísticas Descritivas
tic
if stu_Setup.Out.Exporta
    %Estatística descritiva
    writetable(stu_Output.TbStatDesc,stu_Setup.Out.Path.Tabl,...
        'Sheet',1,...
        'WriteVariableNames',true,...
        'WriteRowNames',true,...
        'Range','A1');
end
toc
%-----
99.b - Exporta para o Excel - Testes de Normalidade
tic
if stu_Setup.Out.Exporta
    %Testes Normalidade
    if stu_Setup.TstStat.ExecNorm
        writetable(stu_Output.ShapiroWilkTst,...
            stu_Setup.Out.Path.Tabl,...
            'Sheet',2,...
            'WriteVariableNames',true,...
            'WriteRowNames',true,...
            'Range','B1');
        writetable(stu_Output.LillieforsTst,...

```

```

        stu_Setup.Out.Path.Tabl,...
        'Sheet',3,...
        'WriteVariableNames',true,...
        'WriteRowNames',true,...
        'Range', 'A1');
writetable(stu_Output.JarqueBeraTst,...
        stu_Setup.Out.Path.Tabl,...
        'Sheet',4,...
        'WriteVariableNames',true,...
        'WriteRowNames',true,...
        'Range', 'A1');
writetable(stu_Output.KlmgrvSmrnvTst,...
        stu_Setup.Out.Path.Tabl,...
        'Sheet',5,...
        'WriteVariableNames',true,...
        'WriteRowNames',true,...
        'Range', 'A1');
end
if stu_Setup.TstStat.ExecAnova
    writetable(stu_Output.owAnovaMulticompareTBL,...
        stu_Setup.Out.Path.Tabl,...
        'Sheet',6,...
        'WriteVariableNames',true,...
        'WriteRowNames',true,...
        'Range', 'A1');
    writetable(stu_Output.KruskWallMulticompareTBL,...
        stu_Setup.Out.Path.Tabl,...
        'Sheet',7,...
        'WriteVariableNames',true,...
        'WriteRowNames',true,...
        'Range', 'A1');
end
end
toc
%-----
99.c - Exporta para o Excel - Estatísticas para cada janela
tic
if stu_Setup.Out.Exporta
    %Estatísticas de cada janela
    for tmp_w=size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1)
        tmp_ColXls=1;
        for tmp_k=1:stu_Info.NrSeries
            tmp_Ret=...
                mdl_OBSRV.RetMed{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_k,1});
            tmp_Ret=...
                chfield(tmp_Ret,stu_Info.Fatores{tmp_k,1}, 'Media');

            tmp_Var=...
                mdl_OBSRV.Variancia{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_k,1});
            tmp_Var=...
                chfield(tmp_Var,stu_Info.Fatores{tmp_k,1}, 'Variancia');

            tmp_DesvPad=...
                mdl_OBSRV.Volat{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_k,1});
            tmp_DesvPad=...
                chfield(tmp_DesvPad,stu_Info.Fatores{tmp_k,1}, 'DesvPad');

            tmp_Kurt=...
                mdl_OBSRV.Kurtosis{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_k,1});
            tmp_Kurt=...
                chfield(tmp_Kurt,stu_Info.Fatores{tmp_k,1}, 'Kurtosis');

            tmp_Skew=...
                mdl_OBSRV.Skewness{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_k,1});
            tmp_Skew=...
                chfield(tmp_Skew,stu_Info.Fatores{tmp_k,1}, 'Skewness');

            tmp_Max=...
                mdl_OBSRV.Maximo{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_k,1});
            tmp_Max=...
                chfield(tmp_Max,stu_Info.Fatores{tmp_k,1}, 'Maximo');

            tmp_Min=...
                mdl_OBSRV.Minimo{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_k,1});
            tmp_Min=...

```

```

        chfield(tmp_Min,stu_Info.Fatores{tmp_k,1},'Minimo');

tmp_Acumul=...
    mdl_OBSRV.Acumulado{tmp_w,1}.(stu_Info.Fatores{tmp_k,1});
tmp_Acumul=...
    chfield(tmp_Acumul,stu_Info.Fatores{tmp_k,1},'Acumulado');

tmp_FTS=merge(tmp_Ret,...
    tmp_Var,...
    tmp_DesvPad,...
    tmp_Kurt,...
    tmp_Skew,...
    tmp_Max,...
    tmp_Min,...
    tmp_Acumul,...
    'SortColumns',0);
tmp_FTSInfo=ftsinfo(tmp_FTS);
tmp_TBL=array2table(fts2mat(tmp_FTS),...
    'RowNames',cellstr(datestr(tmp_FTS.dates)),...
    'VariableNames',tmp_FTSInfo.seriesnames);
tmp_xlsRange=[ExcelColumn(tmp_ColXls) '1'];
writetable(tmp_TBL,...
    stu_Setup.Out.Path.Tabl,...
    'Sheet',7+tmp_w,...
    'WriteVariableNames',true,...
    'WriteRowNames',true,...
    'Range', tmp_xlsRange);
writetable(table(stu_Info.Fatores(tmp_k,1)),...
    stu_Setup.Out.Path.Tabl,...
    'Sheet',7+tmp_w,...
    'WriteVariableNames',false,...
    'WriteRowNames',false,...
    'Range',tmp_xlsRange);
tmp_ColXls=tmp_ColXls+tmp_FTSInfo.nseries+2;
end
end
clearvars tmp*;
toc
%-----
99.d - Exporta para o Excel - DOF Arima
tic
if stu_Setup.Out.Exporta
    tmp_SzW=size(stu_Setup.Mdl.Param.JanelasMod,1);
    for tmp_w=1:tmp_SzW
        tmp_SzR=size(mdl_ESTIM.Param{tmp_w,1},1);
        tmp_SzK=size(mdl_ESTIM.Param{tmp_w,1},2)-1;
        tmp_Dates(1:tmp_SzR,1)=zeros;
        tmp_DOF(1:tmp_SzR,1:tmp_SzK)=zeros;
        for tmp_r=1:tmp_SzR
            tmp_Dates(tmp_r,1)=mdl_ESTIM.Param{tmp_w,1}{tmp_r,1};
            for tmp_k=1:tmp_SzK
                tmp_DOF(tmp_r,tmp_k)=...
                    mdl_ESTIM.Param{tmp_w,1}{tmp_r,tmp_k+1}.Distribution.DoF;
            end
        end
        tmp_TBL=array2table(tmp_DOF,...
            'RowNames',cellstr(datestr(tmp_Dates)),...
            'VariableNames',stu_Info.Fatores);
        writetable(tmp_TBL,...
            stu_Setup.Out.Path.Tabl,...
            'Sheet',7+(1*tmp_SzW)+tmp_w,...
            'WriteVariableNames',true,...
            'WriteRowNames',true,...
            'Range','A1');
    end
end
clearvars tmp*;
toc
%-----
Funções
function bol_out = YesNoBox(str_Question)
%YesNoBox
%question

```

```

choice=questdlg(str_Question,'Sim ou Não?','Sim','Não','Não');
%response
switch choice
    case 'Sim'
        bol_out=boolean(1);
    case 'Não'
        bol_out=boolean(0);
end
end

%%-----
% Funções de cálculo das medidas de risco
% (Objetivo de minimização/Maximização)
%%-----
%%-----
% RETURN/RISC (Adaptado do índice de Sharpe sem ativo livre)
%%-----
function [raroc,Var,Retrn]=RORAC(Wgt,Rtrn,Vol,Correl,Phi)
    Rsk=Wgt.*Vol.*Phi;
    Var1=transpose(Rsk)*Correl*Rsk;
    VaR=sqrt(Var1);
    Rtr1=transpose(Rtrn);
    Rtr2=Wgt*Rtr1;
    Retrn=trace(Rtr2);
    raroc=Retrn./VaR;
end
function [raroc,Var,Retrn]=RORACmult(Wgt,Rtrn,Vol,Correl,Phi)
    fun_Rsk=Wgt.*Vol;
    fun_Phi(:,1,:)=Phi;
    fun_Rsk=fun_Rsk.*fun_Phi;
    fun_RskT=permute(fun_Rsk,[2,1,3]);
    fun_VAR1=mtimesx(fun_RskT,Correl);
    fun_VAR1=mtimesx(fun_VAR1,fun_Rsk);
    fun_VAR(:,1)=fun_VAR1(1,1,:);
    VaR=fun_VAR.^(1/2);
    fun_Rtrn1=permute(Rtrn,[2,1,3]);
    fun_Rtrn2=mtimesx(Wgt,fun_Rtrn1);
    Retrn=tracex(fun_Rtrn2,1,2);
    raroc=Retrn./VaR;
end

%%-----
% Funções de manipulação de matrizes multidimensionais
%%-----

function [tracedtensor] = tracex(tensor1, d1, d2)
%C = DIAGSUM(A, d1, d2) Performs the trace
%C(i[1],...,i[d1-1],i[d1+1],...,i[d2-1],i[d2+1],...,i[n]) =
%    A(i[1],...,i[d1-1],k,i[d1+1],...,i[d2-1],k,i[d2+1],...,i[n])
%(Sum on k).
%
%C = DIAGSUM(A, d1, d2) traces A along the diagonal formed by dimensions d1
%and d2. If the lengths of these dimensions are not equal, DIAGSUM traces
%until the end of the shortest of dimensions d1 and d2 is reached. This is
%an analogue of the built in TRACE function.
%
%Wynton Moore, January 2006
dim1=size(tensor1);
numdims=length(dim1);
%check inputs
if d1==d2
    tracedtensor=squeeze(sum(tensor1,d1));
elseif numdims==2
    tracedtensor=trace(tensor1);
elseif dim1(d1)==1 && dim1(d2)==1
    tracedtensor=squeeze(tensor1);
else
    %determine correct permutation
    swapd1=d1;swapd2=d2;

    if d1~=numdims-1 && d1~=numdims && d2~=numdims-1
        swapd1=numdims-1;
    elseif d1~=numdims-1 && d1~=numdims && d2~=numdims
        swapd1=numdims;
    end
    if d2~=numdims-1 && d2~=numdims && swapd1~=numdims-1

```

```

        swapd2=numdims-1;
    elseif d2~=numdims-1 && d2~=numdims && swapd1~=numdims
        swapd2=numdims;
    end
    %prepare for construction of selector tensor
    temp1=eye(numdims);
    permmatrix=temp1;
    permmatrix(:,d1)=temp1(:,swapd1);
    permmatrix(:,swapd1)=temp1(:,d1);
    permmatrix(:,d2)=temp1(:,swapd2);
    permmatrix(:,swapd2)=temp1(:,d2);

    selectordim=dim1*permmatrix;
    permvector=(1:numdims)*permmatrix;
    %construct selector tensor
    if numdims>3
        selector=ipermute(outer(ones(selectordim(1:numdims-2)), ...
                                eye(selectordim(numdims-1),...
                                selectordim(numdims)),...
                                0),...
                            permvector);
    else
        %when numdims=3, the above line gives ndims(selector)=4. This
        %routine avoids that error. When used with GMDMP, numdims will
        %be at least 4, so this routine will be unnecessary.
        selector2=eye(selectordim(numdims-1), selectordim(numdims));
        selector=zeros(selectordim);
        for j=1:selectordim(1)
            selector(j, :, :)=selector2;
        end
        selector=ipermute(selector, permvector);
    end
    %perform trace, discard resulting singleton dimensions
    tracedtensor=sum(sum(tensor1.*selector, d1), d2);
    tracedtensor=squeeze(tracedtensor);
end
%correction for aberration in squeeze function:
%size(squeeze(rand(1,1,2)))=[2 1]
nontracedimensions=dim1;
nontracedimensions(d1)=[];
if d2>d1
    nontracedimensions(d2-1)=[];
else
    nontracedimensions(d2)=[];
end
tracedsize=size(tracedtensor);
if length(tracedsize)==2 && ...
    tracedsize(2)==1 && ...
    tracedsize(1)~=nontracedimensions(1)
    tracedtensor=tracedtensor.';
end
end
%%
%%-----
% Funções suporte de exportação - Excel
%%-----
function colLetter = ExcelColumn(colNumber)
    % Excel formats columns using letters.
    % This function returns the letter combination that corresponds to a
    % given column number.
    % Limited to 702 columns
    if( colNumber > 26*27 )
        error(...
            ['ExcelColumn: Requested column number is larger than 702.' ...
            'Need to revise method to work with 3 character columns']);
    else
        % Start with A-Z letters
        atoz = char(65:90)';
        % Single character columns are first
        singleChar = cellstr(atoz);
        % Calculate double character columns
        n=nchoosek(1:1:26,2);
        indx=[n;[n(:,2) n(:,1)]];
        n=(1:1:26)';
        n=[n n];
        indx=[n;indx];
    end
end

```

```
    indx=sortrows(indx,[1,2]);
    %n      = (1:26)';
    %indx   = allcomb(n,n);
    doubleChar = cellstr(atoz(indx));
    % Concatenate
    xlLetters  = [singleChar;doubleChar];
    % Return requested column
    colLetter  = xlLetters{colNumber};
end
end
```