

iscte

INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

The VIX Premium Puzzle

Pedro Miguel Tomás Carvalho

Mestrado em Matemática Financeira

Orientador:

Doutor João Pedro Bento Ruas, Professor Auxiliar,
Iscte - Instituto Universitário de Lisboa

Setembro, 2021

Departamento de Finanças

Departamento de Matemática

The VIX Premium Puzzle

Pedro Miguel Tomás Carvalho

Mestrado em Matemática Financeira

Orientador:

Doutor João Pedro Bento Ruas, Professor Auxiliar,
Iscte - Instituto Universitário de Lisboa

Setembro, 2021

Agradecimentos

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, ao meu orientador Professor Doutor João Pedro Ruas e ao Professor Doutor João Pedro Nunes por todo o aconselhamento e disponibilidade que me deram na realização da dissertação, ajudando-me a compreender os conceitos e a ultrapassar as dificuldades. Agradeço a prontidão em responder-me, principalmente no momento em que constatou-se que os dados da CBOE apresentavam inconsistências e que não iriam permitir-me chegar aos objectivos pretendidos para esta dissertação. Essa prontidão fez-me sentir apoiado apesar da distância física existida, fruto dos tempos pandémicos vividos actualmente.

Em segundo lugar e não menos importante, gostaria de agradecer também à minha família por toda a ajuda e motivação que me deram nestes meses. Especialmente aos meus pais, que sem eles este projeto não teria sido possível.

Por fim agradeço também aos meus amigos mais próximos pelo apoio para concluir esta etapa do meu percurso académico.

Resumo

Nesta dissertação, apresenta-se o VIX, o prémio do VIX e o puzzle do prémio do VIX. O VIX é uma medida de risco utilizada para medir a volatilidade esperada do índice S&P 500. No entanto, actualmente este não é um mero conceito teórico, sendo possível de ser transacionado através do investimento em contratos futuros do VIX. Contudo, Cheng (2019a) mostrou que o prémio apresenta um puzzle: quando o risco aumenta significativamente, o prémio do VIX tem tendência a cair, podendo tornar-se negativo, e só depois volta a aumentar.

Esta dissertação tem assim como principal objectivo recriar e estender até Abril de 2019 os estudos realizados por Cheng (2019a) para a construção do prémio do VIX e para a verificação da existência do referido puzzle. Ir-se-á reconstruir a série temporal do prémio do VIX apresentada pelo autor e também se construirão mais duas séries temporais, utilizando para o efeito estratégias diferentes. Inicialmente, será utilizada a base de dados da CBOE, no entanto, será mostrado que esta apresenta inconsistências o que resultará na utilização da plataforma Barchart e numa extensão das análises do autor até Dezembro de 2020.

Esta mesma extensão permitirá afirmar que o puzzle do prémio do VIX é observável até bastante recentemente, nomeadamente em Março de 2020, tornando-o assim um puzzle actual. Será ainda recriado e estendido o estudo apresentado por Cheng (2019a) que visa justificar a ocorrência do puzzle com uma hipótese também ela contra-intuitiva: uma queda na procura de cobertura do risco consoante o risco aumenta.

Palavras-Chave: VIX, futuros sobre o VIX, prémio do VIX

Códigos JEL: G11, G13

Abstract

This dissertation presents the VIX, the VIX premium and the VIX premium puzzle. The VIX is a measure of risk used to measure the expected volatility of the S&P 500 index. However, currently, this is not a mere theoretical concept, since it is possible to trade in future contracts on the VIX. Cheng (2019a) shows that the VIX premium presents a puzzle: when the risk increases significantly, the VIX premium tends to fall, may turn negative, and only then increase.

The main objective of this dissertation is to recreate and extend until April 2019 the studies carried out by Cheng (2019a) for the construction of the VIX premium and to verify the existence of the mentioned puzzle. The time series of the VIX premium presented by the author will be reconstructed and two additional time series will be built using different strategies. Initially, the CBOE database will be used, however, it will be shown that it has inconsistencies which will result in the use of the Barchart database and an extension of the author's analyses until December 2020.

This same extension will allow us to state that the VIX premium puzzle is observable until quite recently, namely in March 2020, thus making it a current puzzle. Finally, this dissertation will recreate and extend the study presented by Cheng (2019a) which aims to justify the occurrence of the puzzle with a counter-intuitive hypothesis: a fall in the hedge demand as the risk increases.

Keywords: VIX, VIX futures, VIX premium

JEL Codes: G11, G13

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	xiii
1. Introdução	1
2. Revisão Literária	3
2.1. VIX	3
2.2. Prémio do VIX	4
2.3. Séries Temporais do Prémio do VIX	4
3. Construção da Série temporal do Prémio do VIX	7
3.1. Futuros sobre o VIX	7
3.2. Previsão do VIX e Cálculo do Prémio do VIX	9
3.3. Prémio do VIX	11
3.4. Volatilidade dos Dados	12
3.5. Novos Dados	14
3.6. Futuros sobre o VIX com dados Barchart	15
3.7. Prémio do VIX Corrigido	16
4. Puzzle do Prémio do VIX	21
4.1. “Low Premium Response Puzzle”	21
4.2. Evoluções Históricas das Posições dos Investidores	26
4.3. Relações entre os Investidores e o Prémio do VIX	28
5. Conclusão	37

6. Códigos MATLAB	39
6.1. Futuros segundo Cheng (2019a)	39
6.2. Futuros segundo Daigler, Dupoyet e Patterson (2016)	47
6.3. Futuros segundo Johnson (2017)	54
6.4. Previsão do VIX e Cálculo do Prémio do VIX	59
6.5. Futuros segundo Cheng (2019a) com os Dados da Barchart	62
6.6. Futuros segundo Daigler, Dupoyet e Patterson (2016) com os Dados da Barchart	71
6.7. Futuros segundo Johnson (2017) com os Dados da Barchart	80
6.8. Previsão do VIX e Cálculo do Prémio do VIX com os Dados da Barchart	92
6.9. Séries Mensais do Prémio do VIX	98
6.10. Regressões Multilineares entre a Variação do Prémio do VIX e a Variação do VIX	100
6.11. Posições dos Traders	106
6.12. Regressões Multilineares entre a Variação do Prémio do VIX e a Variação das Posições dos Traders	109
A. Apêndice	115
A.1. Gralhas nas Datas de Vencimento	115
A.2. Modelos ARMA	117
A.3. Gráficos	119
Bibliografia	135

Índice de Figuras

3.1. Prémio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a 1 mês proposta por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE	11
3.2. Comparação entre o prémio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prémio do VIX estimado com base nos dados da CBOE	12
3.3. Prémio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a 1 mês proposta por Cheng (2019a) e utilizando as cotações de abertura da CBOE	13
3.4. Comparação entre o prémio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prémio do VIX estimado com base nas cotações de abertura da CBOE	13
3.5. Comparação entre o prémio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prémio do VIX estimado com base nas cotações de fecho da CBOE de 2004 até 2009 e da Barchart de 2010 até 2020 .	17
3.6. Comparação entre o prémio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prémio do VIX estimado com base nas cotações de fecho da Barchart	17
3.7. Série temporal do prémio do VIX obtida através da estratégia de roll-over a 1 mês de Cheng (2019a) e utilizando os dados da Barchart	18
3.8. Série temporal do prémio do VIX obtida através da estratégia de roll-over de Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da Barchart	18
3.9. Série temporal do prémio do VIX obtida através da estratégia de interpolação a 1 mês de Johnson (2017) e utilizando os dados da Barchart	19
4.1. Diferença em milhares de unidades entre o número de posições longas e o número de posições curtas para cada grupo de investidores dos futuros sobre o VIX para o período de Agosto de 2006 a Dezembro de 2020.	27
A.1. Prémio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a diferentes meses proposta por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE	120

A.2. Comparação entre os prémios do VIX calculados com base nas estratégias de roll over a diferentes meses propostos por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE	120
A.3. Prémio do VIX calculado com base na estratégia de interpolação proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE	121
A.4. Comparação entre o prémio do VIX calculado com base nas estratégia proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE	121
A.5. Comparação entre os prémios do VIX calculados com base nas estratégias de interpolação a diferentes meses propostos por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE	122
A.6. Prémio do VIX calculado com base na estratégia de interpolação a diferentes meses proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE	123
A.7. Prémio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a 1 mês proposta por Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da CBOE	124
A.8. Comparação entre o prémio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prémio do VIX estimado com base na estratégia de Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da CBOE	124
A.9. Prémio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a diferentes meses proposta por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e dos dados da Barchart de 2010 até 2021	125
A.10. Comparação entre os prémios do VIX calculados com base nas estratégias de roll over a diferentes meses propostos por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e os dados da Barchart de 2010 até 2021	126
A.11. Prémio do VIX calculado com base na estratégia de interpolação proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e os dados da Barchart de 2010 até 2021	126
A.12. Comparação entre o prémio do VIX calculado com base nas estratégia proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e os dados da Barchart de 2010 até 2021	127
A.13. Comparação entre os prémios do VIX calculados com base nas estratégias de interpolação a diferentes meses propostos por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e os dados da Barchart de 2010 até 2021	127
A.14. Prémio do VIX calculado com base na estratégia de interpolação a diferentes meses proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e os dados da Barchart de 2010 até 2020	128
A.15. Prémio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a 1 mês proposta por Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da CBOE de 2004 a 2009 e os dados da Bachart de 2010 a 2021	129

A.16. Comparação entre o prêmio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prêmio do VIX estimado com base na estratégia de Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da CBOE de 2004 a 2009 e os dados da Barchart de 2010 a 2021	129
A.17. Prêmio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a diferentes meses proposta por Cheng (2019a) e utilizando os dados da Barchart	130
A.18. Comparação entre os prêmios do VIX calculados com base nas estratégias de roll over a diferentes meses propostos por Cheng (2019a) e utilizando os dados da Barchart	131
A.19. Comparação entre o prêmio do VIX calculado com base nas estratégia proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE	131
A.20. Comparação entre os prêmios do VIX calculados com base nas estratégias de interpolação a diferentes meses propostos por Johnson (2017) e utilizando os dados da Barchart	132
A.21. Prêmio do VIX calculado com base na estratégia de interpolação a diferentes meses proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da Barchart	133
A.22. Comparação entre o prêmio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prêmio do VIX estimado com base na estratégia de Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da Barchart	134

Índice de Tabelas

3.1. Desvios-Padrão calculados em diferentes períodos de tempo da taxa de variação do prêmio do VIX segundo a estratégia de roll-over a 1 mês proposta por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE	11
3.2. Média dos desvios absolutos entre os resultados obtidos por Cheng (2019a) e as séries temporais diárias construídas com a estratégia de roll-over a 1 mês proposta por Cheng (2019a), utilizando as cotações de abertura e as de fecho para os dados da CBOE.	14
4.1. Estimação dos parâmetros da equação (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal mensal do prêmio do VIX com a estratégia proposta por Cheng (2019a). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.	23
4.2. Estimação dos parâmetros da equação (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal mensal do prêmio do VIX com a estratégia proposta por Johnson (2017). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.	23
4.3. Estimação dos parâmetros da equação (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal mensal do prêmio do VIX com a estratégia proposta por Daigler et al. (2016). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.	24
4.4. Estimação dos parâmetros da equação (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal diária do prêmio do VIX com a estratégia proposta por Cheng (2019a). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.	25

4.5. Estimacão dos parâmetros da equaco (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal diária do prmio do VIX com a estratégia proposta por Johnson (2017). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.	25
4.6. Estimacão dos parâmetros da equaco (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal diária do prmio do VIX com a estratégia proposta por Daigler et al. (2016). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.	26
4.7. Estimativas para os parâmetros da equaco (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 24 de Novembro de 2015, utilizando a estratégia proposta por Cheng (2019a) para o prmio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às eststicas de teste t	30
4.8. Estimativas para os parâmetros da equaco (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 24 de Novembro de 2015, utilizando a estratégia proposta por Johnson (2017) para o prmio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às eststicas de teste t	31
4.9. Estimativas para os parâmetros da equaco (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 24 de Novembro de 2015, utilizando a estratégia proposta por Daigler et al. (2016) para o prmio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às eststicas de teste t	32
4.10. Estimativas para os parâmetros da equaco (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 29 de Dezembro de 2020, utilizando a estratégia proposta por Cheng (2019a) para o prmio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às eststicas de teste t	33
4.11. Estimativas para os parâmetros da equaco (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 29 de Dezembro de 2020, utilizando a estratégia proposta por Johnson (2017) para o prmio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às eststicas de teste t	34

4.12. Estimativas para os parâmetros da equação (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 29 de Dezembro de 2020, utilizando a estratégia proposta por Daigler et al. (2016) para o prémio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às estatísticas de teste t	35
A.1. Modelos ARMA para as cotações de fecho do VIX e utilizando os dados da CBOE anteriores a 2004	118
A.2. Modelo ARMA(2,2) com os dados da CBOE anteriores a 2004	119
A.3. Modelo ARMA(2,2) com os dados da Barchart anteriores a 2004	119

1. Introdução

Segundo os investigadores do prémio de risco, os investidores estão dispostos a pagar bastante para cobrir os riscos dos seus investimentos (Cheng, 2019a, pág. 180), o que leva ao prémio mencionado ser bastante estudado na literatura, podendo este ser um indicador do retorno no mercado de opções (Bollerslev, Tauchen e Zhou, 2009) ou um indicador de aversão ao risco (Bekaert e Hoerova, 2014). No entanto, vários dos modelos que fazem uma previsão deste prémio detêm uma característica em comum que Bekaert e Hoerova (2014) apresentam como sendo uma desvantagem: quando o nível do risco apresenta um aumento significativo, o prémio de risco tende a diminuir podendo mesmo tornar-se negativo, antes de aumentar. Esta particularidade dos modelos é contra-intuitiva, pois o prémio deveria apresentar valores mais elevados em momentos de maior risco e valores mais reduzidos em momentos de menor risco.

Esta dissertação ir-se-á focar no prémio do VIX, um prémio de volatilidade relacionado com a incerteza dos valores futuros do VIX, para o qual Cheng (2019a) observa uma tendência semelhante: quando o risco aumenta significativamente, o prémio do VIX tende a cair. No entanto, o autor mostra que esta propriedade ao ser verificada para os valores esperados do prémio do VIX, tende a também o ser para os valores do prémio do VIX realizados, significando que esta característica não se deve a falhas nos modelos e que não se trata de uma desvantagem, tratando-se, na verdade, de uma propriedade do mercado e de um puzzle merecedor de ser estudado. O autor ainda salienta a importância do prémio do VIX, mostrando que o mesmo está correlacionado com o prémio de risco, partilhando assim alguma da variação utilizada para a previsão do retorno do mercado de opções e a capacidade de explicar os preços de outros ativos financeiros para além do VIX.

Esta dissertação tem assim como principal objetivo o de recriar e estender até Abril de 2019 os estudos realizados por Cheng (2019a) para a construção do prémio do VIX e para a verificação da existência do puzzle mencionado. Deste modo, no Capítulo 2 começar-se-á por apresentar o VIX, o prémio do VIX e a sua fórmula de cálculo. No Capítulo 3 ir-se-á reconstruir a série temporal do prémio do VIX apresentada pelo autor e serão construídas mais duas séries temporais utilizando estratégias diferentes, sendo para tal utilizada a base de dados da CBOE. No entanto, verificar-se-á que os dados provenientes da CBOE apresentam inconsistências pelo que será necessário o recurso à base de dados da Bachart, a qual possibilitará estender as análises do autor Cheng (2019a) até Dezembro de 2020. No Capítulo 4 constatar-se-á a existência do

puzzle mencionado tanto para uma perspectiva diária como para uma perspectiva mensal da variação do risco. Será ainda verificada uma hipótese, também ela contra-intuitiva, que o autor apresenta para o puzzle do prémio do VIX. Essa mesma hipótese afirma que o puzzle do prémio do VIX deve-se a uma queda na procura da cobertura do risco quando o risco aumenta. No Capítulo 5 apresentar-se-ão as conclusões obtidas na realização deste trabalho. No Capítulo 6 constarão os códigos em linguagem Matlab criados na realização desta dissertação e que fundamentam os resultados obtidos. No Apêndice ainda serão apresentados alguns resultados extras obtidos durante a realização desta mesma dissertação.

2. Revisão Literária

2.1. VIX

O VIX é uma medida de risco criada pela Chicago Board Options Exchange (CBOE) em 1993 com o intuito de medir a volatilidade esperada a 30 dias implícita nas opções at-the-money do índice S&P 100. Posteriormente, em 2003, a CBOE, juntamente com a Goldman Sachs, actualizaram o VIX para medir a volatilidade esperada a 30 dias baseando-se no índice S&P 500. No entanto, apesar da actualização ter ocorrido em 2003, a CBOE disponibilizou um histórico do VIX associado ao S&P 500 que remonta a 1990.

Com a actualização ao VIX de 2003, a CBOE veio permitir que o mesmo fosse calculado através de um portfólio de opções do S&P 500, tendo a mesma disponibilizado o algoritmo que permite a construção desse mesmo portfólio (CBOE, 2019). Com esta actualização e disponibilização, a CBOE permitiu que o VIX deixasse de ser um mero conceito teórico e se transformasse numa forma prática e bastante utilizada para transacionar a volatilidade e para fazer a cobertura da mesma.

Até aos dias de hoje, o VIX manteve-se associado ao S&P 500, tendo-se tornado numa medida bastante utilizada para medir o risco do mercado de opções, sendo conhecido e por vezes referido como o "fear gauge".

Posteriormente à actualização de 2003, a CBOE veio ainda a apresentar derivados transacionáveis sobre o VIX, nomeadamente os futuros sobre o VIX, apresentados em Março de 2004, e as opções sobre o VIX, apresentadas em Fevereiro de 2006. Estes mesmos derivados têm como objetivo fornecer aos participantes de mercado a possibilidade de transacionar e gerir a volatilidade nos seus investimentos.

No decorrer desta dissertação, o único derivado a ser considerado será o futuro sobre o VIX. Este derivado tem como função permitir que os investidores transacionem os valores esperados das cotações do VIX para datas futuras. De igual modo, para a construção do prémio do VIX e para as consequentes conclusões apenas será considerado o novo índice do VIX, isto é, o VIX baseado no índice S&P 500.

2.2. Prémio do VIX

O prémio do VIX para um momento t e com vista a $T - t$ dias, onde $T \geq t$, é definido por:

$$VIXP_t^T = \mathbb{E}_{\mathbb{Q}} [VIX_T | \mathcal{F}_t] - \mathbb{E}_{\mathbb{P}} [VIX_T | \mathcal{F}_t], \quad (2.1)$$

sendo VIX_T a cotação do VIX no momento T , \mathbb{P} a medida de probabilidade física, \mathbb{Q} a medida de probabilidade de risco neutro que toma como numerário a "money market account" e \mathcal{F}_t a filtração gerada pelo movimento de VIX_t .

Devido às propriedades dos futuros, um futuro sobre o VIX na data T e que tenha como data de vencimento essa mesma data T , terá o mesmo valor que o VIX na data T , ou seja:

$$FVIX(T, T) = VIX_T. \quad (2.2)$$

Assumindo que não existem oportunidades de arbitragem, a cotação $FVIX(t, T)$ referente a um futuro de uma data t e com data de vencimento T é nos dada na medida de risco neutro por $\mathbb{E}_{\mathbb{Q}} [FVIX(T, T) | \mathcal{F}_t]$. Tendo em consideração estes dois factos, pode-se alterar a equação (2.1) e concluir que o prémio do VIX poderá ser visto como:

$$VIXP_t^T = \mathbb{E}_{\mathbb{Q}} [FVIX(T, T) | \mathcal{F}_t] - \mathbb{E}_{\mathbb{P}} [VIX_T | \mathcal{F}_t] \quad (2.3)$$

$$= FVIX(t, T) - \mathbb{E}_{\mathbb{P}} [VIX_T | \mathcal{F}_t]. \quad (2.4)$$

Conclui-se, portanto, que numa data t o prémio do VIX pode ser visto como a diferença entre a cotação de um futuro sobre o VIX com vencimento em T e o valor esperado para o VIX, na data t , para a data T .

Pode-se também concluir que o prémio do VIX pode ser visto como a perda esperada num investimento de 1 dólar numa posição longa sobre um futuro do VIX com vencimento na data T . De igual modo, o prémio do VIX pode ser visto como o ganho esperado para 1 dólar investido numa posição curta num futuro sobre o VIX.

2.3. Séries Temporais do Prémio do VIX

Conforme concluído na secção anterior, o prémio do VIX para uma data t pode ser visto como o resultado esperado para um investimento num futuro sobre o VIX. Devido ao facto de a CBOE não disponibilizar os futuros sobre o VIX com a data de vencimento que se queira escolher, não será possível construir uma série temporal sobre o prémio do VIX que tenha em vista sempre o mesmo prazo.

Portanto, para construir uma série temporal do prémio do VIX será necessária uma estratégia de investimento sobre os futuros do VIX que indicará quais os futuros e respectivas datas de

vencimento a considerar. Na literatura encontram-se diferentes técnicas para a avaliação dos futuros sobre o VIX que permitirão construir diferentes séries temporais do prêmio do VIX.

Nesta dissertação, em primeira instância, será recriada a estratégia de roll-over a 1 mês a ser aplicada nos futuros sobre o VIX proposta por Cheng (2019a, pág. 187). Essa estratégia de roll over, numa certa data t , detém uma posição longa num futuro com vencimento no mês seguinte, designemos por S_1 . Chegando ao último dia do mês de calendário, fazer-se-á o roll-over para o mês seguinte a S_1 , ou seja, ir-se-á tomar uma posição curta sobre o futuro com vencimento em S_1 e assumir-se-á uma posição longa sobre o futuro com vencimento no mês seguinte a S_1 . O autor ainda generaliza esta abordagem de roll-over para mais meses no futuro, nomeadamente para 2, 3, 4 e 5 meses.

Para a análise dos futuros, não serão apenas recriadas as abordagens a 1, 2, 3, 4 e 5 meses de Cheng (2019a), mas ir-se-á também recriar a estratégia proposta por Daigler, Dupoyet e Patterson (2016) e a proposta por Johnson (2017).

Daigler et al. (2016) também apresentam uma estratégia de roll-over. No entanto, os autores em vez de realizarem o roll-over no último dia do mês, estes decidem realizar o roll-over na segunda-feira que ocorra na mesma semana que a 3^a sexta-feira desse mês.

Pelo contrário, Johnson (2017) já não apresenta uma estratégia onde utilize roll-overs. O autor decide que a data T será exatamente um mês a seguir à data t . No entanto, visto que usualmente não existem futuros com vencimento exatamente a 1 mês, o autor decide procurar os 2 futuros com datas de vencimento mais próximas à data T , para que com estes possa fazer uma interpolação linear e assim simular um futuro com data de vencimento em exactamente 1 mês. Johnson (2017) generaliza ainda esta estratégia para 2, 3, 4, 5 e 6 meses no futuro.

Para a construção da série temporal do prêmio do VIX ainda será necessário calcular o valor esperado do VIX na medida física $\mathbb{E}_{\mathbb{P}}[VIX_T|\mathcal{F}_t]$. Por este motivo, Cheng (2019a) utiliza um modelo auto-regressivo de médias móveis, ARMA(2,2), sobre os dados do VIX. Este modelo permitirá que para cada data t seja feita uma previsão do VIX para a data T , onde T é a data de vencimento do futuro sobre o VIX.

Para conseguir-se construir uma série temporal diária do prêmio do VIX normalizada, isto é, com vista ao mesmo período de tempo, a equação (2.1) deverá de ser ajustada para a fórmula apresentada por (Cheng, 2019a, pág.187):

$$VIXP_t^T = \frac{1}{T-t} \times \left[\mathbb{E}_{\mathbb{Q}}[VIX_T|\mathcal{F}_t] - \mathbb{E}_{\mathbb{P}}[VIX_T|\mathcal{F}_t] \right]. \quad (2.5)$$

Ao ser utilizada a fórmula (2.5), poder-se-á construir as séries temporais do prêmio do VIX, utilizando não apenas a estratégia de Cheng (2019a), mas também as estratégias de análise dos futuros dadas pelos restantes autores já mencionados.

3. Construção da Série temporal do Prémio do VIX

Neste capítulo serão construídas as séries temporais do prémio do VIX utilizando as estratégias propostas por Cheng (2019a), Johnson (2017) e Daigler et al. (2016).

3.1. Futuros sobre o VIX

Conforme apresentado no Capítulo 2, as cotações dos futuros sobre o VIX são necessárias para a construção das séries temporais do prémio do VIX. Por conseguinte, recolheu-se da própria CBOE os dados relativos às cotações dos futuros sobre o VIX referentes ao período de 01 de Abril de 2004 a 30 de Abril de 2019.

Para cada dia útil no período apresentado existe uma folha de cálculo que contém a informação de todos os futuros transacionados nesse mesmo dia. Inicialmente, os únicos futuros sobre o VIX transacionados eram futuros mensais sobre o VIX, o que se alterou no dia 23 de Junho de 2015 quando a CBOE começou a transacionar futuros semanais sobre o VIX. Esta alteração tem como consequência que os dados posteriores a 23 de Junho de 2015 contenham vários futuros com a data de vencimento a cair no mesmo mês de calendário. Assim, para poder-se aplicar a estratégia de roll-over conforme Cheng (2019a), é necessário decidir qual a data de vencimento a considerar, isto é, qual o futuro a considerar. Pelo facto dos futuros semanais apresentarem um volume de transação bastante inferior quando comparados com os futuros mensais, foi decidido que apenas serão utilizados os dados referentes aos futuros mensais na construção das séries temporais do prémio do VIX.

Contudo, a base de dados não distingue os futuros semanais dos mensais. Deste modo, para realizar-se essa distinção será utilizada a regra de cálculo da data de vencimento dos futuros mensais que consta no site da CBOE (s.d.). Essa mesma regra declara que a data de vencimento dos futuros mensais corresponde à quarta-feira que antecede em 30 dias a 3ª sexta-feira do mês seguinte ao mês de vencimento do futuro. No entanto, caso a quarta-feira ou a sexta-feira em questão sejam um dia de feriado no calendário de opções da CBOE, a data de vencimento deverá de ser o dia útil imediatamente anterior à quarta-feira.

No sentido de retirar da base de dados as cotações pretendidas para os futuros, procedeu-se

à criação de diferentes códigos em linguagem Matlab, que se encontram no Capítulo 6, capazes de filtrar os dados e de extrair as cotações pretendidas para recriar as estratégias descritas na secção 2.3.

De entre os autores mencionadas na secção 2.3, Johnson (2017) indica que utiliza as cotações de fecho na sua estratégia. No entanto, os restantes autores não mencionam quais as cotações que utilizam. Por conseguinte, na aplicação da estratégia de Johnson (2017) e nas dos restantes autores são utilizadas as cotações de fecho.

O primeiro código desenvolvido, que encontra-se na secção 6.1, tem o objetivo de aplicar a estratégia de roll-over a 1 mês descrita por Cheng (2019a) aos dados da CBOE. Na elaboração desse mesmo código encontrou-se um erro nos dados: para certos períodos de tempo, as datas de vencimento dos futuros sobre o VIX que constam na base de dados não correspondem às reais datas de vencimento desses mesmos futuros. Conforme mencionado anteriormente, os futuros sobre o VIX têm as datas de vencimento a cair em quartas-feiras ou no dia útil imediatamente anterior. No entanto, nos períodos que serão de seguida apresentados, as datas de vencimento dadas pelos ficheiros não são as corretas, sendo que a maioria recai em sextas-feiras.

Em seguida são descritos os períodos e os desfasamentos encontrados entre as datas de vencimento dadas pelos dados da CBOE e os verdadeiros dados e para a aplicação da estratégia de roll over a 1 mês proposta por Cheng (2019a):

1. De 01-04-2004 a 28-10-2005, a data vencimento dada corresponde a 2 dias de calendário posteriores à verdadeira data de vencimento;
2. De 31-10-2005 a 29-11-2005, a data vencimento dada corresponde a 5 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;
3. De 30-11-2005 a 30-01-2006, a data vencimento dada corresponde a 2 dias de calendário posteriores à verdadeira data de vencimento;
4. De 31-01-2006 a 27-02-2006, a data vencimento dada corresponde a 5 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;
5. De 28-02-2006 a 02-03-2006, a data vencimento dada corresponde a 2 dias de calendário posteriores à verdadeira data de vencimento;
6. De 28-04-2006 a 24-05-2006, a data vencimento dada corresponde a 5 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;
7. De 31-07-2006 a 30-08-2006, a data vencimento dada corresponde a 5 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;
8. De 31-08-2006 a 15-09-2006, a data vencimento dada corresponde a 2 dias de calendário posteriores à verdadeira data de vencimento;

9. De 31-01-2007 a 27-02-2007, a data vencimento dada corresponde a 7 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;

Note-se que os períodos mencionados anteriormente e os respectivos desfasamentos fazem referência ao estudo da aplicação da estratégia de roll-over a 1 mês de Cheng (2019a). No Apêndice, secção A.1, são nomeados os erros encontrados na base de dados da CBOE através da aplicação das restantes estratégias apresentadas.

Portanto, para conseguir-se recriar o roll-over a 1 mês proposto por Cheng (2019a), o código desenvolvido teve de ser ajustado para que o Matlab o consiga executar. Contudo, existem datas de transação em que, devido ao término ou início destes períodos, o roll-over não foi bem efectuado. É exemplo disso a passagem do dia 02 de Março de 2006 para o dia 03 de Março de 2006. Devido ao facto do dia 02 de Março de 2006 constar num dos períodos apresentados, a data de vencimento do futuro a escolher para esse dia tem um erro de 2 dias úteis. No entanto, devido ao facto do dia 03 de Março de 2006 não constar nos períodos mencionados, a data de vencimento do futuro a considerar nesse dia é a verdadeira data. Como tal, a série temporal que contruir-se-á na próxima secção, do dia 02 de Março de 2006 para o dia 03 de Março de 2006, apresenta um salto de 2 dias úteis na data de vencimento do futuro, algo que não deverá verificar-se na estratégia de roll-over de Cheng (2019a).

O referido código foi ainda construído de forma a poder implementar o roll-over a 2, 3, 4 ou 5 meses. Para estes roll-overs com maturidades mais longas, Cheng (2019a) apenas analisa o período posterior a Novembro de 2006. Isto deve-se ao facto de anteriormente a Novembro de 2006, os futuros do VIX com estas maturidades não serem transacionados todos os meses. Assim, o código para os roll-overs em questão foi contruído para analisar o período de 01 de Novembro de 2006 a 30 de Abril de 2019.

De igual modo, criou-se o código, que pode ser encontrado na secção 6.2, para realizar o roll-over a 1 mês de acordo com a metodologia de Daigler et al. (2016). Este código também teve de ser ajustado para se adaptar ao erro mencionado na base de dados.

Foi ainda desenvolvido o código, que consta na secção 6.3, para recriar as técnicas de interpolação a 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 meses adotadas por Johnson (2017). Devido ao facto de em cada dia útil as técnicas de interpolação escolherem os dois futuros com data de vencimento mais próxima à data pretendida, tem-se que, ao contrário do que deverá de acontecer para as estratégias de roll-over, para as estratégias de interpolação não existe a imposição de reutilizar as datas de vencimento utilizadas no dia útil anterior. Como tal, o código construído para recriar as técnicas de interpolação não necessitou de qualquer adaptação para o erro mencionado na base de dados.

3.2. Previsão do VIX e Cálculo do Prémio do VIX

Encontradas as cotações dos futuros, deve-se proceder à previsão do valor do VIX na medida de probabilidade física, para posteriormente construir-se as série temporais do prémio do VIX. Para

atingir este objectivo, Cheng (2019a) utiliza inicialmente um modelo ARMA(2,2) calibrado com os dados do VIX referentes ao período de 1990 a Dezembro de 2003. Nesta secção replicar-se-á a aplicação deste modelo, sendo que para coincidir com o realizado no estudo dos futuros sobre o VIX, também serão utilizadas as cotações de fecho.

Como tal, procedeu-se à recolha dos dados históricos referentes ao VIX que a CBOE disponibiliza. Para analisar os dados em questão, criou-se o código que se encontra na subsecção 6.4 e que permitiu criar o seguinte modelo ARMA(2,2):

$$\begin{aligned} VIX_t = & 0.0542 + 1.6647 \times VIX_{t-1} - 0.6674 \times VIX_{t-2} \\ & - 0.8563 \times \epsilon_{t-1} - 0.0613 \times \epsilon_{t-2} + \epsilon_t \end{aligned} \quad (3.1)$$

Constata-se que os resultados obtidos são semelhantes aos resultados encontrados por Cheng (2019a, página 187). Os detalhes estatísticos da modelação efectuada poderão ser consultados no Apêndice, no entanto, salienta-se o facto dos p -values associados às diversas constantes serem bastante próximos de 0, o que torna os valores encontrados estatisticamente relevantes. No Apêndice também se podem encontrar outros resultados obtidos para a calibragem de diferentes modelos ARMA.

Tendo, portanto, o modelo ARMA(2,2) devidamente calibrado, procedeu-se à previsão do VIX para as devidas datas de vencimento dos futuros, sendo que o código mencionado incorpora esta mesma previsão.

Uma vez calculadas as previsões sobre o VIX, podemos utilizar a equação (2.5) para determinar o prémio do VIX. No entanto, antes da fórmula poder ser aplicada, as cotações dos futuros sobre o VIX têm de ser ajustadas. Isto deve-se ao facto de no período entre 01 de Abril de 2004 e 23 de Março de 2007 as cotações dos futuros sobre o VIX serem dadas por um número 10 vezes superior ao valor transacionado. Assim, os valores a serem utilizados na equação (2.5), para os futuros anteriores a 23 de Abril de 2007, deverão de ser o valor das cotações dividido por 10.

Obtidos os valores dos futuros devidamente ajustados, bem como a previsão do VIX na medida física de probabilidade, pode-se agora aplicar a fórmula (2.5) para o cálculo do prémio do VIX. Essa fórmula foi introduzida no código em questão para este conseguir criar as séries temporais diárias do prémio do VIX.

Em suma, o código permite criar o modelo ARMA(2,2) apresentado e calcular a série temporal diária do prémio do VIX utilizando as estratégias de roll-over a 1, 2, 3, 4 ou 5 meses dadas pela estratégia de Cheng (2019a), de roll-over proposta por Daigler et al. (2016) e as técnicas de interpolação 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 meses propostas por Johnson (2017).

3.3. Prémio do VIX

Tendo as séries temporais do prémio do VIX construídas, pode-se construir os gráficos com os resultados obtidos. Devido ao facto de terem sido criadas várias séries temporais do prémio do VIX, esta secção será focada principalmente na série temporal criada para o roll-over a 1 mês proposto por Cheng (2019a). No entanto, na secção A.2 do apêndice poderão ser consultadas as Figuras relativas às restantes estratégias.

A Figura 3.1 contém a série temporal do prémio do VIX, calculada utilizando a estratégia de roll-over a 1 mês proposta por Cheng (2019a).

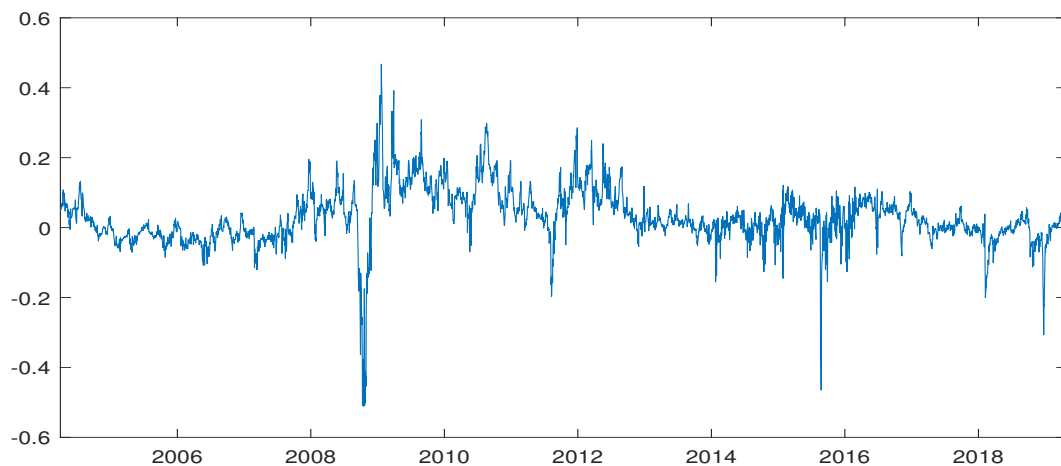


Figura 3.1.: Prémio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a 1 mês proposta por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE

Realizando uma simples análise visual, é possível averiguar que de Novembro de 2013 a Março de 2016 os dados aparentam apresentar uma volatilidade acrescida comparativamente com os restantes anos. Para comprovar esta mesma observação foram calculados os desvios-padrão da taxa de variação do prémio do VIX em diferentes períodos. A Tabela 3.1 contém os resultados obtidos.

Tabela 3.1.: Desvios-Padrão calculados em diferentes períodos de tempo da taxa de variação do prémio do VIX segundo a estratégia de roll-over a 1 mês proposta por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE

	04/2004 a 11/2013	11/2013 a 03/2016	03/2016 a 04/2019	Série completa
σ	2.6032%	4.50672%	1.7781%	2.8684%

Através da Tabela 3.1 constata-se que o desvio-padrão da taxa de variação do prémio do VIX para o período de Novembro de 2013 a Março de 2016 apresenta um valor (4.50672%) muito superior aos restantes períodos, o que comprova a observação efectuada.

Por conseguinte, no sentido de verificar os resultados obtidos para a série temporal do prémio do VIX, principalmente para o período de Novembro de 2013 a Março de 2016, foram extraídos do website de Cheng (s.d.) os resultados obtidos pelo autor para a série temporal do

prémio do VIX. Assim, foi contruída a Figura 3.2 de forma a conter o gráfico da Figura 3.1 e os resultados obtidos pelo autor.

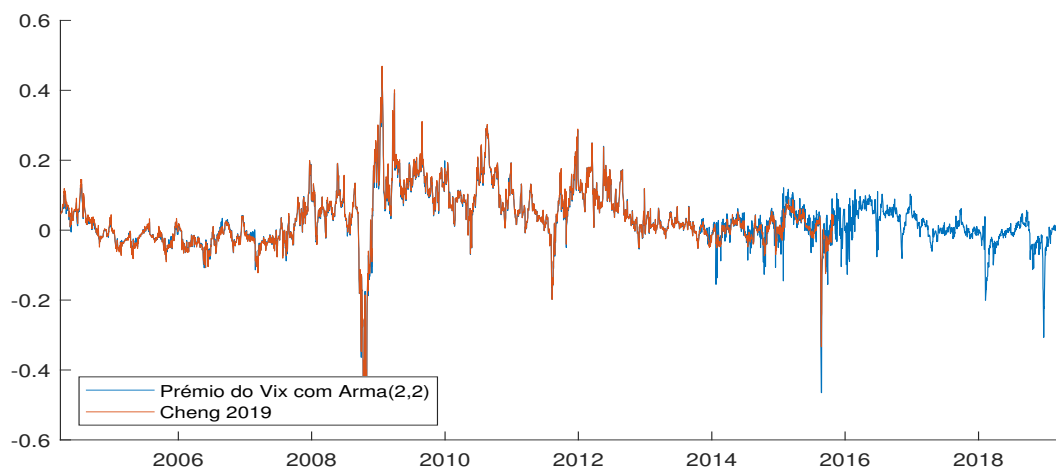


Figura 3.2.: Comparação entre o prémio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prémio do VIX estimado com base nos dados da CBOE

Analisando a Figura 3.2 conclui-se que, apesar do erro mencionado na secção 3.1 para as datas de vencimento dos futuros, anteriormente a 29 de Outubro de 2013 os resultados encontrados são próximos aos resultados apresentados pelo autor. No entanto, no período entre 30 de Outubro de 2013 e 30 de Outubro de 2015 os resultados obtidos não são os esperados. Nas próximas subsecções ir-se-á identificar o motivo dos resultados obtidos diferirem dos resultados do autor.

3.4. Volatilidade dos Dados

Conforme descrito anteriormente, para as análises das cotações dos futuros e dos dados do VIX utilizaram-se as cotações de fecho. No entanto, decidiu-se reutilizar os códigos que se encontram nas subsecções 6.1 e 6.4 relativos à análise das cotações dos futuros e à previsão do VIX para serem utilizados com as cotações de abertura em vez das cotações de fecho. O objetivo desta alteração é o de tentar perceber se haveria alguma alteração no comportamento da volatilidade para o período de Novembro de 2013 a Março de 2016.

As Figuras 3.3 e 3.4 recalculam a série temporal do prémio do VIX utilizando as cotações de abertura.

A Figura 3.4 mostra que os resultados de Cheng (2019a) não são corretamente replicados com as cotações de abertura. No entanto, comparando as Figuras 3.2 e 3.4 observa-se que para o período de Novembro de 2013 a Março de 2016 a série temporal do prémio do VIX que utiliza as cotações de abertura tem valores mais próximos aos encontrados por Cheng (2019a) comparativamente com a série temporal que utiliza as cotações de fecho. Contrariamente, anteriormente a Outubro de 2013 a série temporal do prémio do VIX que utiliza as cotações de fecho é a que tem valores mais próximos aos encontrados por Cheng (2019a). No sentido de

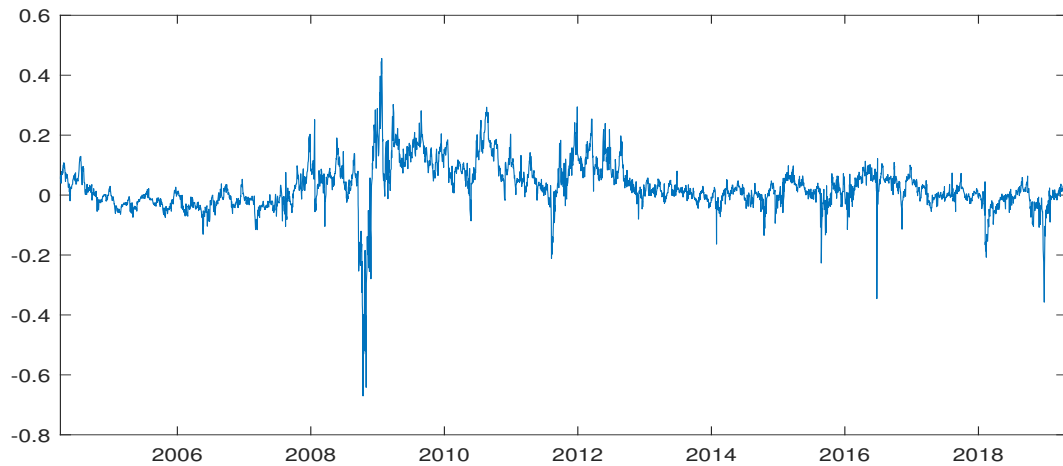


Figura 3.3.: Prémio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a 1 mês proposta por Cheng (2019a) e utilizando as cotações de abertura da CBOE

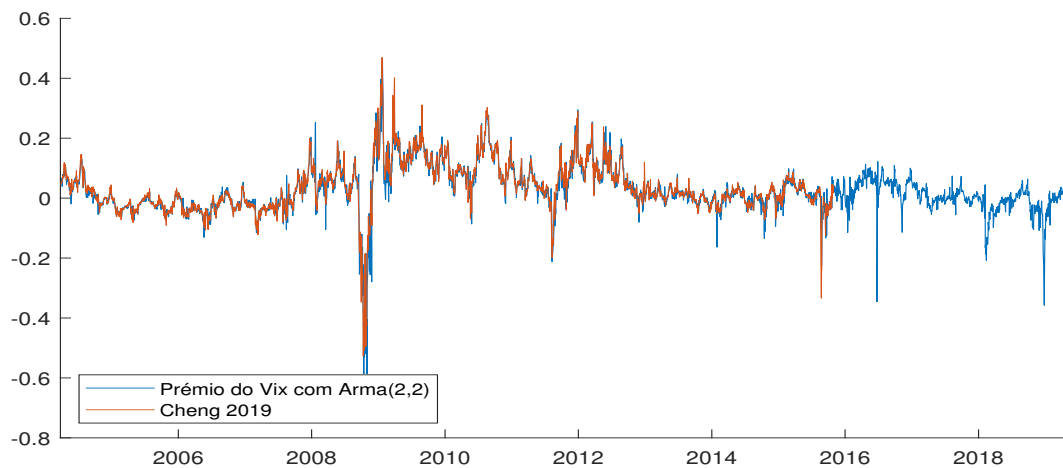


Figura 3.4.: Comparação entre o prémio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prémio do VIX estimado com base nas cotações de abertura da CBOE

comprovar as observações efectuadas, calcularam-se para os períodos de Abril de 2004 a 28 de Outubro de 2013 e de 29 de Outubro de 2013 a 30 de Outubro de 2015 as médias dos desvio absolutos entre os resultados obtidos por Cheng (2019a) e as séries temporais diárias construídas com a estratégia de roll-over a 1 mês proposta por Cheng (2019a), nomeadamente, a série temporal com as cotações de abertura e a série temporal com as cotações de fecho. A Tabela 3.2 contém os valores obtidos e que permitem comprovar as observações efectuadas.

Por conseguinte, com o objetivo de perceber o porquê das cotações de fecho não encontrarem os resultados pretendidos foi decidido reutilizar o código da secção 6.1. Este código tinha como principal função simular o roll-over proposto por Cheng (2019a), sendo que retornava as cotações dos futuros e as suas datas de vencimento. Este código foi assim reutilizado para em cada dia útil retornar as datas de vencimento dos futuros e a hora da última transação do futuro.

Tabela 3.2.: Média dos desvios absolutos entre os resultados obtidos por Cheng (2019a) e as séries temporais diárias construídas com a estratégia de roll-over a 1 mês proposta por Cheng (2019a), utilizando as cotações de abertura e as de fecho para os dados da CBOE.

	04/2004 a 28/10/2013	29/10/2013 a 30/10/2015
Cotações de Abertura	0.0166	0.0465
Cotações de Fecho	0.0032	0.0535

Analisando os resultados obtidos por esse mesmo código, chegaram-se às seguintes conclusões:

1. Que de 01-04-2004 a 29-10-2013, a última transação ocorria entre as 15h00 e as 15h15;
2. Que de 30-10-2013 a 20-06-2015, a última transação ocorria, em certos dias, às 15h15 e nos restantes dias ocorria às 16h15;
3. Que de 20-06-2015 a 03-03-2016, a última transação ocorria poucos minutos antes das 24h00;
4. Que de 04-03-2016 a 23-02-2018, a última transação ocorria poucos segundos antes das 15h15;
5. Que de 24-02-2018 até 30-04-2019, a última transação passou a ser sempre às 24h.

Observando em mais detalhe a Figura 3.2, é possível observar que a data de 30 de Outubro de 2013 corresponde exactamente à primeira data onde os valores obtidos divergem dos valores que o autor Cheng (2019a) disponibiliza no seu website. Mais ainda, pode-se reparar que a data de 03 de Março de 2016 corresponde à data onde a excessiva volatilidade parece terminar, o que significa que a volatilidade acrescida relaciona-se com os pontos 2) e 3) acabados de mencionar.

Consultando o website da CBOE (s.d.) constata-se que o período regular de transação dos futuros sobre o VIX é das 08h30 até às 15h15. No entanto, existem 2 períodos de extensão, sendo um deles das 15h30 até às 16h00 e o outro das 17h00 do dia anterior até às 08h30.

Portanto, conclui-se que os dados da CBOE de 01 de Abril de 2004 a 29 de Outubro de 2013 correspondem a dados do período regular. No entanto, de 30 de Outubro de 2013 a 30 de Abril de 2019 os dados da CBOE apresentam as cotações dos futuros tanto para o período regular como para o período estendido.

3.5. Novos Dados

Tendo em consideração a dessincronização das cotações e tendo em consideração o erro dos dados mencionado na secção 3.1, pode-se concluir que com os dados da CBOE não será possível recriar corretamente os resultados obtidos por Cheng (2019a).

Para conseguir-se construir séries temporais sincronizadas, decidiu-se em alternativa utilizar a plataforma Barchart, plataforma essa que contém os dados históricos do VIX e dos futuros sobre o VIX.

De forma a garantir que era utilizada a hora correcta de fecho recolheram-se os dados intra-diários desde Janeiro de 2010 até Dezembro de 2020, tanto para os futuros sobre o VIX como para o próprio VIX, sendo os dados recolhidos de 15 em 15 minutos. No entanto, anteriormente a 2010 não são disponibilizados dados intra-diários, o que levou a serem recolhidos os dados diários para os futuros sobre o VIX de Abril de 2004 a Dezembro de 2009. Mais ainda, visto ser necessário obter os dados sobre o VIX anteriores a 2004 para estimar os modelos ARMA, foi utilizada a mesma plataforma para recolher os dados diários sobre o VIX de 1990 até 2020.

De notar que os dados obtidos utilizam dois fusos horários diferentes. Os dados intra-diários do VIX utilizam a hora de Nova Iorque e os dados intra-diários dos futuros sobre o VIX utilizam a hora de Chicago. Assim sendo, para existir uma sincronização dos dados, nas próximas subsecções utilizar-se-ão os dados do VIX referentes a 1 hora à frente da hora utilizada para os futuros.

3.6. Futuros sobre o VIX com dados Barchart

Tendo sido recolhidos os novos dados para a construção das novas séries temporais do prémio do VIX, dever-se-á de proceder a uma reconstrução dos códigos até aqui mencionados.

Inicialmente, proceder-se-á à análise da nova base de dados que contém as cotações dos futuros.

Conforme mencionado anteriormente, para as novas séries temporais também se utilizará as cotações de fecho. Como tal, para assegurar a sincronização dos dados, os códigos que serão de seguida mencionados utilizam a cotação de fecho para os dados diários e utilizam a cotação de fecho das 15h00 para os dados intra-diários.

De salientar que na base de dados da Barchart os valores dados para os futuros sobre VIX para o período de Abril de 2004 a 23 de Março de 2007 já são as devidas cotações, constatando assim uma diferença para a base de dados da CBOE. Como tal, a correção necessária para os dados da CBOE não é necessária para os novos dados dos futuros.

Por conseguinte, o código da secção 6.5 foi construído de forma a analisar os dados recolhidos para os futuros e de forma a refazer as estratégias de roll-over a 1, 2, 3, 4 e 5 meses utilizadas por Cheng (2019a).

De igual modo, foi criado o código que consta na secção 6.6 que permite realizar o roll-over a 1 mês de acordo com a metodologia proposta por Daigler et al. (2016) e utilizando os dados Barchart.

Foi ainda criado o código que consta na secção 6.7 que permite realizar a interpolação proposta por Johnson (2017) a 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 meses, utilizando para tal os dados Barchart.

Os códigos mencionados nesta secção foram contruídos de forma a permitirem realizar duas análises:

1. Reutilizar os dados provenientes da CBOE até 2010, e apenas utilizar os dados provenientes da Barchart a partir de 2010;
2. Utilizar somente os dados provenientes da Barchart de 2004 até 2020.

3.7. Prémio do VIX Corrigido

Tendo as novas séries temporais para as cotações dos futuros sobre do VIX, procedeu-se ao desenvolvimento do código que se encontra na secção 6.8. Este permitiu utilizar os novos dados do VIX referentes ao período de Janeiro de 1990 a Dezembro de 2004 e obter o seguinte modelo ARMA(2,2):

$$\begin{aligned} VIX_t = & 0.05516 + 1.6564 \times VIX_{t-1} - 0.6592 \times VIX_{t-2} \\ & - 0.7158 \times \epsilon_{t-1} - 0.0674 \times \epsilon_{t-2} + \epsilon_t \end{aligned} \quad (3.2)$$

Pode-se constatar que os resultados obtidos assemelham-se ao modelo calibrado com os dados da CBOE na equação (3.1). Os detalhes estatísticos da modelação efectuada poderão ser consultados no Apêndice, no entanto, salienta-se o facto dos p -values associados às diversas constantes serem bastante próximos de 0, o que torna os valores encontrados estatisticamente relevantes.

Tendo o modelo ARMA(2,2) devidamente calibrado, pode-se prosseguir para a previsão do VIX na medida de probabilidade física. Em consonância com o realizado para os futuros sobre o VIX, para os valores do VIX também são utilizadas as cotações de fecho. Como tal, para os dados diários, isto é, para os dados de 2004 a 2009, foram utilizadas as cotações de fecho. Para os dados posteriores a 2010, devido a serem intra-diários, para serem utilizados os dados do VIX para a mesma hora que os dos futuros e tendo em conta os diferentes fusos horários a que as bases de dados se referem, são utilizadas as cotações de fecho das 16 horas de Chicago.

Por conseguinte, o código da secção 6.8 permite realizar as previsões sobre o VIX e calcular o prémio do VIX sobre as duas análises apresentadas anteriormente na secção 3.6, ou seja, para uma análise utilizando os dados da CBOE conjuntamente com os da Barchart e outra análise utilizando apenas os dados da Barchart. O mesmo código permite construir as séries temporais diárias dos prémios do VIX aplicando o roll-over a 1, 2, 3, 4 e 5 meses, conforme efectuado por Cheng (2019a), o roll-over apenas a 1 mês sugerido por Daigler et al. (2016) e a interpolação proposta por Johnson (2017) a 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 meses.

Uma vez obtidas as novas séries temporais do prémio do VIX, foi decidido fazer os gráficos comparativos dos resultados obtidos com os resultados de Cheng (2019a). Assim, a Figura 3.5

apresenta a comparação entre os resultados obtidos por Cheng (2019a) e a série temporal do prêmio do VIX obtida utilizando a estratégia de roll-over a 1 mês do autor e os dados da CBOE de Abril de 2004 até 31 de Dezembro de 2009 bem como os dados da Barchart de Janeiro de 2010 até Dezembro de 2020.

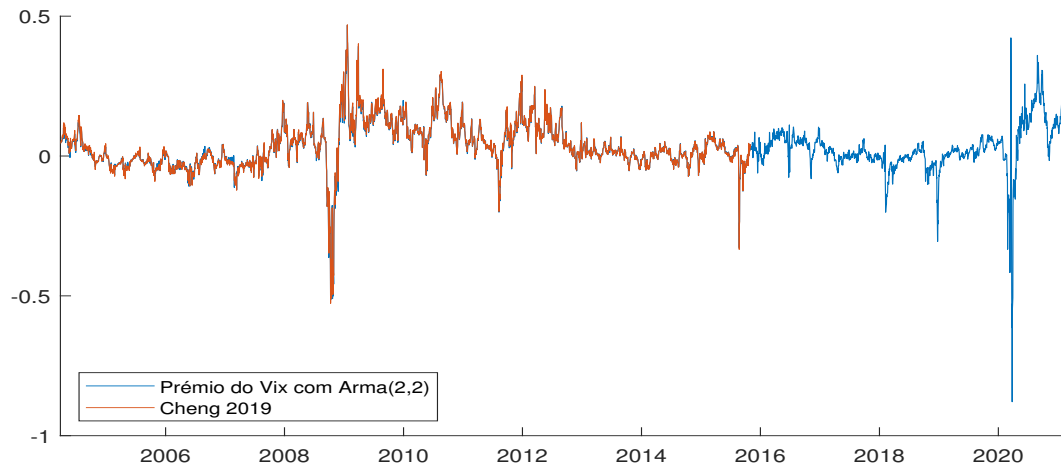


Figura 3.5.: Comparação entre o prêmio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prêmio do VIX estimado com base nas cotações de fecho da CBOE de 2004 até 2009 e da Barchart de 2010 até 2020

A Figura 3.6 apresenta a comparação entre os resultados de Cheng (2019a) e a série temporal do prêmio do VIX obtida com a estratégia de roll-over a 1 mês proposta pelo autor e que utiliza apenas os dados da plataforma Barchart.

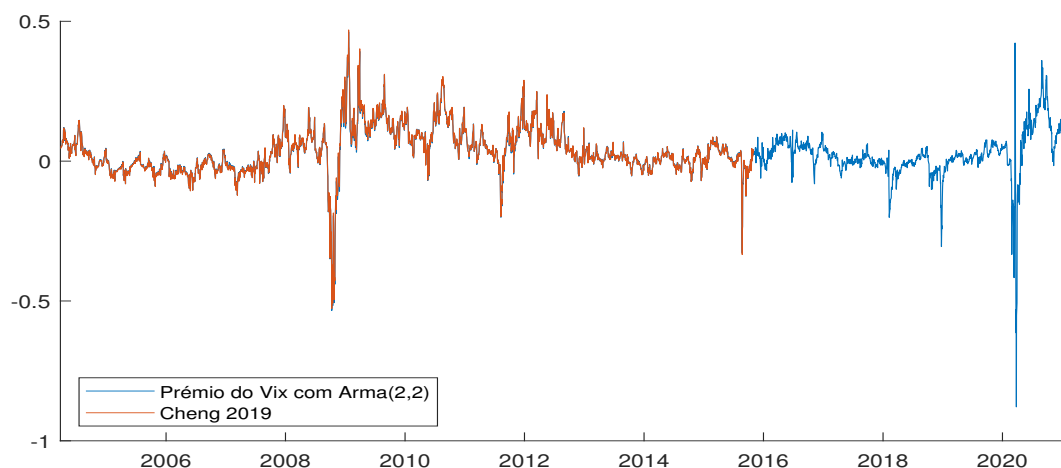


Figura 3.6.: Comparação entre o prêmio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prêmio do VIX estimado com base nas cotações de fecho da Barchart

Como pode ser verificado nas Figuras 3.5 e 3.6, já não são apresentadas as excessivas volatilidades desde Outubro de 2013 até Março de 2016, sendo observável na Figura 3.6 que a série temporal do prêmio do VIX calculada utilizando apenas os dados da plataforma Barchart coincide praticamente com os resultados obtidos por Cheng (2019a).

Levando em consideração o erro nos dados da CBOE para os futuros com as datas de vencimento entre 2004 e 2007, o qual implica que a previsão do VIX na medida física não seria feita para o correto dia, foi decidido, que daqui por diante, apenas se utilizará as séries temporais construídas através da plataforma Barchart. Portanto, doravante o estudo do puzzle do prêmio do VIX será feito unicamente através dos dados da plataforma Barchart.

As Figuras 3.7, 3.8 e 3.9 apresentam as séries temporais do prêmio do VIX construídas neste Capítulo através da aplicação da estratégia de roll-over a 1 mês proposta por Cheng (2019a), de roll-over de Daigler et al. (2016) e de interpolação a 1 mês de Johnson (2017), respectivamente, e utilizando unicamente os dados da Barchart. Estas mesmas séries temporais permitirão, no próximo Capítulo, analisar o puzzle do prêmio do VIX.

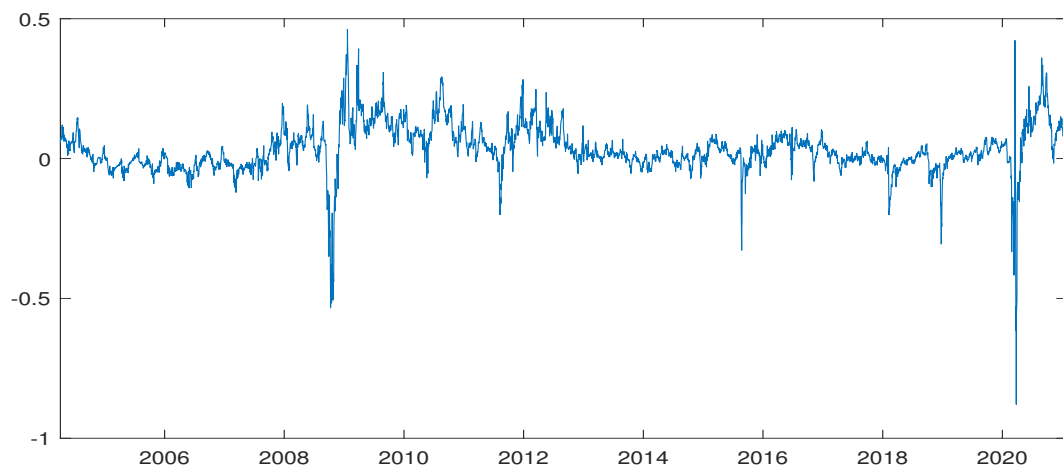


Figura 3.7.: Série temporal do prêmio do VIX obtida através da estratégia de roll-over a 1 mês de Cheng (2019a) e utilizando os dados da Barchart

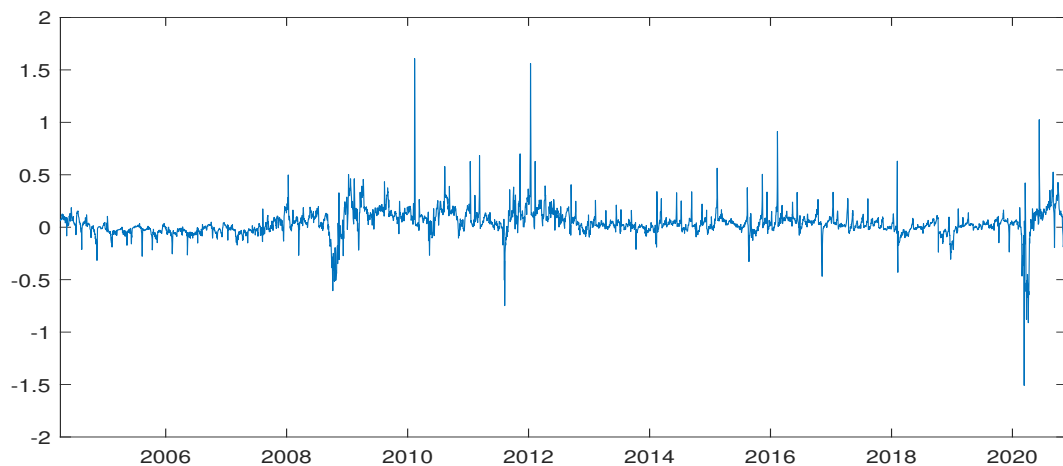


Figura 3.8.: Série temporal do prêmio do VIX obtida através da estratégia de roll-over de Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da Barchart

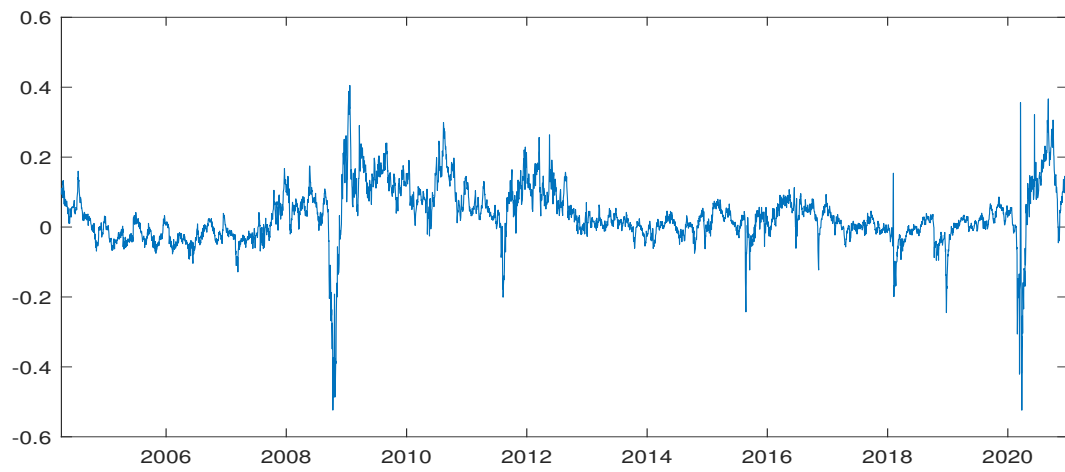


Figura 3.9.: Série temporal do prêmio do VIX obtida através da estratégia de interpolação a 1 mês de Johnson (2017) e utilizando os dados da Barchart

4. Puzzle do Prémio do VIX

Neste capítulo verificar-se-á a existência do puzzle do prémio do VIX para as séries temporais construídas no Capítulo 3 e constatar-se-á a hipótese proposta por Cheng (2019a), de que a diminuição da procura por cobertura do risco em conjuntura do aumento do risco origina o puzzle do prémio do VIX.

4.1. “Low Premium Response Puzzle”

O prémio do VIX é um prémio de volatilidade, sendo visto como a compensação relacionada com a incerteza do valor do VIX. Como tal, o prémio do VIX deverá ter um valor mais elevado em momentos de maior risco e um valor mais reduzido em momentos de menor risco. No entanto, Cheng (2019a) verificou que o mesmo nem sempre acontece para o prémio do VIX: o prémio do VIX tende a decrescer ou a manter-se inalterado quando o risco aumenta significativamente. O autor observou esta tendência de Abril de 2004 a Novembro de 2015, designando-a de “Low Premium response Puzzle”. Nesta secção, este puzzle será verificado e realizar-se-á uma extensão à análise do autor até Dezembro de 2020.

Observando a Figura 3.7 destacam-se duas ocasiões que verificam o mencionado puzzle, uma delas em 2008 (correspondente ao período da falência da Lehman Brothers) e a outra em Março de 2020 (correspondente ao início da pandemia Covid-19). É o conhecimento geral que estes dois momentos estão associados a aumentos significativos do risco e da incerteza. Como tal, o prémio do VIX para estes períodos deveria aumentar; no entanto, é possível verificar na Figura 3.7 que inicialmente estes períodos apresentam uma queda acentuada do prémio do VIX, tornando-se o mesmo negativo, e que apenas posteriormente é que o prémio do VIX aumenta. Na Figura 3.7 ainda se constata outras ocasiões, que apesar de apresentarem uma queda menos acentuada do prémio do VIX, também verificam o puzzle em questão, é exemplo disso o período de 24 a 25 de Agosto de 2015. Mais ainda, através das Figuras 3.8 e 3.9 conclui-se que o puzzle do prémio do VIX também é observado para as ocasiões mencionadas e para a estratégia de roll-over proposta por Daigler et al. (2016) e para a estratégia de interpolação a 1 mês proposta por Johnson (2017), respectivamente.

Para comprovar-se a correlação negativa entre a variação do risco e a variação do prémio do VIX, Cheng (2019a, pág. 188) apresenta a equação (4.1) que relaciona a variação do prémio do

VIX, $\Delta VIX P_t$, com a variação do VIX, ΔVIX_t , para cada momento t . O autor apresenta a equação (4.1) não apenas para o VIX, mas também para outras medidas de risco, mostrando que para as diferentes medidas os resultados são semelhantes. Nesta dissertação será realizada uma extensão à análise do autor utilizando unicamente o VIX enquanto medida de risco, presumindo-se que os resultados para as restantes medidas devam ser semelhantes.

$$\Delta VIX P_t = \alpha + \beta \Delta VIX_t + \sum_{i=1}^3 (\gamma_k \Delta VIX_{t-i} + \delta_k \Delta VIX P_{t-i}) + \epsilon_t. \quad (4.1)$$

Anteriormente, no Capítulo 3, construíram-se as séries temporais diárias do prémio do VIX. No entanto, para a verificação do puzzle, Cheng (2019a) utiliza uma série temporal do prémio do VIX mensal, sendo portanto a variável t da equação (4.1) representativa de meses e não de dias. Contudo, a equação (4.1) pode ser vista tanto para uma variação mensal como para uma variação diária do VIX e do prémio do VIX. Assim, nesta dissertação verificar-se-á o puzzle do prémio do VIX para ambas as perspectivas.

Por conseguinte, procedeu-se à construção da série temporal mensal do prémio do VIX. Para tal, Cheng (2019a) apresenta o prémio do VIX escalado a um mês:

$$VIX P_t^T = \frac{21}{T-t} \times \left[\mathbb{E}_{\mathbb{Q}} [VIX_T | \mathcal{F}_t] - \mathbb{E}_{\mathbb{P}} [VIX_T | \mathcal{F}_t] \right]. \quad (4.2)$$

A série temporal mensal do prémio do VIX obteve-se através da equação (4.2), considerando para cada data t o último dia útil do mês.

Por conseguinte, para se obter as séries temporais mensais segundo as estratégias propostas por Cheng (2019a), Daigler et al. (2016) e Johnson (2017), procedeu-se à construção do código que se encontra na secção 6.9, o qual extrai as séries temporais mensais pretendidas através das séries temporais diárias criadas no Capítulo anterior.

Tendo as séries temporais diárias e mensais do prémio do VIX, realizaram-se várias regressões multilíneas, aplicando o método dos mínimos quadráticos a essas mesmas séries, com a finalidade de estimar as constantes da equação (4.1). Na secção 6.10 encontra-se o código construído para realizar essas mesmas regressões multilíneas.

O puzzle do prémio do VIX verificar-se-á através do sinal encontrado para o parâmetro β da equação (4.1). Caso o β seja uma constante negativa, isso indicará que um aumento significativo do VIX, ou seja, uma grande subida do risco, resultará numa diminuição do prémio do VIX.

A Tabela 4.1 contém os resultados da estimação dos parâmetros da equação (4.1) para uma análise à série temporal mensal do prémio do VIX que utiliza a estratégia proposta por Cheng (2019a). Nessa tabela são estudados os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015, o mesmo estudado por Cheng (2019a), e o de Abril de 2004 a Dezembro de 2020.

Analisando a Tabela 4.1 para o período de Abril de 2004 a Novembro de 2015, constata-se que os resultados obtidos assemelham-se aos apresentados por Cheng (2019a, pág. 190, Tabela

Tabela 4.1.: Estimacão dos parâmetros da equaco (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal mensal do prmio do VIX com a estratégia proposta por Cheng (2019a). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.

Abril de 2004 a Novembro de 2015				Abril de 2004 a Dezembro de 2020			
	<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>		<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>
α	-0.0217	0.0521	0.7396	α	-0.0077	0.0559	0.8926
β	-0.0786	0.0305	0.0000	β	-0.1033	0.0211	0.0000
γ_1	0.0196	0.0181	0.2139	γ_1	0.0188	0.0195	0.1797
γ_2	0.0644	0.0243	0.0000	γ_2	0.0490	0.0215	0.0011
γ_3	0.0641	0.0222	0.0000	γ_3	0.0549	0.0186	0.0002
δ_1	-0.2553	0.0950	0.0029	δ_1	-0.1302	0.0946	0.0682
δ_2	-0.3093	0.0758	0.0000	δ_2	-0.2219	0.0863	0.0011
δ_3	0.2522	0.1018	0.0012	δ_3	0.2487	0.0994	0.0004

2). Verifica-se também, que para os dois períodos analisados, estimaram-se valores negativos para o parâmetro β , sendo eles estatisticamente significativos¹ e com desvios-padrão que garantem que os intervalos de confiança a 98% associados aos valores de β apenas terão valores negativos, o que verifica a existência do puzzle do prmio do VIX.

As Tabelas 4.2 e 4.3 contém os resultados obtidos para as estimativas dos parâmetros da equaco (4.1) utilizando as estratégias propostas por Johnson (2017) e Daigler et al. (2016) para a construo da série temporal diária do prmio do VIX, respectivamente. Tal como na Tabela 4.1, nas Tabelas 4.2 e 4.3 apresentam-se os resultados obtidos para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril de 2004 a Dezembro de 2020.

Tabela 4.2.: Estimacão dos parâmetros da equaco (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal mensal do prmio do VIX com a estratégia proposta por Johnson (2017). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.

Abril de 2004 a Novembro de 2015				Abril de 2004 a Dezembro de 2020			
	<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>		<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>
α	-0.0220	0.0809	0.8140	α	-0.0036	0.0748	0.9641
β	-0.0838	0.0458	0.0000	β	-0.1275	0.0336	0.0000
γ_1	0.0181	0.0180	0.4011	γ_1	0.0069	0.0223	0.7122
γ_2	0.0663	0.0312	0.0031	γ_2	0.0479	0.0284	0.0166
γ_3	0.0716	0.0291	0.0011	γ_3	0.0600	0.0248	0.0018
δ_1	-0.3718	0.1025	0.0000	δ_1	-0.2398	0.0955	0.0011
δ_2	-0.2893	0.1333	0.0009	δ_2	-0.2133	0.1100	0.0028
δ_3	0.0933	0.1012	0.2624	δ_3	0.1137	0.0978	0.1186

¹Os testes estatísticos de Engle, Durbin-Watson, Ljung-Box e de Jarque-Bera aos resíduos do modelo de mínimos quadráticos revelam que os resíduos são heterocedásticos, autocorrelacionados e que não possuem uma distribuo normal. Por esse motivo, as análises das estatísticas de teste F e t e dos P -values das estimativas poderão não apresentar as corretas conclusões. Esta nota  válida para as regressões efetuadas nas Tabelas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6.

Tabela 4.3.: Estimacão dos parâmetros da equaco (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal mensal do prmio do VIX com a estratégia proposta por Daigler et al. (2016). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.

Abril de 2004 a Novembro de 2015				Abril de 2004 a Dezembro de 2020			
	<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>		<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>
α	-0.0178	0.1338	0.9054	α	0.0058	0.1150	0.9649
β	-0.0974	0.0659	0.0029	β	-0.1882	0.0669	0.0000
γ_1	0.0129	0.0316	0.6969	γ_1	-0.0348	0.0360	0.2482
γ_2	0.0588	0.0496	0.0840	γ_2	0.0338	0.0437	0.2879
γ_3	0.0962	0.0520	0.0039	γ_3	0.0793	0.0366	0.0095
δ_1	-0.5549	0.1022	0.0000	δ_1	-0.3967	0.0911	0.0000
δ_2	-0.3326	0.1576	0.0004	δ_2	-0.2700	0.1257	0.0003
δ_3	-0.0458	0.1216	0.5038	δ_3	0.0034	0.0862	0.9629

Conforme consta nas Tabelas 4.2 e 4.3, para as duas séries temporais mensais e para o período de Abril de 2004 a Dezembro de 2020, também foram obtidos valores negativos para a estimativa do parâmetro β , sendo elas estatisticamente significativas e com desvios-padrão que garantem que os intervalos de confiança a 98% associados aos diferentes valores de β apenas terão valores negativos. Nas mesmas tabelas e para o período de Abril de 2004 a Novembro de 2015, foram de igual modo obtidos valores negativos para as estimativas do parâmetro β , sendo elas estatisticamente significativas e com desvios-padrão que garantem que os intervalos de confiança a 90% (para o caso de Johnson (2017)) e a 80% (para o caso de Daigler et al. (2016)) apenas terão valores negativos.

Conclui-se, portanto, que o puzzle do prmio do VIX é verificado para uma perspectiva mensal e que não se encontra unicamente relacionado com a estratégia de Cheng (2019a), podendo ser verificado para as estratégias de Daigler et al. (2016) e Johnson (2017).

Tendo a perspectiva mensal já analisada, procedeu-se às regressões multilineaes às séries temporais diárias para a equaco (4.1). As Tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 contém os resultados obtidos para as estimativas dos parâmetros da equaco (4.1) utilizando as estratégias propostas por Cheng (2019a), Johnson (2017) e Daigler et al. (2016) para a construo da série temporal diária do prmio do VIX, respectivamente. Nas diferentes tabelas são estudados os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril de 2004 a Dezembro de 2020.

Conforme consta na Tabela 4.4, para os dois períodos estudados, obtiveram-se valores negativos para as estimativas do parâmetro β , sendo elas estatisticamente significativas e com desvios-padrão que garantem que os intervalos de confiança a 98% associados aos diferentes valores de β apenas terão valores negativos.

Conforme consta na Tabela 4.5, para os dois períodos estudados, obtiveram-se valores negativos para as estimativas do parâmetro β , sendo elas estatisticamente significativas e com desvios-padrão que garantem que os intervalos de confiança a 98% (no caso do período de Abril de 2004 a Novembro de 2015) e a 90% (no caso do período de Abril de 2004 a Dezembro

Tabela 4.4.: Estimação dos parâmetros da equação (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal diária do prémio do VIX com a estratégia proposta por Cheng (2019a). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.

Abril de 2004 a Novembro de 2015				Abril de 2004 a Dezembro de 2020			
	<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>		<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>
α	-0.0000	0.0004	0.9678	α	0.0000	0.0003	0.9454
β	-0.0038	0.0009	0.0000	β	-0.0026	0.0010	0.0000
γ_1	0.0005	0.0005	0.0686	γ_1	0.0008	0.0008	0.0009
γ_2	-0.0013	0.0005	0.0000	γ_2	-0.0001	0.0011	0.5599
γ_3	-0.0003	0.0005	0.1789	γ_3	-0.0009	0.0005	0.0001
δ_1	-0.1351	0.0343	0.0000	δ_1	-0.0745	0.0643	0.0000
δ_2	-0.0924	0.0422	0.0000	δ_2	0.0030	0.0617	0.8468
δ_3	-0.0433	0.0266	0.0189	δ_3	-0.0438	0.0553	0.0044

Tabela 4.5.: Estimação dos parâmetros da equação (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal diária do prémio do VIX com a estratégia proposta por Johnson (2017). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.

Abril de 2004 a Novembro de 2015				Abril de 2004 a Dezembro de 2020			
	<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>		<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>
α	-0.0000	0.0004	0.9330	α	0.0000	0.0003	0.9918
β	-0.0029	0.0008	0.0000	β	-0.0018	0.0010	0.0000
γ_1	0.0009	0.0004	0.0001	γ_1	0.0009	0.0007	0.0000
γ_2	-0.0011	0.0004	0.0000	γ_2	-0.0004	0.0009	0.3773
γ_3	-0.0002	0.0005	0.3616	γ_3	-0.0007	0.0005	0.0003
δ_1	-0.1354	0.0320	0.0000	δ_1	-0.1154	0.0659	0.0000
δ_2	-0.0844	0.0384	0.0000	δ_2	-0.0444	0.0383	0.0046
δ_3	-0.0577	0.0299	0.0019	δ_3	-0.0472	0.0441	0.0024

de 2020) apenas terão valores negativos.

Conforme consta na Tabela 4.6, para os dois período estudados, obtiveram-se valores negativos para as estimativas do parâmetro β , sendo elas estatisticamente significativas. Contudo, as estimativas apresentam valores elevados dos desvios-padrão o que não permite afirmar com um nível de significância adequado que os intervalos de confiança apenas terão valores negativos.

Tendo em consideração as conclusões chegadas através das Tabelas 4.4, 4.5 e 4.6, pode-se concluir pela existência do puzzle do prémio do VIX para uma perspectiva diária.

Em suma, o puzzle do prémio do VIX apresentado por Cheng (2019a) é verificado tanto na aplicação da sua estratégia, como na aplicação das estratégias de Johnson (2017) e Daigler et al. (2016), sendo verificado para o período de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e para o período de Abril de 2004 a Dezembro de 2020, e podendo ser utilizadas perspectivas diárias ou mensais para as variações do VIX e do prémio do VIX.

Nas próximas secções ir-se-ão analisar as posições tomadas pelos investidores dos futuros sobre o VIX de forma a estudar a hipótese proposta por Cheng (2019a) que visa justificar a

Tabela 4.6.: Estimacão dos parâmetros da equaco (4.1) para os períodos de Abril de 2004 a Novembro de 2015 e de Abril 2004 a Dezembro de 2020, utilizando uma série temporal diária do prmio do VIX com a estratégia proposta por Daigler et al. (2016). Os valores do desvio-padrão das estimativas foram encontrados via Newey-West.

Abril de 2004 a Novembro de 2015				Abril de 2004 a Dezembro de 2020			
	<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>		<i>Estimativa</i>	<i>SE</i>	<i>P-value</i>
α	-0.0000	0.0010	0.9919	α	0.0000	0.0007	0.9866
β	-0.0016	0.0014	0.0063	β	-0.0011	0.0031	0.0421
γ_1	0.0025	0.0009	0.0000	γ_1	0.0031	0.0017	0.0000
γ_2	-0.0017	0.0010	0.0039	γ_2	-0.0007	0.0021	0.1900
γ_3	-0.0013	0.0010	0.0290	γ_3	-0.0034	0.0014	0.0000
δ_1	-0.3100	0.0444	0.0000	δ_1	-0.3387	0.0412	0.0000
δ_2	-0.1687	0.0347	0.0000	δ_2	-0.1713	0.0359	0.0000
δ_3	-0.1244	0.0334	0.0000	δ_3	-0.0923	0.0382	0.0000

ocorrência do puzzle do prmio do VIX.

4.2. Evolues Históricas das Posies dos Investidores

A Commodity Futures Trading Commission (CFTC) publica relatórios semanais com as informaes referentes às posies tomadas pelos investidores para diversos futuros, incluindo os futuros sobre o VIX. A informao presente nestes relatórios está dividida por determinados grupos de investidores, sendo denominados por Dealers, Asset Managers, Leveraged Funds, Others Reportable Traders e Others Non-Reportable Traders. De seguida são apresentadas as definies para cada grupo consoante as notas explicativas da CFTC (s.d.):

1. Dealer/Intermediary: estes investidores são tipicamente descritos como o "sell side" do mercado. Embora possam não vender predominantemente futuros, estes projetam e vendem vários ativos financeiros aos seus clientes. Os contratos dos futuros fazem parte da precificao e da cobertura do risco associado aos produtos que estes vendem e às suas atividades. Estes incluem grandes bancos e dealers em securities, swaps e outros derivados.
2. Asset Manager/Institutional: estes são investidores institucionais, incluem fundos de pensões, endowments, insurance companies, mutual funds e os gestores de portfólios/investimentos que têm predominantemente clientes institucionais.
3. Leveraged Funds: estes são tipicamente fundos de cobertura e vários tipos de money managers, incluindo registered commodity trading advisors (CTAs); registered commodity pool operators (CPOs) ou unregistered funds identificados pela CFTC. Os investidores

poderão estar envolvidos na gestão e condução de negociações dos proprietários dos futuros e em negociações em nome de clientes especulativos.

4. Other Reportable: Investidores que não foram colocados nas três primeiras categorias. Os investidores desta categoria utilizam maioritariamente o mercado para fazer uma cobertura do risco, seja esse relacionado com o mercado de câmbio, de ações ou de taxas de juro. Esta categoria inclui corporate treasuries, bancos centrais, pequenos bancos, mortgage originators, credit unions e qualquer outro investidor não categorizado nas outras três categorias.

Com o objetivo de comprovar a hipótese de Cheng (2019a), recolheram-se os dados referentes aos relatórios da CFTC que nos permitirão estudar as evoluções históricas das posições dos diferentes grupos de investidores. Os dados referentes aos relatórios publicados pela CFTC correspondem ao período de 29 de Agosto de 2006 a 27 de Dezembro de 2020. No entanto, existe um salto temporal nos dados de 16 de Dezembro de 2008 a 9 de Junho de 2009.

Para analisar esses mesmos dados, criou-se o código presente na secção 6.11 de forma a filtrar a base de dados pelos futuros sobre o VIX e a construir as séries temporais semanais das diferenças entre as posições longas e curtas para cada grupo de investidores.

A Figura 4.1 contém a evolução histórica das diferenças, em milhares de unidades, entre o número de posições longas e o número de posições curtas para cada um dos diferentes grupos de investidores, para o período de Agosto de 2006 a Dezembro de 2020.

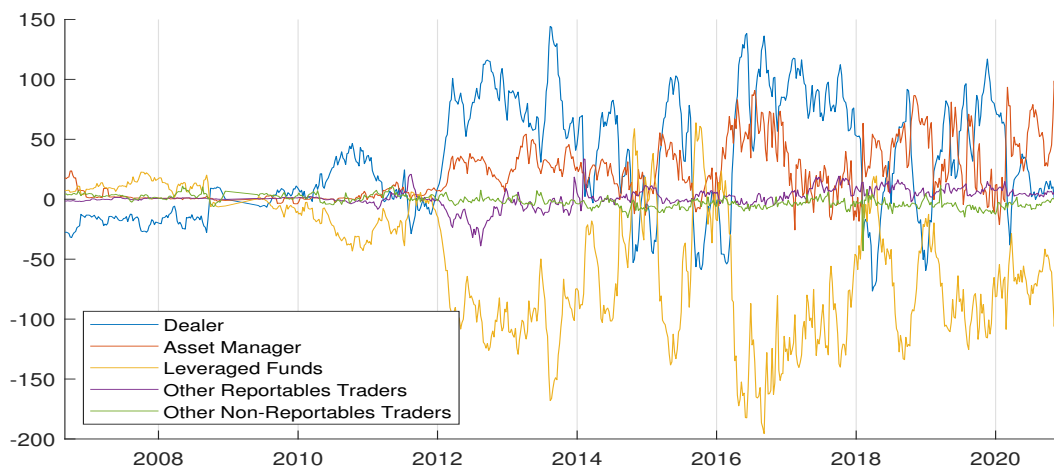


Figura 4.1.: Diferença em milhares de unidades entre o número de posições longas e o número de posições curtas para cada grupo de investidores dos futuros sobre o VIX para o período de Agosto de 2006 a Dezembro de 2020.

Através da Figura 4.1 constata-se que no ano de 2009 houve uma alteração nas posições dos investidores, sendo que a partir desse ano os Dealer e os Asset Managers são os grupos que detêm essencialmente as posições longas, isto é, estes grupos detêm mais posições longas do que curtas. Pelo contrário, o grupo dos Leverage Funds tem essencialmente as posições curtas

e os Other Reportable Traders e os Non-Reportable Traders, têm a tendência de manterem aproximadamente tantas posições longas como curtas.

Devido à falta de dados no primeiro semestre do ano de 2009 e devido à alteração que houve no mesmo ano, Cheng (2019a) apenas estuda o período posterior a Janeiro de 2010. Como tal, nesta dissertação também serão analisados os dados posteriores a 2010.

4.3. Relações entre os Investidores e o Prémio do VIX

Cheng (2019a) propõe a hipótese de que uma diminuição na procura por cobertura do risco quando este aumenta, provocaria o puzzle do prémio do VIX. Nesta secção essa mesma hipótese será estudada e estender-se-á a análise realizada pelo autor até Dezembro de 2020.

No caso dos futuros sobre o VIX, a procura por cobertura vem das posições longas, sendo os investidores que detêm estas posições quem paga o valor do prémio do VIX. Por sua vez, os investidores que detêm as posições curtas recebem o valor do prémio do VIX.

Cheng (2019a, pág. 207) introduz uma fundamentação teórica que tem como objetivo intuir sobre como os dados das posições dos investidores influenciam o puzzle. O autor conclui que: assumindo que o aumento do risco traduz-se numa redução do número de investidores no mercado, uma correlação positiva entre a variação do prémio do VIX e a variação das posições longas implica que a redução do prémio do VIX resulta principalmente da diminuição da procura por cobertura.

Como tal, para comprovar a sua hipótese, Cheng (2019a) estuda a covariância entre a variação do prémio do VIX e a variação da diferença entre as posições longas e as posições curtas de cada grupo de investidores, mostrando que para os Dealer e os Asset Manager a covariância é positiva, o que significa que as suas posições longas diminuem quando o prémio do VIX decresce. Em seguida, esse mesmo estudo será replicado e estendido até Dezembro de 2020.

A equação (4.3) apresenta a relação apresentada por Cheng (2019a, pág. 209) para a variação do prémio do VIX, $\Delta VIX P_t$, e para a variação da diferença entre as posições longas e as posições curtas de cada grupo de investidores, ΔPos_t^i , sendo t um determinado momento de tempo e i o grupo de investidores a ser analisado.

$$\Delta Pos_t^i = \alpha + \sum_{k=0}^3 \beta_k \Delta VIX P_{t-k} + \sum_{k=1}^3 \gamma_k \Delta Pos_{t-k}^i + \epsilon_t. \quad (4.3)$$

Devido ao facto dos relatórios relativos às posições dos investidores serem semanais, a série temporal para o prémio do VIX a considerar na equação (4.3) também terá de ser semanal. Por esse motivo, foi considerado o prémio do VIX escalado a uma semana:

$$VIX P_t^T = \frac{5}{T-t} \times \left[\mathbb{E}_{\mathbb{Q}} [VIX_T | \mathcal{F}_t] - \mathbb{E}_{\mathbb{P}} [VIX_T | \mathcal{F}_t] \right]. \quad (4.4)$$

A série temporal semanal do prémio do VIX obteve-se através da equação (4.4), considerando para os momentos t as datas para as quais os relatórios semanais fazem referência.

Por conseguinte, foi criado o código da secção 6.12 que permite construir as séries temporais semanais do prémio do VIX, através das séries temporais diárias criadas no Capítulo 3, e realizar as regressões multilíneas, utilizando o método dos mínimos quadráticos, a fim de encontrar as constantes da equação (4.3).

Inicialmente, para reconstruir os resultados observados por Cheng (2019a, pág. 211, Tabela 8) será estudado o período de 5 de Janeiro de 2010 a 24 de Novembro de 2015. Posteriormente, será analisado o período de 5 de Janeiro de 2010 a Dezembro de 2020.

As Tabelas 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam as estimativas encontradas para os parâmetros da equação (4.3) para o período de Janeiro de 2010 a Novembro de 2015, utilizando as estratégias propostas por Cheng (2019a), Johnson (2017) e Daigler et al. (2016) para a construção das séries semanais do prémio do VIX, respectivamente.

Conforme consta nas Tabelas 4.7, 4.8 e 4.9, para os Dealers e os Asset Managers encontraram-se valores positivos para as estimativas do parâmetro β_0 , as quais são estatisticamente significativas² e com desvios-padrão que garantem que os intervalos de confiança a 98% associados aos valores de β_0 apenas terão valores positivos. Como tal, conclui-se que a covariância entre a variação do prémio do VIX e a variação da diferença entre as posições longas e curtas, para estes dois grupos de investidores, será positiva.

Por outro lado, conforme consta nas mesmas tabelas, pode-se verificar que para os Leveraged Funds encontraram-se valores negativos para as estimativas do parâmetro β_0 , sendo estas também estatisticamente significativas e com desvios-padrão que garantem que os intervalos de confiança a 98% associados aos valores de β_0 apenas terão valores negativos. Tal implicará que a covariância entre a variação do prémio do VIX e a variação da diferença entre as posições longas e curtas, para este grupo de investidores, será negativa.

²O teste estatístico de Jarque-Bera aos resíduos do modelo de mínimos quadráticos com um nível de significância de 5%, revela que os resíduos não possuem uma distribuição normal. Como tal, a estatística de teste t e dos P -values das estimativas poderão não apresentar as corretas conclusões. Esta nota é válida para todos os grupos de Traders nas Tabelas 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 e 4.12.

Tabela 4.7.: Estimativas para os parâmetros da equação (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 24 de Novembro de 2015, utilizando a estratégia proposta por Cheng (2019a) para o prêmio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às estatísticas de teste t .

	Dealers	Asset Mgrs	Levered Funds	Other	Non-Rep
α	0.0250	0.1088	-0.0779	-0.0092	-0.0304
Desvio-Padrão	0.5882	0.3237	0.6802	0.2153	0.1309
p - value	0.9661	0.7378	0.9091	0.9666	0.8172
β_0	9.1577	4.6213	-10.1577	-1.3762	-1.5976
Desvio-Padrão	4.6380	1.9451	3.1025	1.0452	0.8028
p - value	0.0045	0.0082	0.0065	0.2475	0.0236
β_1	7.9936	6.7130	-11.0851	-3.6472	-1.4001
Desvio-Padrão	3.4782	1.7588	4.9758	1.4107	0.7013
p - value	0.0207	0.0004	0.0056	0.0051	0.0617
β_2	5.5075	5.0381	-9.9156	-1.9332	0.2913
Desvio-Padrão	2.8364	1.7208	3.3157	0.9156	0.6675
p - value	0.1068	0.0081	0.0126	0.1300	0.6984
β_3	10.6695	1.4193	-10.7042	-1.5619	0.6413
Desvio-Padrão	2.4012	1.5558	3.1844	0.9972	0.6353
p - value	0.0008	0.4259	0.0040	0.1882	0.3658
γ_1	0.3160	-0.1051	0.3011	0.1094	-0.2665
Desvio-Padrão	0.0659	0.0837	0.0735	0.0727	0.0745
p - value	0.0000	0.0717	0.0000	0.0616	0.0000
γ_2	0.0242	-0.0752	-0.0732	-0.3213	-0.0661
Desvio-Padrão	0.0733	0.0823	0.0696	0.1519	0.0618
p - value	0.6927	0.1944	0.2364	0.0000	0.2789
γ_3	-0.0751	-0.0009	0.0386	-0.0756	-0.0298
Desvio-Padrão	0.0590	0.9878	0.0655	0.0496	0.0527
p - value	0.1939	0.0704	0.5082	0.1950	0.6132
T	303	303	303	303	303
R^2 adj	0.162	0.0403	0.141	0.116	0.0701

As Tabelas 4.10, 4.11 e 4.12 apresentam os resultados obtidos na estimação dos parâmetros da equação (4.3) para o período de Janeiro de 2010 a Dezembro de 2020, utilizando as estratégias propostas por Cheng (2019a), Johnson (2017) e Daigler et al. (2016), respectivamente.

Analisando as Tabelas 4.10, 4.11 e 4.12, deduzem-se conclusões semelhantes às obtidas através das Tabelas 4.7, 4.8 e 4.9. Para os Dealers e os Asset Managers obtêm-se valores positivos para as estimativas do parâmetro β_0 , sendo estas estatisticamente significativas. Tal significa que para estes dois grupos de investidores a covariância entre a variação do prêmio do VIX e a variação da diferença entre as posições longas e curtas será positiva.

Por outro lado, conforme consta nas mesmas tabelas, pode-se também reparar que para os Leveraged Funds foram encontrados valores negativos para as estimativas do parâmetro β_0 , sendo estas estatisticamente significativas e com desvios-padrão que garantem que o intervalo de confiança a 95% associado ao valor de β_0 apenas terá valores negativos. Assim, conclui-se

Tabela 4.8.: Estimativas para os parâmetros da equação (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 24 de Novembro de 2015, utilizando a estratégia proposta por Johnson (2017) para o prémio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às estatísticas de teste t .

	Dealers	Asset Mgrs	Levered Funds	Other	Non-Rep
α	0.0154	0.1095	-0.0693	-0.0093	-0.0298
Desvio-Padrão	0.5963	0.3234	0.6830	0.2158	0.1309
p - value	0.97951	0.7358	0.9195	0.9669	0.8210
β_0	10.5698	5.7182	-12.2232	-1.7653	-2.0399
Desvio-Padrão	4.5499	2.0402	3.8248	1.3537	0.8700
p - value	0.0044	0.0039	0.0041	0.1920	0.0110
β_1	6.9510	7.6182	-11.2024	-4.3884	-1.1365
Desvio-Padrão	3.6174	1.9832	5.1553	1.4183	0.7407
p - value	0.0749	0.0003	0.0127	0.0021	0.1743
β_2	5.8589	4.8597	-9.5028	-1.8391	0.2781
Desvio-Padrão	2.9028	1.8687	3.4309	1.0472	0.7262
p - value	0.1288	0.0223	0.0330	0.2004	0.7403
β_3	8.0215	1.6239	-9.1008	-1.3764	0.8233
Desvio-Padrão	2.8650	1.6257	3.6160	1.1479	0.7931
p - value	0.0292	0.4210	0.0312	0.3060	0.3042
γ_1	0.3107	-0.1076	0.3027	0.1055	-0.2589
Desvio-Padrão	0.0691	0.0844	0.0748	0.0743	0.0742
p - value	0.0000	0.0656	0.0000	0.0733	0.0000
γ_2	0.0249	-0.0747	-0.0678	-0.3261	-0.0709
Desvio-Padrão	0.0734	0.0825	0.0700	0.1529	0.0623
p - value	0.6869	0.2001	0.2769	0.000	0.2449
γ_3	-0.0666	0.0016	0.0337	-0.0731	-0.0283
Desvio-Padrão	0.0585	0.0708	0.0674	0.0496	0.0533
p - value	0.2545	0.9779	0.5667	0.2122	0.6328
T	303	303	303	303	303
R^2 adj	0.139	0.0427	0.133	0.118	0.0698

novamente que para este grupo de investidores a covariância entre a variação do prémio do VIX e a variação da diferença entre as posições longas e curtas será negativa.

Em suma, para as três séries temporais semanais do prémio do VIX e para os dois períodos temporais analisados, pode-se concluir pela existência de uma covariância positiva entre as posições longas tomadas pelos investidores e a variação do prémio do VIX. Como tal, com base na conclusão da fundamentação teórica de Cheng (2019a) mencionada anteriormente, pode-se concluir que nos momentos que o risco aumente acentuadamente, o prémio do VIX decrescerá maioritariamente devido à diminuição da procura por posições longas nos futuros sobre o VIX.

Por conseguinte, no caso da existência de um aumento significativo do risco que leve a uma diminuição do prémio do VIX, ter-se-á simultaneamente com estes eventos um decréscimo das posições longas nos futuros sobre o VIX por parte dos Dealer e dos Asset Manager, conforme Cheng (2019a) conjectura.

Tabela 4.9.: Estimativas para os parâmetros da equação (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 24 de Novembro de 2015, utilizando a estratégia proposta por Daigler et al. (2016) para o prêmio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às estatísticas de teste t .

	Dealers	Asset Mgrs	Levered Funds	Other	Non-Rep
α	-0.0114	0.0882	-0.0309	0.0014	-0.0292
Desvio-Padrão	0.5938	0.3265	0.6846	0.2167	0.1312
p - value	0.9848	0.7880	0.9643	0.9950	0.8246
β_0	5.0819	2.7915	-6.2128	-0.3676	-0.9044
Desvio-Padrão	2.2655	0.9756	2.1219	0.7558	0.4720
p - value	0.0137	0.0128	0.0092	0.6295	0.0444
β_1	5.1766	3.7675	-7.0345	-2.1363	-0.6496
Desvio-Padrão	2.2142	1.1255	2.5547	0.7904	0.4272
p - value	0.0235	0.0025	0.0078	0.0114	0.1895
β_2	2.1062	2.5630	-4.4096	-0.9732	0.1150
Desvio-Padrão	1.7930	1.1402	2.1599	0.5412	0.3824
p - value	0.3557	0.0419	0.0942	0.2533	0.8175
β_3	4.2280	1.2950	-5.5681	-0.5476	0.4486
Desvio-Padrão	1.6541	0.8474	1.9490	0.5991	0.3863
p - value	0.0404	0.2547	0.0192	0.4710	0.3221
γ_1	0.3276	-0.0931	0.3160	0.1237	-0.2677
Desvio-Padrão	0.0705	0.0854	0.0765	0.0754	0.0747
p - value	0.0000	0.1111	0.0000	0.0372	0.0000
γ_2	0.0232	-0.0675	-0.0678	-0.3221	-0.0793
Desvio-Padrão	0.0731	0.0848	0.0702	0.1541	0.0627
p - value	0.7074	0.2472	0.2762	0.0000	0.1940
γ_3	-0.0749	-0.0012	0.0295	-0.0674	-0.0291
Desvio-Padrão	0.0582	0.0720	0.0675	0.0498	0.0520
p - value	0.1972	0.9834	0.6158	0.2515	0.6233
T	303	303	303	303	303
R^2 adj	0.135	0.0212	0.123	0.109	0.0641

Tabela 4.10.: Estimativas para os parâmetros da equação (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 29 de Dezembro de 2020, utilizando a estratégia proposta por Cheng (2019a) para o prêmio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às estatísticas de teste t .

	Dealers	Asset Mgrs	Levered Funds	Other	Non-Rep
α	0.0299	0.1482	-0.1434	0.0212	-0.0383
Desvio-Padrão	0.4809	0.4960	0.6174	0.1467	0.1109
p - value	0.9504	0.7642	0.8161	0.8855	0.7816
β_0	4.9264	4.2248	-11.2835	0.1380	-0.6255
Desvio-Padrão	4.6224	3.3490	2.7359	0.5618	0.6770
p - value	0.0208	0.0520	0.0000	0.8302	0.3006
β_1	8.8528	0.5871	-10.6823	-1.0016	-1.8873
Desvio-Padrão	3.0904	2.2616	3.5574	0.6381	0.7618
p - value	0.0002	0.8055	0.0004	0.1574	0.0045
β_2	6.6425	-2.5029	-7.4943	-0.3710	-1.1959
Desvio-Padrão	1.8599	1.9204	2.7947	0.5190	0.7238
p - value	0.0051	0.2944	0.0131	0.6002	0.0734
β_3	5.0792	-1.4269	-5.0037	-0.9964	-0.1099
Desvio-Padrão	2.0524	1.9956	2.5910	0.4527	0.5329
p - value	0.0173	0.5065	0.0659	0.1204	0.8560
γ_1	0.2969	-0.1101	0.0762	0.0027	-0.5315
Desvio-Padrão	0.0414	0.0600	0.0486	0.0522	0.1017
p - value	0.0000	0.0092	0.0708	0.9487	0.0000
γ_2	0.0061	-0.1627	-0.0420	-0.2514	-0.2417
Desvio-Padrão	0.0454	0.0464	0.0518	0.1019	0.0788
p - value	0.8913	0.0001	0.3202	0.0000	0.0000
γ_3	-0.0481	-0.1534	-0.0293	-0.1124	-0.1959
Desvio-Padrão	0.0469	0.0524	0.0442	0.0433	0.0658
p - value	0.2512	0.0003	0.4835	0.0077	0.0000
T	569	569	569	569	569
R^2 adj	0.131	0.0495	0.0413	0.0698	0.239

Tabela 4.11.: Estimativas para os parâmetros da equação (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 29 de Dezembro de 2020, utilizando a estratégia proposta por Johnson (2017) para o prêmio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às estatísticas de teste t .

	Dealers	Asset Mgrs	Levered Funds	Other	Non-Rep
α	0.0274	0.1484	-0.1403	0.0215	-0.0383
Desvio-Padrão	0.4808	0.4958	0.6182	0.1469	0.1110
p - value	0.9545	0.7637	0.8203	0.8843	0.7817
β_0	7.3563	4.2365	-13.2878	-0.0268	-0.4637
Desvio-Padrão	5.1340	4.0679	3.3599	0.6830	0.9607
p - value	0.0030	0.0940	0.0000	0.9716	0.5106
β_1	8.9862	-0.6662	-9.0492	-1.1328	-2.0202
Desvio-Padrão	2.8417	2.3250	4.3776	0.6731	0.7080
p - value	0.0005	0.7993	0.0063	0.1467	0.0057
β_2	5.7986	-4.2119	-5.4707	-0.0620	-1.2030
Desvio-Padrão	2.0335	2.1914	3.0281	0.6025	0.6907
p - value	0.0256	0.1087	0.0987	0.9366	0.1016
β_3	4.2342	-1.0409	-4.9748	-1.0534	-0.2360
Desvio-Padrão	1.9744	2.3057	2.7994	0.5523	0.6464
p - value	0.0882	0.6780	0.1169	0.1595	0.7383
γ_1	0.2961	-0.1134	0.0842	0.0017	-0.5313
Desvio-Padrão	0.0419	0.0591	0.0490	0.0525	0.1022
p - value	0.0000	0.0072	0.0461	0.9684	0.0000
γ_2	0.0165	-0.1635	-0.0400	-0.2514	-0.2412
Desvio-Padrão	0.0450	0.0462	0.0512	0.1021	0.0788
p - value	0.7103	0.0001	0.3444	0.0000	0.0000
γ_3	-0.0520	-0.1567	-0.0348	-0.1123	-0.1965
Desvio-Padrão	0.0464	0.0523	0.0444	0.0430	0.0651
p - value	0.2139	0.0002	0.4069	0.0078	0.0000
T	569	569	569	569	569
R^2 adj	0.132	0.0509	0.0385	0.0686	0.239

Tabela 4.12.: Estimativas para os parâmetros da equação (4.3) para o período de 5 de Janeiro de 2010 a 29 de Dezembro de 2020, utilizando a estratégia proposta por Daigler et al. (2016) para o prêmio do VIX. Por baixo das estimativas são apresentados os valores do desvio-padrão via Newey-West e os p -values associados às estatísticas de teste t .

	Dealers	Asset Mgrs	Levered Funds	Other	Non-Rep
α	0.0256	0.1497	-0.1377	0.0217	-0.0383
Desvio-Padrão	0.4803	0.4965	0.6196	0.1472	0.1107
p - value	0.9577	0.7621	0.8242	0.8831	0.7831
β_0	4.1195	1.4375	-6.4938	0.1394	-0.1816
Desvio-Padrão	2.3549	2.1884	1.8188	0.3176	0.6226
p - value	0.0015	0.2720	0.0001	0.7211	0.6204
β_1	3.3835	-0.0946	-3.7049	-0.4727	-0.5415
Desvio-Padrão	1.5415	1.4257	2.6372	0.3256	0.3381
p - value	0.0112	0.9443	0.0308	0.2435	0.1547
β_2	1.0890	-2.0382	-0.2377	0.0198	-0.5233
Desvio-Padrão	1.0574	1.1702	1.8587	0.3256	0.2624
p - value	0.4143	0.1335	0.8898	0.9610	0.1694
β_3	2.5074	-1.0600	-2.2207	-0.1768	-0.2000
Desvio-Padrão	1.0617	1.4317	1.3508	0.2580	0.2580
p - value	0.0506	0.4169	0.1783	0.6497	0.5854
γ_1	0.3176	-0.1201	0.0975	0.0033	-0.5288
Desvio-Padrão	0.0437	0.0592	0.0494	0.0539	0.0997
p - value	0.0000	0.0043	0.0211	0.9367	0.0000
γ_2	0.0303	-0.1610	-0.0322	-0.2510	-0.2471
Desvio-Padrão	0.0443	0.0457	0.0513	0.1020	0.0779
p - value	0.4956	0.0001	0.4475	0.0000	0.0000
γ_3	-0.0705	-0.1490	-0.0413	-0.1075	-0.2015
Desvio-Padrão	0.0465	0.0520	0.0436	0.0437	0.0680
p - value	0.0962	0.0004	0.3275	0.0110	0.0000
T	569	569	569	569	569
R^2 adj	0.126	0.0478	0.0309	0.0656	0.231

5. Conclusão

Nesta dissertação foi apresentado o prémio do VIX, um prémio de volatilidade sobre a incerteza dos valores futuros do VIX. Foram apresentadas três estratégias de construção da série temporal do prémio do VIX, que permitiram concluir que os valores esperados para o prémio do VIX apresentam um puzzle: em momentos que o risco aumenta significativamente, o prémio do VIX tem tendência a cair, podendo tornar-se negativo, só aumentando depois.

Este mesmo puzzle foi analisado por Cheng (2019a) para o período de Abril de 2004 a Novembro de 2015. No entanto, nesta dissertação a análise foi estendida até Dezembro de 2020, o que permitiu concluir que o puzzle do prémio do VIX é verificado até bastante recentemente, nomeadamente em Março de 2020, o que torna o puzzle do prémio do VIX um puzzle actual e merecedor de estudo.

Finalmente, testou-se a relação entre a variação do prémio do VIX e as posições sobre os futuros do VIX, onde se concluiu que a diminuição do prémio do VIX está correlacionada com uma alteração nas posições dos investidores. Um aumento do risco leva os investidores a diminuir as suas posições longas nos futuros, o que consequentemente leva a uma diminuição do prémio do VIX. Ou seja, o puzzle do prémio do VIX poderá justificar-se com a diminuição na procura por cobertura por parte dos investidores.

Estudos futuros realizados para compreender o puzzle do prémio do VIX poderão passar por compreender as coberturas que os investidores pretendem fazer ao investir nos futuros sobre o VIX e o porquê desses investidores diminuir as suas posições longas quando o risco aumenta. Cheng (2019a) ainda coloca hipóteses explicativas para a alteração das posições dos Dealer; no entanto, há que salientar que os Dealers apenas detêm a maioria das posições longas de 2010 a 2015, período estudado pelo autor. Contudo, conforme mostra a Figura 4.1, posteriormente a 2015 essa tendência alterou-se, sendo as posições longas partilhadas com os Asset Managers. Assim sendo, para explicar o puzzle do prémio do VIX dever-se-á compreender a cobertura do risco que os dois grupos de investidores pretendem fazer e o porquê de reduzirem as suas posições longas quando o risco aumenta.

6. Códigos MATLAB

Nesta secção serão apresentados os códigos em linguagem Matlab utilizados na dissertação.

6.1. Futuros segundo Cheng (2019a)

```
1 clear
2 clc
3
4 %% Inputs
5 % Localizacao da pasta com os ficheiros Excell com as cotações
   dos futuros
6 % da CBOE
7 local = '';
8
9 % Localizaçao da pasta onde se vai guardar o Excell com os
   resultados
10 local_excel = '';
11
12 % NÂo de meses do Roll Over
13 roll = 1;
14
15 % Entre as datas que se vai analisar os ficheiros excel:
16 begin_day = '4/1/06';
17 last_day = '4/30/19';
18
19 if roll == 1
20     begin_day = '4/1/04';
21 end
22
23 %% Criaçao das matrizes/lista de dias
24
```

```

25 dias =busdays(begin_day , last_day , 'daily '); % dias ã°teis
      entre as datas a estudar
26
27 % Colunas para a tabela final
28 Today = datetime(datestr(dias)); % dia em que se
      calcula o prÃ©mio do Vix
29 Result = zeros(size(dias)); % valor do
      futuro
30 Maturidades = zeros(size(dias)); %Maturidade do
      contracto
31
32 %% IteraÃ§Ã£o
33
34 % Primeira iteraÃ§Ã£o
35 hoje = datestr(dias(1), 'yyyy-mm-dd');
36 [L,P] = ImportantDays(dias(1), roll);
37 tabela = Importar(hoje , local); %Importe do ficheiro Excel
38 [Maturidades(1) , Result(1)] = Escolher(dias(1) ,P, tabela , roll);
      %Escolha da maturidade e do valor do futuro
39
40 % Restantes IteraÃ§Ãoes
41 for i = 2:size(dias)
42     hoje = datestr(dias(i), 'yyyy-mm-dd'); % Transformar o dia
      de hoje numa string
43     tabela = Importar(hoje , local); %Importe do ficheiro Excel
44     [Maturidades(i) , Result(i) ,L,P] = Futuro(dias(i) ,L,P, tabela
      , Maturidades(i-1), roll); %Escolha da maturidade e do
      valor do futuro
45 end
46
47 %% Output
48
49
50 Maturidades = datetime(datestr(Maturidades));
51
52 l = isnan(Result);
53 Data_Erros = Today(l)
54 Today = Today(~l);
55 Maturidades = Maturidades(~l);

```

```

56 Result = Result(~1);
57
58 N_Erros = sum(1)
59 T = table(Today, Maturidades, Result)
60
61
62 %% Criação de uma folha excel com os resultados
63
64 %%Criação do ficheiro Excel
65 sheet = strcat("Cheng Roll a ", num2str(roll), ' meses');
66 writecell({'CBOE'}, strcat(local_excel, 'CBOE.xlsx'), 'Sheet',
        sheet, 'Range', 'A1');
67 writetable(T, strcat(local_excel, 'CBOE.xlsx'), 'DateLocale', '
        de_DE', 'Sheet', sheet, 'Range', 'C1')
68 writecell({'Data Erros'}, strcat(local_excel, 'CBOE.xlsx'), 'Sheet
        ', sheet, 'Range', 'F1');
69 writematrix(Data_Erros, strcat(local_excel, 'CBOE.xlsx'), '
        DateLocale', 'de_DE', 'Sheet', sheet, 'Range', 'F2')
70
71 %% Funções
72
73 function [date, value, L, P] = Futuro(dia, L, P, tabela, maturidade,
        roll)
74 % Aplica a função "Encontrar" ou "Escolher", conforme se
        está; no ultimo dia
75 % do mês
76
77     if L - dia > 0
78         % Se ainda não chegamos ao último dia, vamos utilizar
        a mesma maturidade do dia
79         % anterior
80         [date, value] = Encontrar(tabela, maturidade);
81
82     if isempty(value)
83         % Caso não encontremos a maturidade, pode dever-se
        aos dias:
84         if roll == 1
85             f = 3;
86             b = 2;

```

```

87         d1 = datenum('2006-05-25');
88         d2 = datenum('2006-03-03');
89         d3 = datenum('2006-09-18');
90     elseif roll == 2
91         f= 1;
92         b= 0;
93         d1 = datenum('2007-10-04');
94         d2 = 0;
95         d3 = 0;
96     elseif roll == 4
97         f= 2;
98         b= 2;
99         d1 = datenum('2007-12-26');
100        d2 = datenum('2007-12-27');
101        d3= 0;
102    end
103
104    % Caso não encontre a maturidade , pode dever-se a
105    facto de na data d1
106    % haver um salto de f dias uteis
107    if dia == d1
108        %Codigo para ver 'f' dias uteis à frente
109        Busday = busdate(maturidade , 1);
110        for i = 1:f-1
111            Busday = busdate(Busday , 1);
112        end
113        [date , value] = Encontrar(tabela , Busday);
114    end
115
116    % Caso não encontre a maturidade , pode dever-se a
117    facto de na
118    % data d2 e d3 haver um salto de b dias uteis
119    if dia == d2 || dia == d3
120        %Codigo para ver 'b' dias uteis atrás
121        Busday = busdate(maturidade , -1);
122        for i = 1:b-1
123            Busday = busdate(Busday , -1);
124        end
125        [date , value] = Encontrar(tabela , Busday);

```

```

124         end
125
126         if roll == 2 && datenum('2007-04-20') == dia
127             Busday = busdate(maturidade, -1);
128             [date, value] = Encontrar(tabela, Busday);
129         end
130     end
131 else
132     % Se já tivermos passado o último dia, escolhemos um
133     % novo contracto
134     [L,P] = ImportantDays(dia, roll);
135     [date, value] = Escolher(dia, P, tabela, roll);
136 end
137
138 function [Vencimento, Result] = Escolher(dia, P, tabela, roll)
139     values = tabela.close_px;
140     dates = datenum(tabela.expiry);
141
142     diff_dates = dates - dia;
143     diff = P - dia;
144
145     % Interessa as datas que estão a seguir ao dia "P"
146     local = diff_dates > diff;
147
148     % Ano e mês do primeiro contracto depois do dia "P"
149     Maturidade = dates(local);
150     ano = year(Maturidade(1));
151     mes = month(Maturidade(1));
152
153     % Quarta feira na qual o futuro deve de vencer
154     Vencimento = Wednesday(mes, ano);
155
156     if roll == 1
157         if datenum(datetime('2005-10-28')) - dia > 0 || dia ==
158             datenum('2005-11-30') || dia == datenum('2005-12-30')
159             || dia == datenum('2006-02-28') || dia == datenum
160             ('2006-08-31')

```

```

158         Vencimento = Vencimento+2; % somar 2, porque a data
           esta errada em 2 dias
159     end
160     if datenum(datetime('2005-10-31')) == dia || datenum(
           datetime('2006-01-31')) == dia || datenum(datetime(
           '2006-04-28')) == dia || datenum(datetime('
           2006-07-31')) == dia
161         Vencimento = Vencimento-5; % retirar 5, porque a
           data esta errada em 5 dias
162     end
163     if datenum(datetime('2007-01-31')) == dia
164         Vencimento = Vencimento-7; % retirar 7, porque a
           data esta errada em 7 dias
165     end
166
167     elseif roll == 2
168         if datenum(datetime('2005-10-28')) - dia > 0 || dia ==
           datenum('2005-11-30') || dia == datenum('2005-12-30'
           ) || dia == datenum('2006-02-28')
169             Vencimento = Vencimento+2; % somar 2, porque a data
           esta errada em 2 dias
170         end
171         if datenum(datetime('2005-10-31')) == dia || datenum(
           datetime('2006-01-31')) == dia
172             Vencimento = Vencimento-5; % retirar 5, porque a
           data esta errada em 5 dias
173         end
174         if datenum(datetime('2006-12-29')) == dia
175             Vencimento = Vencimento-7; % retirar 7, porque a
           data esta errada em 7 dias
176         end
177         if datenum(datetime('2007-03-30')) == dia
178             Vencimento = Vencimento+1; % somar 1, porque a
           data esta errada em 1 dias
179         end
180         if datenum(datetime('2007-09-28')) == dia
181             Vencimento = Vencimento-1; % retirar 1, porque a
           data esta errada em 1 dias
182     end

```

```

183
184     elseif roll == 3
185
186         if datenum(datetime('2006-11-30')) == dia
187             Vencimento = Vencimento-7; % retirar 7, porque a
188                 data esta errada em 7 dias
189         end
190         if datenum(datetime('2007-02-28')) == dia
191             Vencimento = Vencimento+1; % somar 1, porque a
192                 data esta errada em 1 dias
193         end
194         if datenum(datetime('2007-08-31')) == dia
195             Vencimento = Vencimento-1; % retirar 1, porque a
196                 data esta errada em 1 dias
197         end
198     elseif roll == 4
199
200         if datenum(datetime('2006-10-31')) == dia
201             Vencimento = Vencimento-7; % retirar 7, porque a
202                 data esta errada em 7 dias
203         end
204         if datenum(datetime('2007-01-31')) == dia
205             Vencimento = Vencimento+1; % somar 1, porque a
206                 data esta errada em 1 dias
207         end
208         if datenum(datetime('2007-07-31')) == dia
209             Vencimento = Vencimento-1; % retirar 1, porque a
210                 data esta errada em 1 dias
211         end
212     else
213
214         if datenum(datetime('2006-12-29')) == dia
215             Vencimento = Vencimento+1; % retirar 7, porque a
216                 data esta errada em 7 dias
217         end
218         if dia == datenum('2007-06-29')
219             Vencimento = Vencimento-1; % retirar 1, porque a
220                 data esta errada em 1 dias

```

```

214         end
215     end
216
217     % Local onde a tabela tem a data de vencimento igual a "
218         Vencimento"
219     local2 = dates == Vencimento;
220
221     Result = values(local2);
222 end
223
224 function [L,P] = ImportantDays(dia , roll)
225 % L Ã© o dia atÃ© ao qual que se mantem o Futuro
226 % P Ã© o dia a partir do qual vou procurar a maturidade
227 L = lbusdate(year(dia),month(dia));
228 if dia == L
229     s = roll+1;
230     [m,y] = SumMonth(month(dia),year(dia), 1);
231     L = lbusdate(y,m);
232 else
233     s = roll;
234 end
235 [m,y] = SumMonth(month(dia),year(dia), s);
236 P = fbusdate(y,m);
237 end
238
239 function [maturidade , Result] = Encontrar(tabela ,maturidade)
240 % Retorna o o valor do futuro para a maturidade do dia anterior
241     dates_expiry = datenum(tabela.expiry);
242     values = tabela.close_px;
243     local = dates_expiry == maturidade;
244     Result = values(local);
245 end
246
247 function [DateWednesday] = Wednesday(m,y)
248 % Retorna a quarta feira onde vence o futuro mensal
249     [m,y] = SumMonth(m,y, 1);
250

```



```

251     Date = nweekdate(3, 6, y, m) - 30; % 30 dias antes da
        Terceira sexta-feira do mês seguinte
252     if Date == datenum(datetime([2004 7 21])) || Date ==
        datenum(datetime([2004 10 20]))
253         Date = Date - 7;
254     end
255
256     if Date == datenum(datetime([2008 2 20])) || Date ==
        datenum(datetime([2014 3 19])) || Date == datenum(
        datetime([2019 3 20]))
257         Date = Date - 1;
258     end
259     DateWednesday = Date; % Quarta feira do mês "m" que calha
        na mesma semana que a data "Date".
260 end
261
262 function [m,y] = SumMonth(m,y, s)
263 % Soma "s" meses ao mês "m" e retorna o mês e o ano de "m+s"
264     if m+s >12
265         m = m+s -12;
266         y = y+1;
267     else
268         m = m+s;
269     end
270 end
271
272 function [Results] = Importar(dia, local)
273 %Importa o ficheiro Excel, da pasta na localizaçãõ "local"
274     excel = strcat(local, '\CfeOHLIC_', dia, '.csv');
275     Results = readtable(excel);
276 end

```

6.2. Futuros segundo Daigler, Dupoyet e Patterson (2016)

```

1 clear
2 clc
3
4 %% Inputs

```

```

5
6 % Localizacao da pasta com os ficheiros Excell com as cotações
    dos futuros
7 % da CBOE
8 local = '';
9
10 % Localização da pasta onde se vai guardar o Excell com os
    resultados
11 local_excel = '';
12
13 % Entre as datas que se vai analisar os ficheiros excel:
14 begin_day = '4/1/04';
15 last_day = '4/30/19';
16
17 %% Criação das matrizes/lista de dias
18
19 dias =busdays(begin_day , last_day , 'daily'); % dias úteis entre
    as datas a estudar
20
21 % Colunas para a tabela final
22 Today = datetime(datestr(dias)); % dia em que se
    calcula o prémio do Vix
23 Result = zeros(size(dias)); % valor do
    futuro
24 Maturidades = zeros(size(dias)); %Maturidade do
    contracto
25
26 %% Iteração
27
28 % Primeira iteração
29 hoje = datestr(dias(1), 'yyyy-mm-dd');
30 [L,P] = ImportantDays(dias(1));
31 tabela = Importar(hoje , local); %Importe do ficheiro Excel
32 [Maturidades(1) , Result(1)] = Escolher(dias(1),P,tabela); %
    Escolha da maturidade e do valor do futuro
33
34 % Restantes iterações
35 for i = 2:size(dias)
36     hoje = datestr(dias(i), 'yyyy-mm-dd'); % Transformar o dia

```

```

    de hoje numa string
37     tabela = Importar(hoje , local); %Importe do ficheiro Excel
38     [Maturidades(i) , Result(i) , L,P] = Futuro(dias(i) , L,P, tabela
        , Maturidades(i-1)); %Escolha da maturidade e do valor do
        futuro
39 end
40
41 %% Output
42
43
44 Maturidades = datetime(datestr(Maturidades));
45
46 l = isnan(Result);
47 Data_Erros = Today(l)
48 Today = Today(~l);
49 Maturidades = Maturidades(~l);
50 Result = Result(~l);
51
52 N_Erros = sum(l)
53 T = table(Today , Maturidades , Result)
54
55
56 %% Criação de uma folha excel com os resultados
57
58 %Criação do ficheiro Excel
59 sheet = 'Daigler Dupoyet Patterson 2016';
60 writecell({'CBOE'}, strcat(local_excel , 'CBOE.xlsx'), 'Sheet',
    sheet , 'Range', 'A1');
61 writetable(T, strcat(local_excel , 'CBOE.xlsx'), 'DateLocale', '
    de_DE', 'Sheet', sheet , 'Range', 'C1')
62 writecell({'Data Erros'}, strcat(local_excel , 'CBOE.xlsx'), 'Sheet
    ', sheet , 'Range', 'F1');
63 writematrix(Data_Erros , strcat(local_excel , 'CBOE.xlsx'), '
    DateLocale', 'de_DE', 'Sheet', sheet , 'Range', 'F2')
64
65 %% Funções
66
67 function [date , value , L,P] = Futuro(dia , L,P, tabela , maturidade)
68 % Aplica a função "Encontrar" ou "Escolher", conforme se está

```

```

no ultimo dia
69 % do mês
70
71 if L - dia > 0
72     % Se ainda não chegámos ao último dia, vamos utlizar a
       mesma maturidade do dia
73     % anterior
74     [date , value] = Encontrar(tabela , maturidade);
75
76     if isempty(value)
77         % Caso não encontremos a maturidade , pode dever-se
           aos dias :
78         f = 3;
79         b = 2;
80         d1 = datenum('2006-03-03');
81         d2 = datenum('2006-05-25');
82         d3 = datenum('2006-09-18');
83         d4 =datenum('2007-03-05');
84
85         % Caso não encontre a maturidade , pode dever-se a
           facto de na data d1
86         % haver um salto de f dias uteis
87         if dia == d1 || dia == d2
88             %Código para ver 'f' dias uteis à frente
89             Busday = busdate(maturidade , 1);
90             for i = 1:f-1
91                 Busday = busdate(Busday , 1);
92             end
93             [date , value] = Encontrar(tabela , Busday);
94         end
95
96         % Caso não encontre a maturidade , pode dever-se a
           facto de na
97         % data d2 e d3 haver um salto de b dias uteis
98         if dia == d3
99             %Código para ver 'b' dias uteis atrás
100            Busday = busdate(maturidade , -1);
101            for i = 1:b-1
102                Busday = busdate(Busday , -1);

```

```

103         end
104         [date , value] = Encontrar( tabela , Busday);
105     end
106
107     if datenum(dia) == datenum(d4)
108         %Código para ver 1 semana à frente
109         Busday = maturidade+7;
110         [date , value] = Encontrar( tabela , Busday);
111     end
112 end
113 else
114     % Se já tivermos passado o último dia , escolhemos um
115     novo contracto
116     [L,P] = ImportantDays( dia);
117     [date , value] = Escolher( dia ,P, tabela);
118 end
119
120 function [Vencimento , Result] = Escolher( dia ,P, tabela)
121     values = tabela.close_px;
122     dates = datenum( tabela.expiry);
123
124     diff_dates = dates - dia;
125     diff = P - dia;
126
127     % Interessa as datas que estão a seguir ao dia "P"
128     local = diff_dates > diff;
129
130     % Ano e mês do primeiro contracto depois do dia "P"
131     Maturidade = dates( local);
132     ano = year( Maturidade(1));
133     mes = month( Maturidade(1));
134
135     % Quarta feira na qual o futuro deve de vencer
136     Vencimento = Wednesday( mes , ano);
137
138     if datenum( datetime( '2005-10-28' )) - dia > 0 || datenum(
139         datetime( '2005-12-12' )) == dia || datenum( datetime( '
140             2006-01-17' )) == dia || datenum( datetime( '2006-09-11' ))

```

```

    == dia
139     Vencimento = Vencimento+2; %somar 2, porque a data esta
        errada em 2 dias
140 end
141 if datenum(datetime('2005-11-14')) == dia || datenum(
    datetime('2006-02-13')) == dia || datenum(datetime('
    2006-05-15')) == dia || datenum(datetime('2006-08-14'))
    == dia
142     Vencimento = Vencimento-5; % retirar 5, porque a data
        esta errada em 5 dias
143 end
144 if datenum(datetime('2007-02-12')) == dia
145     Vencimento = Vencimento-7; % retirar 7, porque a data
        esta errada em 7 dias
146 end
147
148
149 % Local onde a tabela tem a data de vencimento igual a "
    Vencimento"
150 local2 = dates == Vencimento;
151
152 Result = values(local2);
153
154 end
155
156 function [L,P] = ImportantDays(dia)
157 % L é o dia até ao qual que se mantem o Futuro
158 % P é o dia a partir do qual vou procurar a maturidade
159 Friday = nweekdate(3, 6, year(dia), month(dia));
160 L = Friday-weekday(Friday)+2;
161
162 [m,y] = SumMonth(month(dia), year(dia), 1);
163 P = fbusdate(y,m);
164
165 if dia-L >= 0
166     Friday = nweekdate(3, 6, y, m);
167     L = Friday-weekday(Friday)+2;
168 end
169 end

```

```

170
171 function [maturidade , Result] = Encontrar(tabela ,maturidade)
172 % Retorna o o valor do futuro para a maturidade do dia anterior
173     dates_expiry = datenum(tabela.expiry);
174     values = tabela.close_px;
175     local = dates_expiry == maturidade;
176     Result = values(local);
177 end
178
179 function [DateWednesday] = Wednesday(m,y)
180 % Retorna a quarta feira onde vence o futuro mensal
181     [m,y] = SumMonth(m,y, 1);
182
183     Date = nweekdate(3, 6, y, m)-30; % 30 dias antes da
184     Terceira sexta-feira do mês seguinte
185     if Date == datenum(datetime([2004 7 21])) || Date ==
186     datenum(datetime([2004 10 20]))
187         Date = Date - 7;
188     end
189
190     if Date == datenum(datetime([2008 2 20])) || Date ==
191     datenum(datetime([2014 3 19])) || Date == datenum(
192     datetime([2019 3 20]))
193         Date = Date - 1;
194     end
195     DateWednesday = Date; % Quarta feira do mês "m" que calha
196     na mesma semana que a data "Date".
197 end
198
199 function [m,y] = SumMonth(m,y, s)
200 % Soma "s" meses ao mês "m" e retorna o mês e o ano de "m+s"
201     if m+s >12
202         m = m+s -12;
203         y = y+1;
204     else
205         m = m+s ;
206     end
207 end
208
209

```

```

204 function [Results] = Importar(dia,local)
205 %Importa o ficheiro Excel, da pasta na localização "local"
206     excel = strcat(local, '\CfeOHLC_', dia, '.csv');
207     Results = readtable(excel);
208 end

```

6.3. Futuros segundo Johnson (2017)

```

1 clear
2 clc
3
4 %% Inputs
5
6 % Localização da pasta com os ficheiros Excell das cotações dos
   futuros da Barchart
7 local = '';
8
9 % Localização da pasta onde se vai guardar o Excell com os
   resultados
10 % obtidos
11 local_escrever = '';
12
13 % Entre as datas que se vai analisar os ficheiros excel:
14 begin_day = '04/01/04';
15 last_day = '04/30/19';
16
17 % Nº de meses Interpolação no futuro
18 T = 1;
19
20 %% Criação das matrizes/lista de dias
21
22 % Datas
23 dias = busdays(begin_day, last_day, 'daily'); % dias úteis
   entre as datas a estudar
24 Data = string(datestr(dias, 29)); % string
   dos dias
25 Today = datetime(Data);
26 Vencimento = datenum(Today + calmonths(T)); % Data daqui a T
   meses

```



```

27
28 % Maturidades e Precos dos contratos para realizar a
    interpolação
29 Maturidades1 = zeros(size(dias));      %Maturidade do 1°
    contracto
30 Maturidades2 = zeros(size(dias));      %Maturidade do 2°
    contracto
31 P1 = zeros(size(dias));                % Preco do 1°
    contracto
32 P2 = zeros(size(dias));                % Preco do 2°
    contracto
33
34
35 %% Iteração
36
37 % Para cada dia fazer o importe do ficheiro Excel e encontrar a
    maturidade e
38 % o precos dos futuros
39 for i = 1:length(dias)
40     tabela = Importar(Data(i),local); %Importe do ficheiro
        Excel
41     [Maturidades1(i),Maturidades2(i),P1(i),P2(i)] = Futuro(dias
        (i),Vencimento(i),tabela); %Escolha da maturidade e do
        valor do futuro
42 end
43
44 % Pesos para fazer a interpolacao
45 dias1 = daysact(Maturidades1,Vencimento);
46 dias2 = daysact(Maturidades1,Maturidades2);
47 c1 = dias1 ./ dias2;
48 c2 = 1-c1;
49
50 % Interpolacao
51 Result =c2.*P1+c1.*P2;
52
53 %% Output
54
55 l = isnan(Result) | Result <= 0;
56 Data_Erros = Today(l)

```

```

57 Today = Today(~1);
58 Vencimento = Vencimento(~1);
59 Maturidades1 = Maturidades1(~1);
60 Maturidades2 = Maturidades2(~1);
61 Result = Result(~1);
62
63 Vencimento = datetime(datestr(Vencimento));
64 Maturidades1 = datetime(datestr(Maturidades1));
65 Maturidades2 = datetime(datestr(Maturidades2));
66
67 N_Erros = sum(1)
68 Tabela = table(Today, Vencimento, Result);
69 Tabela2 = table(Maturidades1, Maturidades2);
70
71 %% Criação de uma folha excel com os resultados
72
73 % Criação do ficheiro Excel
74 sheet = strcat("Johnson a ", num2str(T), ' meses');
75 writecell({'CBOE'}, strcat(local_escrever, 'CBOE.xlsx'), 'Sheet',
    sheet, 'Range', 'A1');
76 writetable(Tabela, strcat(local_escrever, 'CBOE.xlsx'), '
    DateLocale', 'de_DE', 'Sheet', sheet, 'Range', 'C1')
77 writetable(Tabela2, strcat(local_escrever, 'CBOE.xlsx'), '
    DateLocale', 'de_DE', 'Sheet', sheet, 'Range', 'H1')
78 writecell({'Data Erros'}, strcat(local_escrever, 'CBOE.xlsx'), '
    Sheet', sheet, 'Range', 'F1');
79 writematrix(Data_Erros, strcat(local_escrever, 'CBOE.xlsx'), '
    DateLocale', 'de_DE', 'Sheet', sheet, 'Range', 'F2')
80
81
82 %% Funções
83
84 function [Maturidade1, Maturidade2, P1, P2] = Futuro(dia,
    Vencimento, tabela)
85
86 dates = datenum(tabela.expiry);
87
88 if dia >= datenum('2015-01-01')
89     w = Wed_Places(dates);

```

```

90     dates_expiry_wed = dates(w);
91     values = tabela.close_px(w);
92 else
93     dates_expiry_wed = dates;
94     values = tabela.close_px;
95 end
96
97 logical = ~isnan(values);
98 values2 = values(logical);
99 dates_expiry_wed2 = dates_expiry_wed(logical);
100
101 diff = daysact(Vencimento, dates_expiry_wed2);
102 diff = abs(diff);
103
104 [~, index] = sort(diff);      % Valores e indices de "diff"
    ordenados do menor para o maior
105
106 if size(index,1) >=2
107     i1 = min(index(1:2));
108     i2 = max(index(1:2));
109
110     Maturidade1 = dates_expiry_wed2(i1);
111     Maturidade2 = dates_expiry_wed2(i2);
112     P1 = values2(i1);
113     P2 = values2(i2);
114 else
115     i1 = 1;
116     i2 = 1;
117     Maturidade1 = dates_expiry_wed(i1);
118     Maturidade2 = dates_expiry_wed(i2);
119     P1 = values(i1);
120     P2 = values(i2);
121 end
122
123
124 end
125
126 function [D] = Wed_Places(Dates)
127

```

```

128 D= zeros ( size ( Dates ) );
129 for i = 1: size ( Dates , 1)
130     D(i) = Dates(i) == Wednesday ( month ( Dates ( i ) ) , year ( Dates ( i ) )
        );
131 end
132 D = logical ( D );
133 end
134
135 function [ DateWednesday ] = Wednesday ( m , y )
136 % Retorna a quarta feira onde vence o futuro mensal
137     [ m , y ] = SumMonth ( m , y , 1 );
138
139     Date = nweekdate ( 3 , 6 , y , m ) - 30; % 30 dias antes da
        Terceira sexta-feira do mês seguinte
140     if Date == datenum ( datetime ( [ 2004 7 21 ] ) ) || Date ==
        datenum ( datetime ( [ 2004 10 20 ] ) )
141         Date = Date - 7;
142     end
143     if Date == datenum ( datetime ( [ 2008 2 20 ] ) ) || Date ==
        datenum ( datetime ( [ 2014 3 19 ] ) ) || Date == datenum (
        datetime ( [ 2019 3 20 ] ) )
144         Date = Date - 1;
145     end
146 %     DateWednesday = datestr ( Date , 'yyyy-mm-dd' ); % Quarta
        feira do mês "m" que calha na mesma semana que a data "Date
        ".
147     DateWednesday = Date;
148 end
149
150 function [ m , y ] = SumMonth ( m , y , s )
151 % Soma "s" meses ao mês "m" e retorna o mês e o ano de "m+s"
152     if m+s > 12
153         m = m+s - 12;
154         y = y+1;
155     else
156         m = m+s;
157     end
158 end
159

```

```

160 function [Results] = Importar(dia,local)
161 %Importa o ficheiro Excel, da pasta na localização "local"
162     excel = strcat(local, '\CfeOHLC_', dia, '.csv');
163     opts1 = detectImportOptions(excel);
164     opts1.VariableTypes{21} = 'double';
165     Results = readtable(excel,opts1);
166 end

```

6.4. Previsão do VIX e Cálculo do Prémio do VIX

```

1  clc
2  clear
3
4  %% Inputs
5
6  %Qual base de dados a estudar?
7  % CBOE = 1, CBOE-Barchart = 2, Barchart = 3
8  base_dados= 1;
9
10 % Estrategia a estudar?
11 % Cheng(2019) = 1 , Daigler et al. (2016) = 2, Johnson(2016) =
    3
12 estrategia = 3;
13
14 % Nº de meses do Roll Over/Interpolacao no futuro
15 roll = 1;
16
17 % Localização:
18 % Pasta onde se encontra o ficheiro com as cotações do futuros
19 local1 = '';
20 % Ficheiro "VIX_History.csv" da CBOE com os dados Historicos do
    VIX
21 local2 = '';
22
23 % Localização onde guardar o ficheiro excel com os resultados
24 local_excel = '';
25
26 %% Importe dos ficheiros
27

```

```

28 % Selecao do ficheiro excel que contem os futuros com base na
    base de dados
29 bases_dados= ["CBOE", "CBOE_Barchart", "Barchart"];
30 base = bases_dados(base_dados);
31 local1 = local1 + base+".xlsx";
32
33 % Selecao da folha excel com base na estrategia
34 estrategias = [strcat("Cheng Roll a ", string(roll), ' meses'),
    'Daigler Dupoyet Patterson 2016', "Johnson a " + string(roll
    )+ " meses"];
35 sheet = estrategias(estrategia);
36
37 % Importe do ficheiro Excel com os dados criados com os futuros
38 opts1 = detectImportOptions(local1, 'Sheet', sheet, 'Range', "C:E")
    ;
39 opts1.VariableNames = {'Today', 'Maturidades', 'Result'};
40 Results = readtable(local1, opts1);
41
42 % Importe do ficheiro Excel com os dados do VIX
43 opts2 = detectImportOptions(local2);
44 opts2.VariableNames = {'Date', 'VIXOpen', 'VIXHigh', 'VIXLow', '
    VIXClose'};
45 Results2 = readtable(local2, opts2);
46
47 %% Arma(2,2)
48
49 Modelo = arima(2,0,2);
50
51 % Calibrar o modelo com apenas dados anteriores a 2004
52 l = find(datetime(Results2.Date) == datetime('1/2/2004'));
53 dados = Results2.VIXClose(1:l);
54
55 [EstMdl, ~] = estimate(Modelo, dados);
56
57 %% Diário
58
59 % Datas e valor dos futuros
60 DatasFuturos = Results.Today;
61 Futuros = Results.Result;

```

```

62
63 % Até à data "23-03-2007" o preço dos futuros deve de ser
        dividido por 10
64 if base_dados ~= 3
65     dia = datenum("23-03-2007", 'dd-mm-yyyy');
66     l = dia >= datenum(DatasFuturos);
67     Futuros = [Futuros(1)/10 ; Futuros(~1)];
68 end
69
70 %% Previsao Do VIX
71
72 % Datas do VIX
73 dates = datenum(datetime(Results2.Date));
74 % Datas dos futuros retirando as horas, os minutos e os
        segundos
75 [y,m,d]=ymd(DatasFuturos);
76 Dates_futuros = datenum(datetime([y,m,d]));
77
78 % Valores do VIX
79 dados = Results2.VIXClose;
80
81 % criação da matriz que irá conter as previsões
82 Prevision = zeros(size(Futuros));
83
84 % diferença em dias entre hoje e a maturidade
85 tau_hoje_vencimento = days252bus(Dates_futuros, Results.
        Maturidades);
86
87 for i =1:length(DatasFuturos)
88     tau = tau_hoje_vencimento(i); % Dias a que temos de fazer a
        previsão
89
90     % Posicao dos dados do VIX que vamos utilizar para a
        previsao
91     if sum(find( dates == Dates_futuros(i))) ~= 0
92         local = find(dates == Dates_futuros(i)); % Caso
            existam os dados de hoje vamos utilizar os dados do
            VIX ate ao dia Dates_futuros(i)
93     else

```

```

94     % Caso não existam dados do VIX para o dia
        Dates_futuros(i),
95     % vamos utilizar os dados do VIX ate ao ultimo dia ja
        utilizado.
96     % é necessario alterar o n° de dias a que estamos a
        fazer a
97     % previsao
        tau = days252bus(dates(local), Results.Maturidades(i));
98     end
99
100
101     P = forecast(EstMdl, tau, dados(1:local));
102     Prevision(i) = P(end);
103 end
104
105 %% Premio do Vix
106
107 Premio = (Futuros - Prevision) ./ tau_hoje_vencimento;
108
109 %% Escrita dos dados num ficheiro Excel
110
111 Vencimento = Results.Maturidades;
112 T = table(DatasFuturos, Prevision, Futuros, Vencimento, Premio)
113 writetable(T, strcat(local_excel, base, '_VIX.xlsx'), 'DateLocale',
        'de_DE', 'Sheet', sheet, 'Range', 'A1')
114
115 % Guardar os dados do modelo ARMA
116 s = summarize(EstMdl);
117 guardar = [s.LogLikelihood, s.AIC, s.BIC];
118 writecell({'LogLikelihood', 'AIC', 'BIC'}, strcat(local_excel, base
        , '_VIX.xlsx'), 'Sheet', sheet, 'Range', 'G1');
119 writematrix(guardar, strcat(local_excel, base, '_VIX.xlsx'), 'Sheet
        ', sheet, 'Range', 'G2')
120 writetable(s.Table, strcat(local_excel, base, '_VIX.xlsx'), '
        WriteRowNames', true, 'Sheet', sheet, 'Range', 'k1')

```

6.5. Futuros segundo Cheng (2019a) com os Dados da Barchart

```
1 clear
```



```

2  clc
3
4  %% Inputs
5
6  % Localização da pasta com os ficheiros Excell das cotações dos
      futuros da Barchart
7  local = '';
8
9  % Localização do Excell "CBOE.xlsx"
10 local_excel = '';
11
12 % Localização da pasta onde se vai criar o ficheiro Excell com
      os
13 % dados obtidos
14 local_excel_novo = '';
15
16 % Nº de meses do Roll Over
17 roll = 1;
18
19 hora = 15;
20 minuto = 0;
21
22 % Utilizar "true" para fazer uma análise utilizando a CBOE/
      Barchart
23 % Utilizar "false" para fazer uma análise utilizando apenas
      Barchart
24 Analise = false;
25
26 %% Datas
27
28 % Entre as datas que se vai analisar os ficheiros excel
      utilizando a CBOE/ Barchart:
29 begin_day = '01/01/10';
30 last_day = '12/31/20';
31
32 % Data início para analisar os ficheiros excel utilizando
      apenas Barchart:
33 if ~Analise
34     begin_day = '04/05/04';           % Se roll =1

```

```

35     if roll ~= 1
36         begin_day='11/01/06';           % Se roll diferente de
37         last_day = '11/31/20';
38     end
39 end
40
41 %% Criação das matrizes/lista de dias
42
43 % dias úteis entre as datas a estudar
44 dias =busdays(begin_day , last_day , 'daily ');
45
46 % Colunas para a tabela final
47 Data =NaT(size(dias));
48 Data.Format = 'dd-MMM-yyyy HH:mm:SS';
49
50 Result = zeros(size(dias));           %valor
51     do futuro
52 Maturidades = zeros(size(dias));     %Maturidade do
53     contracto
54
55 %% Iteração
56
57 % Primeira iteração
58 [L,P] = ImportantDays(dias(1),roll);
59 ano = year(P);
60 mes = month(P);
61 [ano,nome] = Nome(ano,mes);
62 tabela = Importar(ano,local,nome); %Importe do ficheiro Excel
63 [Maturidades(1),Result(1),Data(1)] = Escolher(dias(1),tabela,
64     hora,minuto); %Escolha da maturidade e do valor do futuro
65
66 % Restantes iterações
67 for i = 2:length(dias)
68     [Maturidades(i),Result(i),Data(i),L,P,tabela] = Futuro(
69         dias(i),L,P,tabela,hora,minuto,roll,local); %Escolha da
70         maturidade e do valor do futuro
71 end
72
73

```

```

68 %% Output
69
70 Maturidades = datetime(datestr(Maturidades));
71
72 l = isnan(Result);
73 Data_Erros = Data(l);
74 Data = Data(~l);
75 Maturidades = Maturidades(~l);
76 Result = Result(~l);
77
78 T = table(Data, Maturidades, Result);
79 disp('O nº de datas onde o futuro não tem valor:' + string(sum(1
    )))
80
81 % Verificar se as datas são às hora pretendidas
82 outsider = hour(Data) ~= hora | minute(Data) ~= minuto;
83 lhora = hour(Data) > 0;
84 Hora_incorreta = Data(outsider & lhora);
85 disp('O nº de datas em que a hora não é a correta:' + string(
    length(Hora_incorreta)))
86
87
88 %% Criação de uma folha excel com os resultados
89
90 % Folha Excel onde escrever
91 sheet = strcat("Cheng Roll a ", num2str(roll), ' meses');
92
93 % Caso seja para completar a tabela
94 if Analise
95     % Dados do ficheiro "myData.xls"
96     opts1 = detectImportOptions(local_excel, 'Sheet', sheet, '
        Range', 'C:E');
97     opts1.VariableNames = {'Today', 'Maturidades', 'Result'};
98     opts1.VariableTypes = {'datetime', 'datetime', 'double'};
99     Results = readtable(local_excel, opts1);
100
101     if sum(datenum(Results.Today) == datenum(begin_day))
102         % Caso o primeiro dia já esteja na tabela, vamos
            continuar a escrever a

```

```

103     % tabela a partir daí
104     a = find( datenum(Results.Today) == datenum(begin_day)
105             );
106     else
107         % Caso contrário vamos escrever no final da tabela
108         a = size( Results.Result,1);
109     end
110     % Cópia dos valores dos futuros já encontrados antes da
111     % data begin, para a
112     % coluna Corrigidos
113     value = Results(1:a,1:end);
114     local_excel = local_excel_novo + "CBOE_Barchart.xlsx ";
115
116     writetable(value,local_excel,'DateLocale','de_DE','Sheet',
117               sheet,'Range','C1')
118     writecell({'CBOE até:'},local_excel,'Sheet',sheet,'Range','
119             A1');
120     writematrix(datestr(busdate(begin_day,-1)),local_excel,'
121               Sheet',sheet,'Range','B1')
122     writecell({'Barchart a partir de:'},local_excel,'Sheet',
123               sheet,'Range','A2');
124     writematrix(begin_day,local_excel,'Sheet',sheet,'Range','B2
125               ')
126
127     % Para escrever a tabela desde 2004 até 2021
128     else
129         local_excel = local_excel_novo + "Barchart.xlsx ";
130         a = 0;
131         writecell({'Barchart'},local_excel,'Sheet',sheet,'Range','
132               A1');
133     end
134
135     % Escrita dos dados
136     writetable(T,local_excel,'DateLocale','de_DE','Sheet',sheet,'
137               Range',strcat('C',string(a+1)),'WriteVariableNames',~Analyse
138               )
139
140

```

```

132 % Escrita das datas com erros
133 writecell({'Datas onde o futuro não tem valor:'},local_excel ,
           'Sheet',sheet , 'Range', 'F1');
134 writematrix(Data_Erros ,local_excel , 'Sheet',sheet , 'Range', 'F2')
135 % Escrita das datas que a hora não foi a pretendida
136 writecell({'Datas onde a hora não foi a pretendida'},
           local_excel , 'Sheet',sheet , 'Range', 'G1');
137 writematrix(Hora_incorreta ,local_excel , 'Sheet',sheet , 'Range', '
           G2')
138
139 %% Funções
140
141 function [Vencimento ,Result ,data ,L,P,tabela] = Futuro(dia ,L,P,
           tabela ,hora ,minuto ,roll ,local)
142 % Aplica a função "Escolher"
143 % Mas caso estejamos no dia do roll over, faz o importe de uma
           nova tabela
144
145     if L - dia > 0
146         [Vencimento ,Result ,data]= Escolher(dia ,tabela ,hora ,
           minuto);
147     else
148         [L,P] = ImportantDays(dia ,roll);
149         ano = year(P);
150         mes = month(P);
151         [ano ,nome] = Nome(ano ,mes);
152         tabela = Importar(ano ,local ,nome);
153         [Vencimento ,Result ,data]= Escolher(dia ,tabela ,hora ,
           minuto);
154     end
155 end
156
157 function [Vencimento ,Result ,data] = Escolher(dia ,tabela ,hora ,
           minuto)
158 % valor do futuro e data da transação do mesmo com as horas
159 ano = year(dia);
160 mes = month(dia);
161 dia = day(dia);
162

```

```

163 % Data de vencimento sem as horas
164 Time = tabela.Time;
165 [y,m,~] = ymd(datetime(Time(1)));
166 Vencimento = DVencimento(m,y);
167
168 % Antes de 2010 os dados são diários
169 % Depois dessa data os dados são de 15 em 15 minutos
170     if m >=1 && y>= 2010
171         l = dia == day(Time) & month(Time)==mes & year(Time)==
            ano;
172
173         if sum(l & hour(Time)==hora & minute(Time) == minuto)
            ~= 0
174             l = l & hour(Time)==hora & minute(Time)== minuto;
175             Result = tabela.Last(l);
176             data = tabela.Time(l);
177         elseif sum(l & hour(Time) == hora & minute(Time) <=
            minuto) ~= 0
178             l = l & hour(Time) == hora & minute(Time) <= minuto
            ;
179             data = tabela.Time(l);
180             Result = tabela.Last(l);
181             Result = Result(l);
182             data = data(l);
183         else
184             l = l & hour(Time) < hora;
185             data = tabela.Time(l);
186             Result = tabela.Last(l);
187
188             if sum(l) == 0
189                 Result = nan;
190                 data = datetime([ano mes dia]);
191             else
192                 Result = Result(l);
193                 data = data(l);
194             end
195         end
196     else
197         l = dia == day(Time) & month(Time)==mes & year(Time)==

```

```

ano;
198
199     data = tabela.Time(1);
200     Result = tabela.Last(1);
201     end
202
203 end
204
205 function [DateWednesday] = DVencimento(m,y)
206 % Retorna a quarta feira onde vence o futuro mensal
207     [m,y] = SumMonth(m,y, 1);
208
209     Date = nweekdate(3, 6, y, m)-30; % 30 dias antes da
210     Terceira sexta-feira do mês seguinte
211     if Date == datenum(datetime([2004 7 21])) || Date ==
212     datenum(datetime([2004 10 20]))
213         Date = Date - 7;
214     end
215
216     if Date == datenum(datetime([2008 2 20])) || Date ==
217     datenum(datetime([2014 3 19])) || Date == datenum(
218     datetime([2019 3 20]))
219         Date = Date - 1;
220     end
221     DateWednesday = Date; % Quarta feira do mês "m" que calha
222     na mesma semana que a data "Date".
223 end
224
225 function [L,P] = ImportantDays(dia, roll)
226 % L é o dia até ao qual que se mantem o Futuro
227 % P é o dia a partir do qual vou procurar a maturidade
228 L = lbusdate(year(dia),month(dia));
229 if dia == L
230     s = roll+1;
231 else
232     s = roll;
233 end
234 [m,y] = SumMonth(month(dia),year(dia), s);
235 P = fbusdate(y,m);

```

```

231 end
232
233 function [m,y] = SumMonth(m,y, s)
234 % Soma "s" meses ao mês "m" e retorna o mês e o ano de "m+s"
235     if m+s >12
236         m = m+s -12;
237         y = y+1;
238     else
239         m = m+s;
240     end
241 end
242
243 function [ano, nome] = Nome(ano,mes)
244 % Nome do ficheiro Excel que contém os dados dos futuros
245     l = ["vif","vig","vih","vij","vik","vim","vin","viq","viu",
246         "","viv","vix","viz"];
247
248     if ano == 2004 && mes == 12
249         ano = 2005;
250         mes = 1;
251     elseif ano == 2005 && mes == 4
252         mes = 5;
253     elseif ano == 2005 && mes == 7
254         mes = 8;
255     elseif ano == 2005 && mes == 9
256         mes = 10;
257     end
258
259     if ismember(ano, 2017:2021)
260         dia = '04-16-2021';
261     elseif ismember(ano, 2012:2016)
262         dia = '04-15-2021';
263     elseif ismember(ano, [2004, 2010:2011])
264         dia = '04-17-2021';
265     elseif ismember(ano, 2005:2009)
266         dia = '04-20-2021';
267     end
268     s2 = string(ano-2000);

```



```

269     if ano >= 2010
270         s = '_intraday-15min-historical-data-';
271     else
272         s = '_daily-historical-data-';
273         s2 = "0"+s2;
274     end
275
276     nome = strcat(l(mes),s2,s,dia);
277 end
278
279 function [Results] = Importar(ano,local,nome)
280 %Importa o ficheiro Excel, da pasta na localização "local"
281     excel = strcat(local,string(ano),"\",nome,'.csv');
282     opts = detectImportOptions(excel);
283     opts.VariableNames = {'Time','Open','High','Low','Last','
        Change','x_Chg','Volume','OpenInt'};
284     Results = readtable(excel,opts);
285 end

```

6.6. Futuros segundo Daigler, Dupoyet e Patterson (2016) com os Dados da Barchart

```

1 clear
2 clc
3
4 %% Inputs
5
6 % LocalizaÃ§Ã£o da pasta com os ficheiros Excell das cotaÃ§Ãoes
   dos futuros da Barchart
7 local = '';
8
9 % LocalizaÃ§Ã£o do Excell "CBOE.xlsx"
10 local_excel = '';
11
12 % LocalizaÃ§Ã£o da pasta onde se vai criar o ficheiro Excell
   com os novos
13 % dados
14 local_excel_novo = '';
15

```

```

16 hora = 15;
17 minuto = 0;
18
19 % Utilizar "true" para fazer uma análise utilizando a CBOE/
    Barchart
20 % Utilizar "false" para fazer uma análise utilizando apenas
    Barchart
21 Analise = false;
22
23 %% Datas
24
25 % Entre as datas que se vai analisar os ficheiros excel
    utilizando a CBOE/ Barchart:
26 begin_day = '01/01/10';
27 last_day = '12/31/20';
28
29 % Data início para analisar os ficheiros excel utilizando
    apenas Barchart:
30 if ~Analise
31     begin_day = '04/05/04';
32 end
33
34 %% Criação das matrizes/lista de dias
35
36 % dias úteis entre as datas a estudar
37 dias = busdays(begin_day , last_day , 'daily');
38
39 % Colunas para a tabela final
40 Data = NaT(size(dias));
41 Data.Format = 'dd-MMM-yyyy HH:mm:ss';
42
43 Result = zeros(size(dias)); %valor
    do futuro
44 Maturidades = zeros(size(dias)); %Maturidade do
    contracto
45
46 %% Iteração
47
48 % Primeira iteração

```

```

49 [L,P] = ImportantDays(dias(1));
50 ano = year(P);
51 mes = month(P);
52 [ano,nome] = Nome(ano,mes);
53 tabela = Importar(ano,local,nome); %Importe do ficheiro Excel
54 [Maturidades(1),Result(1),Data(1)] = Escolher(dias(1),tabela,
        hora, minuto); %Escolha da maturidade e do valor do futuro
55
56 % Restantes Iterações
57 for i = 2:length(dias)
58     [Maturidades(i),Result(i),Data(i),L,P,tabela] = Futuro(
        dias(i),L,P,tabela, hora, minuto, local); %Escolha da
        maturidade e do valor do futuro
59 end
60
61 %% Output
62
63 Maturidades = datetime(datestr(Maturidades));
64
65 l = isnan(Result);
66 Data_Erros = Data(l);
67 Data = Data(~l);
68 Maturidades = Maturidades(~l);
69 Result = Result(~l);
70
71 T = table(Data, Maturidades, Result);
72 disp('O número de datas onde o futuro não tem valor:' + string(sum
        (1)))
73
74 % Verificar se as datas são às hora pretendidas
75 outsider = hour(Data) ~= hora | minute(Data) ~= minuto;
76 lhora = hour(Data) > 0;
77 Hora_incorreta = Data(outsider & lhora);
78 disp('O número de datas em que a hora não é a correta:' + string(
        length(Hora_incorreta)))
79
80
81 %% Criação de uma folha excel com os resultados
82

```

```

83 % Folha Excel onde escrever
84 sheet = 'Daigler Dupoyet Patterson 2016';
85
86 % Caso seja para completar a tabela
87 if Analise
88     % Dados do ficheiro "myData.xls"
89     opts1 = detectImportOptions(local_excel, 'Sheet', sheet, '
        Range', 'C:E');
90     opts1.VariableNames = {'Today', 'Maturidades', 'Result'};
91     opts1.VariableTypes = {'datetime', 'datetime', 'double'};
92     Results = readtable(local_excel, opts1);
93
94     if sum(datenum(Results.Today) == datenum(begin_day))
95         % Caso o primeiro dia já esteja na tabela, vamos
96         % continuar a escrever a
97         % tabela a partir da
98         a = find(datenum(Results.Today) == datenum(begin_day)
99             );
100     else
101         % Caso contrário vamos escrever no final da tabela
102         a = size(Results.Result, 1);
103     end
104
105     % Copia dos valores dos futuros já encontrados antes da
106     % data begin, para a
107     % coluna Corrigidos
108     value = Results(1:a, 1:end);
109
110     local_excel = local_excel_novo + "CBOE_Barchart.xlsx";
111
112     writetable(value, local_excel, 'DateLocale', 'de_DE', 'Sheet',
113         sheet, 'Range', 'C1')
114     writecell({'CBOE at ©:'}, local_excel, 'Sheet', sheet, 'Range',
115         'A1');
116     writematrix(datestr(busdate(begin_day, -1)), local_excel, '
117         Sheet', sheet, 'Range', 'B1')
118     writecell({'Barchart a partir de:'}, local_excel, 'Sheet',
119         sheet, 'Range', 'A2');
120     writematrix(begin_day, local_excel, 'Sheet', sheet, 'Range', 'B2

```

```

    ')
114
115 % Para escrever a tabela desde 2004 até 2021
116 else
117     local_excel = local_excel_novo + "Barchart.xlsx ";
118     a = 0;
119     writecell({'Barchart'}, local_excel, 'Sheet', sheet, 'Range', '
        A1');
120 end
121
122 % Escrita dos dados
123 writetable(T, local_excel, 'DateLocale', 'de_DE', 'Sheet', sheet, '
        Range', strcat('C', string(a+1)), 'WriteVariableNames', ~Analyse
        )
124
125 % Escrita das datas com erros
126 writecell({'Datas onde o futuro não tem valor:'}, local_excel, '
        Sheet', sheet, 'Range', 'F1');
127 writematrix(Data_Erros, local_excel, 'Sheet', sheet, 'Range', 'F2')
128 % Escrita das datas que a hora não foi a pretendida
129 writecell({'Datas onde a hora não foi a pretendida'},
        local_excel, 'Sheet', sheet, 'Range', 'G1');
130 writematrix(Hora_incorreta, local_excel, 'Sheet', sheet, 'Range', '
        G2')
131
132 %% Funções
133
134 function [Vencimento, Result, data, L, P, tabela] = Futuro(dia, L, P,
        tabela, hora, minuto, local)
135 % Aplica a função "Escolher"
136 % Mas caso estejamos no dia do roll over, faz o importe de uma
        nova tabela
137
138     if L - dia > 0
139         [Vencimento, Result, data] = Escolher(dia, tabela, hora,
            minuto);
140     else
141         [L, P] = ImportantDays(dia);
142         ano = year(P);

```

```

143     mes = month(P);
144     [ano , nome] = Nome(ano , mes);
145     tabela = Importar(ano , local , nome);
146     [Vencimento , Result , data]= Escolher(dia , tabela , hora ,
        minuto);
147     end
148 end
149
150 function [Vencimento , Result , data] = Escolher(dia , tabela , hora ,
        minuto)
151 % valor do futuro e data da transa~o do mesmo com as horas
152 ano = year(dia);
153 mes = month(dia);
154 dia = day(dia);
155
156 % Data de vencimento sem as horas
157 Time = tabela .Time;
158 [y,m,~] = ymd(datetime(Time(1)));
159 Vencimento = DVencimento(m,y);
160
161 % Antes de 2010 os dados s~o di~rios
162 % Depois dessa data os dados s~o de 15 em 15 minutos
163     if m >=1 && y>= 2010
164         l = dia == day(Time) & month(Time)==mes & year(Time)==
            ano;
165
166         if sum(l & hour(Time)==hora & minute(Time) == minuto)
            ~= 0
167             l = l & hour(Time)==hora & minute(Time)== minuto;
168             Result = tabela .Last(l);
169             data = tabela .Time(l);
170         elseif sum(l & hour(Time) == hora & minute(Time) <=
            minuto) ~= 0
171             l = l & hour(Time) == hora & minute(Time) <= minuto
                ;
172             data = tabela .Time(l);
173             Result = tabela .Last(l);
174             Result = Result(1);
175             data = data(1);

```

```

176         else
177             l = l & hour(Time) < hora;
178             data = tabela.Time(l);
179             Result = tabela.Last(l);
180
181             if sum(l) == 0
182                 Result = nan;
183                 data = datetime([ano mes dia]);
184             else
185                 Result = Result(l);
186                 data = data(l);
187             end
188         end
189     else
190         l = dia == day(Time) & month(Time)==mes & year(Time)==
            ano;
191
192         data = tabela.Time(l);
193         Result = tabela.Last(l);
194     end
195
196 end
197
198 function [DateWednesday] = DVencimento(m,y)
199 % Retorna a quarta feira onde vence o futuro mensal
200 [m,y] = SumMonth(m,y, 1);
201
202 Date = nweekdate(3, 6, y, m)-30; % 30 dias antes da
    Terceira sexta-feira do mÃas seguinte
203 if Date == datenum(datetime([2004 7 21])) || Date ==
    datenum(datetime([2004 10 20]))
204     Date = Date - 7;
205 end
206
207 if Date == datenum(datetime([2008 2 20])) || Date ==
    datenum(datetime([2014 3 19])) || Date == datenum(
    datetime([2019 3 20]))
208     Date = Date - 1;
209 end

```

```

210     DateWednesday = Date; % Quarta feira do mês "m" que calha
        na mesma semana que a data "Date".
211 end
212
213 function [L,P] = ImportantDays(dia)
214 % L é o dia de fazer o roll-over
215 % P é o dia a partir do qual vou procurar a maturidade
216
217 Friday = nweekdate(3, 6, year(dia), month(dia)); % Terceira
        sexta feira do mês
218 L = Friday-weekday(Friday)+2; % Segunda-feira que calha na
        mesma semana que a terceira sexta feira do mês
219
220 [m,y] = SumMonth(month(dia), year(dia), 1);
221 P = fbusdate(y,m); % vamos procurar um futuro com
        vencimento no proximo mes
222
223 if dia-L >= 0 % caso estejas na segunda
        quinzena do mes, a data de roll-over não é no mes em que
        estamos mas sim do proximo mes
224     Friday = nweekdate(3, 6, y, m);
225     L = Friday-weekday(Friday)+2;
226 end
227
228 end
229
230 function [m,y] = SumMonth(m,y, s)
231 % Soma "s" meses ao mês "m" e retorna o mês e o ano de "m+s"
232     if m+s >12
233         m = m+s -12;
234         y = y+1;
235     else
236         m = m+s;
237     end
238 end
239
240 function [ano, nome] = Nome(ano, mes)
241 % Nome do ficheiro Excel que contém os dados dos futuros
242

```



```

243 l = ["vif","vig","vih","vij","vik","vim","vin","viq","viu
      ","viv","vix","viz"];
244
245 % Anos onde não foram transacionados futuros.
246 % Nestes anos vamos devolver os dados do futuro mais
      proximo
247 if ano == 2004 && mes == 12
248     ano = 2005;
249     mes = 1;
250 elseif ano == 2005 && mes == 4
251     mes = 5;
252 elseif ano == 2005 && mes == 7
253     mes = 8;
254 elseif ano == 2005 && mes == 9
255     mes = 10;
256 end
257
258 % Os dados dos futuros foram descarregados em diferentes
      dias o que fez
259 % om que tenham nomes diferentes na data
260 if ismember(ano , 2017:2021)
261     dia = '04-16-2021';
262 elseif ismember(ano ,2012:2016)
263     dia = '04-15-2021';
264 elseif ismember(ano , [2004, 2010:2011])
265     dia = '04-17-2021';
266 elseif ismember(ano , 2005:2009)
267     dia = '04-20-2021';
268 end
269
270 % os dados a partir de 2010 são intra-diarios
271 % os dados anteriores sao diarios
272 s2 = string(ano-2000);
273 if ano >= 2010
274     s = '_intraday-15min-historical-data-';
275 else
276     s = '_daily-historical-data-';
277     s2 = "0"+s2;
278 end

```

```

279
280     % Nome final do ficheiro
281     nome = strcat(l(mes),s2,s,dia);
282 end
283
284 function [Results] = Importar(ano,local,nome)
285 %Importa o ficheiro Excel, da pasta na localizaÃ§Ã£o "local"
286     excel = strcat(local,string(ano),"\",nome, '.csv');
287     opts = detectImportOptions(excel);
288     opts.VariableNames = {'Time','Open','High','Low','Last','
        Change','x_Chg','Volume','OpenInt'};
289     Results = readtable(excel,opts);
290 end

```

6.7. Futuros segundo Johnson (2017) com os Dados da Barchart

```

1 clear
2 clc
3
4 %% Inputs
5
6 % LocalizaÃ§Ã£o da pasta com os ficheiros Excell das cotaÃ§Ãoes
    dos futuros da Barchart
7 local = '';
8
9 % LocalizaÃ§Ã£o do Excell "CBOE.xlsx" com os dados do prÃ©mio
    do VIX atravÃ©s
10 % da CBOE
11 local_excel = '';
12
13 % LocalizaÃ§Ã£o da pasta onde se vai criar o ficheiro Excell
    com os novos
14 % dados
15 local_excel_novo = '';
16
17 % NÂº de meses da interpolcao
18 T = 1;
19

```

```

20 % Hora e minuto a analisar
21 hora = 15;
22 minuto = 0;
23
24 % Utilizar "true" para fazer uma análise utilizando a CBOE/
    Barchart
25 % Utilizar "false" para fazer uma análise utilizando apenas
    Barchart
26 Analise = false;
27
28 %% Datas
29
30 % Entre as datas que se vai analisar os ficheiros excel
    utilizando a CBOE/ Barchart:
31 if Analise
32     begin_day = '01/01/10';
33     last_day = '12/31/20';
34
35     if T > 1
36         last_day = '08/31/20';
37     end
38
39 else
40
41 % Datas para analisar os ficheiros excel utilizando apenas
    Barchart:
42     begin_day = '04/05/04'; % Para interpolacao a 1
        mes
43     last_day = '12/31/20';
44
45     if T > 1
46         begin_day='11/01/06'; % Para interpolacao a
            mais do que 1 mes
47         last_day = '08/31/20';
48     end
49 end
50
51 %% Criação das matrizes/lista de dias
52

```

```

53 % Datas
54 dias =busdays(begin_day , last_day , 'daily'); % dias Ã°teis
      entre as datas a estudar
55
56 Ano_hoje = year(dias);
57 Mes_hoje = month(dias);
58 Dia_hoje = day(dias);
59
60 Data = datetime(datestr(dias,0)); % Datas dos dias uteis
61 Vencimento = datenum(Data + calmonths(T)); % Data de vencimento
      simulada com a interpolacao
62
63 % Maturidades e Precos dos contratos para realizar a
      interpolaÃ§Ã£o
64 Maturidades1 = zeros(size(dias)); %Maturidade do 1Â°
      contrato
65 Maturidades2 = zeros(size(dias)); %Maturidade do 2Â°
      contrato
66 P1 = zeros(size(dias)); % Preco do 1Â°
      contrato
67 P2 = zeros(size(dias)); % Preco do 2Â°
      contrato
68
69 % Matrizes para o importe dos dados Barchart
70 N_Meses = months(begin_day , last_day); % NÂ° de meses
      entre a data de inicio e a data final
71 Tabela = cell(1,N_Meses); %
      Conjunto que irÃ¡ conter as tabelas
72 VencimentoFuturos = zeros(size(Tabela)); % Matriz que tera
      todas as datas de vencimento dos futuros
73
74 %% Importe dos dados Barchart
75
76 N = N_Meses+1+T; % NÂ° de ficheiros com os dados Barchart
      a analisar
77
78 for i = 1:N
79     % Ano e mes que calham i meses depois da data de inicio
80     ano = year(addtodate(datenum(begin_day), i , 'month' ));

```

```

81     mes = month( addtodate( datenum( begin_day ), i , 'month' ) );
82
83     % Importe dos dados sobre o futuro com vencimento nesse mes
84     [ano , nome] = Nome(ano , mes);
85     Results = Importar(ano , local , nome);
86
87     % Guardar os resultados
88     Tabela{ i } = Results;          % Guardar tabela
89
90     % Ano e mes da data de vencimento do futuro .
91     % (DeverÃ£o de coincidir com os valores calculados
92     % anteriormente , mas
93     % poderÃ; nÃ£o acontecer por em 2004, 2005 e 2006 nao serem
94     % transacioandos futuros com vencimento em todos os meses e
95     % a funcao
96     % Nome nesses casos devolver o mes a seguir)
97     [ano , mes , ~] = ymd( Results . Time(1) );
98     VencimentoFuturos( i ) = DataVencimento( mes , ano ); % Guardar a
99     % data de vencimento
100 end
101
102 % Retirar os dados repetidos
103 [VencimentoFuturos , ia , ~] = unique( VencimentoFuturos , 'stable' );
104 Tabela = Tabela( ia );
105
106 % Anos e meses de vencimento de todos os futuros
107 Ano_VencimentoFuturos = year( VencimentoFuturos );
108 Mes_VencimentoFuturos = month( VencimentoFuturos );
109
110 %% IteraÃ§Ã£o
111
112 % Estrutura que na posicao i tem uma matriz com os numeros de
113 % dias entre o
114 % Vencimento pretendido pela interpolacao e os vencimentos de
115 % todos futuros
116 tau = arrayfun( @(x) daysact( x , VencimentoFuturos )' , Vencimento
117     , 'UniformOutput' , false );
118
119 % Precos e maturidades dos contratos a utilizar na interpolacao

```

```

114 for i = 1:length(dias)
115     [P1(i),P2(i),Maturidades1(i),Maturidades2(i)] = main(Tabela
        , tau{i},Ano_hoje(i),Mes_hoje(i),Dia_hoje(i),
        VencimentoFuturos,Ano_VencimentoFuturos,
        Mes_VencimentoFuturos,hora,minuto);
116 end
117
118 % Pesos para fazer a interpolacao
119 tau1 = daysact(Maturidades1,Vencimento);
120 tau2 = daysact(Maturidades1,Maturidades2);
121 c1 = 1 - tau1 ./ tau2;
122 c2 = 1-c1;
123
124 % Interpolacao
125 Result =c1.*P1+c2.*P2;
126
127 %% Output
128
129 % Retirar os resultados onde ocorreu um erro
130 l = isnan(Result);
131 Vencimento = Vencimento(~l);
132 Data_Erros = Data(l);
133 Data = Data(~l);
134 Maturidades1 = Maturidades1(~l);
135 Maturidades2 = Maturidades2(~l);
136 Result = Result(~l);
137
138 % Passar as maturidades de numero para string
139 Maturidades1 = datetime(datestr(Maturidades1));
140 Maturidades2 = datetime(datestr(Maturidades2));
141 Vencimento = datetime(datestr(Vencimento));
142
143 % Tabelas
144 Tabela1 = table(Data,Vencimento,Result); % Tabela com os
        resultados
145 Tabela2 = table(Maturidades1,Maturidades2); % Tabela com as
        maturidades dos contratos
146 disp('O n  de datas onde o futuro não tem valor:' + string(sum
        (1)))

```

```

147
148 % Verificar se as datas são a hora pretendidas
149 outsider = hour(Data) ~= hora | minute(Data) ~=minuto;
150 lhora = hour(Data) > 0;
151 Hora_incorreta = Data(outsider & lhora);
152 disp('O nº de datas em que a hora não é a correta:' + string(
    length(Hora_incorreta)))
153
154
155 %% Criação de uma folha excel com os resultados
156
157 %Folha Excel onde escrever
158 sheet = "Johnson a " + string(T)+ " meses";
159
160 % Caso seja para completar a tabela
161 if Analise
162     % Dados do ficheiro "myData.xls"
163     opts1 = detectImportOptions(local_excel, 'Sheet', sheet, '
        Range', 'C:I');
164     opts1.VariableNames = {'Today', 'Maturidades', 'Result', '
        Data_Erros', 'NaT', 'Maturidades1', 'Maturidades2'};
165     opts1.VariableTypes = {'datetime', 'datetime', 'double', '
        datetime', 'double', 'datetime', 'datetime'};
166     Results = readtable(local_excel, opts1);
167
168     if sum(datenum(Results.Today) == busdate(datenum(begin_day)
        ))
169         % Caso o primeiro dia já esteja na tabela, vamos
            continuar a escrever a
170         % tabela a partir da
171         a = find( datenum(Results.Today) == busdate(datenum(
            begin_day) ));
172     else
173         % Caso contrário vamos escrever no final da tabela
174         a = size( Results.Result, 1);
175     end
176
177     % Cópia dos valores dos futuros já encontrados antes da
        data begin, para a

```

```

178 % coluna Corrigidos
179 value = Results(1:a,1:3);
180 value2 = Results(1:a,6:7);
181
182 local_excel = local_excel_novo + "CBOE_Barchart.xlsx ";
183
184 writetable(value,local_excel,'DateLocale','de_DE','Sheet',
185           sheet,'Range','C1')
186 writecell({'CBOE atÃ©:'},local_excel,'Sheet',sheet,'Range',
187           'A1');
188 writematrix(datestr(busdate(begin_day,-1)),local_excel,'
189           Sheet',sheet,'Range','B1')
190 writecell({'Barchart a partir de:'},local_excel,'Sheet',
191           sheet,'Range','A2');
192 writematrix(begin_day,local_excel,'Sheet',sheet,'Range','B2
193           ')
194 writetable(value2,local_excel,'DateLocale','de_DE','Sheet'
195           ,sheet,'Range','H1')
196
197 % Para escrever a tabela desde 2004 atÃ© 2021
198 else
199     local_excel = local_excel_novo + "Barchart.xlsx ";
200     a = 0;
201     writecell({'Barchart'},local_excel,'Sheet',sheet,'Range','
202           A1');
203 end
204
205 % Escrita dos dados
206 writetable(Tabela1,local_excel,'DateLocale','de_DE','Sheet',
207           sheet,'Range',strcat('C',string(a+1)),'WriteVariableNames',~
208           Analise)
209 writetable(Tabela2,local_excel,'DateLocale','de_DE','Sheet',
210           sheet,'Range',strcat('H',string(a+1)),'WriteVariableNames',~
211           Analise)
212
213 % Escrita das datas com erros
214 writecell({'Datas onde o futuro nÃ£o tem valor:'},local_excel,'
215           Sheet',sheet,'Range','F1');
216 writematrix(Data_Erros,local_excel,'Sheet',sheet,'Range','F2')

```



```

205 % Escrita das datas que a hora não foi a pretendida
206 writecell({'Datas onde a hora não foi a pretendida'},
           local_excel, 'Sheet', sheet, 'Range', 'G1');
207 writematrix(Hora_incorreta, local_excel, 'Sheet', sheet, 'Range',
              'G2')
208
209 %% Funções
210
211 function [P1,P2,Maturidade1,Maturidade2] = main(Tabela, tau,
           ano_hoje, mes_hoje, dia_hoje, VencimentoFuturos, anos_futuros,
           meses_futuros, hora, minuto)
212 %Retorna as maturidades e os preços dos futuros para a
           interpolacao
213
214 [i1,i2] = EscolhaIndices(tau);
215 [Tabela1,Tabela2] = Tabelas(i1,i2,Tabela);
216 [P1,j1] = Preço(Tabela1,ano_hoje,mes_hoje,dia_hoje,anos_futuros
           (i1),meses_futuros(i1),hora,minuto);
217 [P2,j2] = Preço(Tabela2,ano_hoje,mes_hoje,dia_hoje,anos_futuros
           (i2),meses_futuros(i2),hora,minuto);
218
219 % Caso não seja encontrado o valor do futuro numa das tabelas,
           iremos procurar
220 % outro valor
221 while j1 == 0 || j2 == 0
222     if j1 == 0
223         % Se não foi encontrado um valor na tabela de indice
           i1, iremos
224         % retirar os dados associados a esse indice
225         l1 = VencimentoFuturos ~= VencimentoFuturos(i1);
226         VencimentoFuturos = VencimentoFuturos(l1);
227         Tabela = Tabela(l1);
228         anos_futuros = anos_futuros(l1);
229         meses_futuros = meses_futuros(l1);
230         tau = tau(l1);
231
232         %
233         [i1,i2] = EscolhaIndices(tau);
234         [Tabela1,Tabela2] = Tabelas(i1,i2,Tabela);

```

```

235     [P1 , j1 ] = Preco (Tabela1 , ano_hoje , mes_hoje , dia_hoje ,
        anos_futuros ( i1 ) , meses_futuros ( i1 ) , hora , minuto );
236     [P2 , j2 ] = Preco (Tabela2 , ano_hoje , mes_hoje , dia_hoje ,
        anos_futuros ( i2 ) , meses_futuros ( i2 ) , hora , minuto );
237     end
238
239     if j2 == 0
240         % Se não foi encontrado um valor na tabela de indice
           i2 , iremos
241         % retirar os dados associados a esse indice
           l2 = VencimentoFuturos ~= VencimentoFuturos ( i2 );
242         VencimentoFuturos = VencimentoFuturos ( l2 );
243         Tabela = Tabela ( l2 );
244         anos_futuros = anos_futuros ( l2 );
245         meses_futuros = meses_futuros ( l2 );
246         tau = tau ( l2 );
247
248
249         %
           [ i1 , i2 ] = EscolhaIndices ( tau );
250         [ Tabela1 , Tabela2 ] = Tabelas ( i1 , i2 , Tabela );
251         [ P1 , j1 ] = Preco ( Tabela1 , ano_hoje , mes_hoje , dia_hoje ,
           anos_futuros ( i1 ) , meses_futuros ( i1 ) , hora , minuto );
252         [ P2 , j2 ] = Preco ( Tabela2 , ano_hoje , mes_hoje , dia_hoje ,
           anos_futuros ( i2 ) , meses_futuros ( i2 ) , hora , minuto );
253
254     end
255 end
256
257 % Maturidades dos futuros
258 Maturidade1 = VencimentoFuturos ( i1 );
259 Maturidade2 = VencimentoFuturos ( i2 );
260 end
261
262 function [ Tabela1 , Tabela2 ] = Tabelas ( i1 , i2 , Tabela )
263 % Tabelas nas posicoes dos indices
264 Tabela1 = Tabela { i1 };
265 Tabela2 = Tabela { i2 };
266 end
267
268 function [ Result , j ] = Preco ( tabela , ano_hoje , mes_hoje , dia_hoje ,

```

```

ano_VFuturo , mes_VFuturo , hora , minuto)
269 % Retorna o preco do futuro e o valor logico "1"
270 % "1" Ã© true se tiver encontrado um valor para o futuro , Ã©
    falso c.c.
271 j = false ;
272
273 % Antes de 2010 os dados sÃ£o diÃ¡rios
274 % Depois dessa data os dados sÃ£o de 15 em 15 minutos
275     if mes_VFuturo >=1 && ano_VFuturo>= 2010
276         Time = tabela.Time;
277         l = dia_hoje == day(Time) & month(Time)==mes_hoje &
            year(Time)==ano_hoje ;
278
279         if sum(l & hour(Time)==hora & minute(Time) == minuto)
            ~= 0
280             l = l & hour(Time)==hora & minute(Time)== minuto ;
281             Result = tabela.Last(l);
282         elseif sum(l & hour(Time) == hora & minute(Time) <=
            minuto) ~= 0
283             l = l & hour(Time) == hora & minute(Time) <= minuto
                ;
284             Result = tabela.Last(l);
285             Result = Result(l);
286         else
287             l = l & hour(Time) < hora ;
288             Result = tabela.Last(l);
289             if sum(l) == 0
290                 Result = nan;
291             else
292                 Result = Result(l);
293             end
294         end
295     else
296         Time = tabela.Time;
297         l = dia_hoje == day(Time) & month(Time)==mes_hoje &
            year(Time)==ano_hoje ;
298         if sum(l) ~=0
299             Result = tabela.Last(l);
300     else

```

```

301         Result = nan;
302     end
303 end
304
305     if ~isnan(Result) || Result == 0
306         j=1;
307     end
308
309 end
310
311 function [i1,i2] = EscolhaIndices(tau)
312 % Retorna os Indices onde a matriz tau detem os menores valores
313     absolutos
314
315 tau_abs = abs(tau);
316 [~,index] = sort(tau_abs); % Valores e indeces de "tau_abs"
317     ordenados do menor para o maior
318
319 % Indices
320 i1 = min(index(1:2)); % Indice da primeira maturidade
321 i2 = max(index(1:2)); % Indice da segunda maturidade
322
323 end
324
325 function [DateWednesday] = DataVencimento(m,y)
326 % Retorna a quarta feira onde vence o futuro mensal
327 [m,y] = SumMonth(m,y, 1);
328
329 Date = nweekdate(3, 6, y, m)-30; % 30 dias antes da
330     Terceira sexta-feira do mÃas seguinte
331
332 if Date == datenum(datetime([2004 7 21])) || Date ==
333     datenum(datetime([2004 10 20]))
334     Date = Date - 7;
335 end
336
337 if Date == datenum(datetime([2008 2 20])) || Date ==
338     datenum(datetime([2014 3 19])) || Date == datenum(
339     datetime([2019 3 20]))
340     Date = Date - 1;
341 end
342
343 end

```

```

334
335     DateWednesday = Date;
336 end
337
338 function [m,y] = SumMonth(m,y, s)
339 % Soma "s" meses ao mÃs "m" e retorna o mÃs e o ano de "m+s"
340     if m+s >12
341         m = m+s -12;
342         y = y+1;
343     else
344         m = m+s;
345     end
346 end
347
348 function [ano, nome] = Nome(ano, mes)
349 % Nome do ficheiro Excel que contÃm os dados dos futuros
350     l = [" vif ", " vig ", " vih ", " vij ", " vik ", " vim ", " vin ", " viq ", " viu
351         ", " viv ", " vix ", " viz "];
352
353     if ano == 2004 && mes == 12
354         ano = 2005;
355         mes = 1;
356     elseif ano == 2005 && mes == 4
357         mes = 5;
358     elseif ano == 2005 && mes == 7
359         mes = 8;
360     elseif ano == 2005 && mes == 9
361         mes = 10;
362
363     end
364
365     if ismember(ano , 2017:2021)
366         dia = '04-16-2021';
367     elseif ismember(ano ,2012:2016)
368         dia = '04-15-2021';
369     elseif ismember(ano , [2004, 2010:2011])
370         dia = '04-17-2021';
371     elseif ismember(ano , 2005:2009)
372         dia = '04-20-2021';
373     end

```

```

372
373     s2 = string(ano-2000);
374     if ano >= 2010
375         s = '_intraday-15min-historical-data-';
376     else
377         s = '_daily-historical-data-';
378         s2 = "0"+s2;
379     end
380
381     nome = strcat(l(mes),s2,s,dia);
382 end
383
384 function [Results] = Importar(ano,local,nome)
385 %Importa o ficheiro Excel, da pasta na localizaÃ§Ã£o "local"
386     excel = strcat(local,string(ano),"\",nome, '.csv');
387     opts = detectImportOptions(excel);
388     opts.VariableNames = {'Time','Open','High','Low','Last','
389         Change','x_Chg','Volume','OpenInt'};
390     Results = readtable(excel,opts);
391 end

```

6.8. Previsão do VIX e Cálculo do Prémio do VIX com os Dados da Barchart

```

1  clc
2  clear
3
4  %% Inputs
5
6  %Qual base de dados a estudar?
7  % CBOE = 1, CBOE-Barchart = 2, Barchart = 3
8  base_dados= 3;
9
10 % Estrategia a estudar?
11 % Cheng(2019) = 1 , Daigler et al. (2016) = 2, Johnson(2016) =
12     3
13
14 % N° de meses do Roll Over/Interpolacao no futuro

```

```

15 roll = 1;
16
17 % Localização dos ficheiros Excel
18
19 % Pasta dos ficheiros com os valores do futuros
20 local1 = '';
21 % Ficheiro da Barchart com os dados do VIX diários
22 local2 = '';
23 % Local da pasta com os dados intra-diários
24 local3 = '';
25
26 % Pasta onde se vai guardar o ficheiro excel com os resultados
27 local_excel = '';
28
29 % Hora e minuto a estudar:
30 hora = 16;
31 minuto = 0;
32
33 %% Importe dos ficheiros
34
35 % Base de dados a estudar
36 bases_dados= ["myData", "CBOE_Barchart", "Barchart", "CBOE_CBOE"];
37 nome_base_dado = bases_dados(base_dados);
38 local1 = local1 + nome_base_dado+".xlsx"; % local do ficheiro
    com os dados do futuro
39
40 % Estrategia a estudar
41 d2 = [strcat("Cheng Roll a ", string(roll), ' meses'), ' Daigler
    Dupoyet Patterson 2016', "Johnson a " + string(roll)+ "
    meses"];
42 sheet = d2(estrategia);
43
44 % Importe do ficheiro Excel com os dados criados com os futuros
45 opts1 = detectImportOptions(local1, 'Sheet', sheet, 'Range', 'C:E')
    ;
46 opts1.VariableNames = {'Today', 'Maturidades', 'Result'};
47 Results = readtable(local1, opts1);
48
49 % Importe do ficheiro Excel com os dados do VIX diários

```

```

50 opts2 = detectImportOptions(local2);
51 opts2.VariableNames = {'Date', 'VIXOpen', 'VIXHigh', 'VIXLow', '
    VIXClose'};
52 Results2 = readtable(local2, opts2);
53
54 % Importe dos ficheiros Excel com os dados do VIX intra-diários
55 % E guardar os dados todos numa única tabela
56
57 for i = 2009:2021
58     tabela = Importar(i, local3);
59     t = tabela(:, 1:5);
60     t.Properties.VariableNames = {'Date', 'VIXOpen', 'VIXHigh', '
        VIXLow', 'VIXClose'};
61
62     if i == 2009
63         t1 = t;
64     else
65         t1 = vertcat(t, t1); % juntar aos restantes dados do VIX
66     end
67 end
68
69 %% Tratamento dos dados
70
71 % Variáveis que vão conter a série do VIX
72 datas = datetime();
73 valor = zeros(size(Results.Today));
74
75 % Datas Futuros
76 Today = Results.Today;
77
78 % Dados do VIX diários antes do primeiro dia que temos os dados
    dos futuros
79 l = find(datenum(Results2.Date) == busdate(datenum(Today(1))
    , -1));
80 dados = Results2.VIXClose(1:end);
81 data = Results2.Date(1:end);
82
83 % Anos, meses, dias, horas e minutos das datas com o VIX (intra
    -diárias)

```



```

84 [years , months , dias ] = ymd(t1 .Date);
85 [horas , minutes , ~] = hms(t1 .Date);
86
87 % Anos , meses , dias , horas e minutos dos dados dos futuros
88 [y ,m , d] = ymd(Today);
89 [h ,mm , ~] = hms(Today);
90
91 % Correção da diferença de horas entre o VIX (hora de Nova
    Iorque)
92 % e os futuros (Chicago)
93 % h =h+1;
94
95 % Para cada dia dos futuros , procurar os dados da hora "h"
96 for i = 1:length(Today)
97     l0 = years == y(i) & months == m(i) & dias == d(i);
98
99     l1 = find(l0 & horas == hora & minutes ==minuto);
100 %     l1 = find(l0 & horas == h(i) & minutes == mm(i));
101
102     if ~isempty(l1)
103         datas(i) = t1 .Date(l1);
104         valor(i) = t1 .VIXClose(l1);
105     else
106         l1 = find(l0 & horas == hora & minutes <= minuto);
107 %         l1 = find(l0 & horas == h(i) & minutes <= mm(i));
108
109         if ~isempty(l1)
110             l = l1(1);
111             datas(i) = t1 .Date(l);
112             valor(i) = t1 .VIXClose(l);
113         else
114             l1 = find(l0 & horas <= hora);
115 %             l1 = find(l0 & horas <= h(i));
116
117             if ~isempty(l1)
118                 l = l1(1);
119                 datas(i) = t1 .Date(l);
120                 valor(i) = t1 .VIXClose(l);
121             else

```

```

122         l = find(datenum(Results2.Date)== datenum(
           datetime([y(i),m(i),d(i)])));
123         datas(i) = Results2.Date(l);
124         valor(i) = Results2.VIXClose(l);
125     end
126 end
127 end
128 end
129
130 % Juntar os dados diários com os intradiários acabados de
    encontrar
131 dados = [dados(end-1:-1:1); valor];
132 datas = [data(end-1:-1:1) ;datas'];
133
134 %% Arma(2,2)
135
136 Modelo = arima(2,0,2);
137
138 % Calibrar o modelo com apenas dados anteriores a 2004
139 l = find(datenum(datas) == datenum('1/2/2004'));
140
141 [EstMdl,~] = estimate(Modelo,dados(1:l));
142
143 %% Cotacao dos futuros
144
145 % Valor dos futuros
146 Futuros = Results.Result;
147
148 % Se estivermos a fazer uma análise com os dados da CBOE,
149 % Até à data "d" o preço dos futuros deve de ser dividido por
    10
150 if base_dados ~= 3
151     dia_dividir = datenum("23-03-2007",'dd-mm-yyyy');
152     l = dia_dividir >= datenum(Today);
153     Futuros = [Futuros(l)/10; Futuros(~l)];
154 end
155
156 %% Previsao Do VIX
157

```

```

158 % criação da matriz que irá conter as previsões
159 Prevision = zeros(size(Futuros));
160
161 % Maturidades dos contratos
162 Maturidades = Results.Maturidades;
163
164 % diferença em dias entre hoje e a maturidade
165 tau = days252bus(datetime([y,m,d]) , Maturidades);
166
167 % Retirar as horas das datas do VIX
168 [y2,m2,d2] = ymd(datas);
169
170 % Para cada dia fazer uma previsão de "tau" dias
171 for i =1:length(Today)
172     % Procurar a localização onde as datas coincidem
173     local = find(y2 == y(i) & m2 == m(i) & d2 == d(i));
174     % Previsao do VIX
175     Previsions = forecast(EstMdl, tau(i), dados(1:local));
176     Prevision(i)= Previsions(end);
177 end
178 toc
179
180 %% Premio do Vix
181
182 Premio = (Futuros-Prevision)./tau;
183
184 %% Output
185
186 T = table(Today, Prevision , Futuros , Maturidades , Premio);
187
188 %% Escrita dos dados num ficheiro Excel
189 % Escrever a tabela com os resultados
190 writetable(T, strcat(local_excel , nome_base_dado , '_VIX.xlsx') ,
            'DateLocale' , 'de_DE' , 'Sheet' , sheet , 'Range' , 'A1')
191
192 % Guardar os dados do modelo ARMA
193 sumario = summarize(EstMdl);
194 guardar = [sumario.LogLikelihood , sumario.AIC, sumario.BIC];
195 writecell({'LogLikelihood' , 'AIC' , 'BIC'} , strcat(local_excel ,

```

```

    nome_base_dado , '_VIX.xlsx' ), 'Sheet' , sheet , 'Range' , 'G1' );
196 writematrix ( guardar , strcat ( local_excel , nome_base_dado , '_VIX.
    _xlsx' ), 'Sheet' , sheet , 'Range' , 'G2' )
197 writetable ( sumario . Table , strcat ( local_excel , nome_base_dado ,
    '_VIX.xlsx' ), 'WriteRowNames' , true , 'Sheet' , sheet , 'Range' , 'k1' )
198
199 %% Funções
200
201 function [ Results ] = Importar ( ano , local )
202 %Importa o ficheiro Excel, da pasta na localização "local"
203     nome = '$vix_intraday-15min-historical-data-04-24-2021';
204     excel = strcat ( local , string ( ano ) , "\ " , nome , '.csv' );
205     opts = detectImportOptions ( excel );
206     opts . VariableNames = { 'Time' , 'Open' , 'High' , 'Low' , 'Last' ,
        'Change' , 'Volume' };
207     Results = readtable ( excel , opts );
208 end

```

6.9. Séries Mensais do Prémio do VIX

```

1  clc
2  clear
3
4  %% Inputs
5
6  % Local do ficheiro "Barchart_VIX.xlsx" com as series temporais
    diarias do premio do VIX
7  local = '';
8
9  % Qual folha de excel?
10 % Cheng(2019) = 1 , Daigler et al. (2016) = 2, Johnson(2016) =
    3
11 sheet = 1;
12
13 % N° de meses do Roll Over/Interpolacao no futuro
14 roll = 1;
15
16 % Localização onde guardar o ficheiro excel
17 local_excel = '';

```

```

18
19 %% Importe dos ficheiros
20
21 estrategias = [strcat("Cheng Roll a ",string(roll),' meses'),
                'Daigler Dupoyet Patterson 2016', "Johnson a "+string(roll)
                +" meses"];
22 sheet = estrategias(sheet);
23
24 % Importe do ficheiro Excel com os dados criados com os futuros
25 opts1 = detectImportOptions(local,'Sheet',sheet,'Range','A:E');
26 Results = readtable(local,opts1);
27
28 %% Matrizes
29
30 % N° de meses a estudar
31 meses = months('04/01/2004','12/31/2020');
32
33 % Datas dos Futuros sem as horas e os minutos
34 [ano,mes,d] = ymd(Results.Today);
35 dates = datenum(datetime([ano,mes,d]));
36
37 % Matrizes que irao conter os resultados
38 Previsao = zeros(meses,1);
39 Premio = zeros(meses,1);
40 Futuros = zeros(meses,1);
41 Maturidades = NaT(meses,1);
42 Data = NaT(meses,1);
43
44 %% Premio do VIX Mensal
45
46 for i = 0:meses
47     ano = year(addtodate(datenum('04/01/2004'),i,'month'));
48     mes = month(addtodate(datenum('04/01/2004'),i,'month'));
49     ultimo_dia_util = lbusdate(ano,mes);
50     Posicao_dados_diaros = find(dates == ultimo_dia_util);
51     Data(i+1) = datestr(ultimo_dia_util);
52     Previsao(i+1) = Results.Prevision(Posicao_dados_diaros);
53     Futuros(i+1) = Results.Futuros(Posicao_dados_diaros);
54     Premio(i+1) = Results.Premio(Posicao_dados_diaros)*21;

```

```

55     Maturidades(i+1) = Results.Maturidades(
        Posicao_dados_diaros);
56 end
57
58 %% Output
59
60 T = table(Data,Previsao , Futuros , Maturidades ,Premio);
61
62 %% Criação de uma folha excel com os resultados
63
64 writetable(T, strcat(local_excel , 'Barchart_VIX_Mensal.xlsx'), '
        Sheet', sheet)

```

6.10. Regressões Multilineares entre a Variação do Prémio do VIX e a Variação do VIX

```

1  clc
2  clear
3
4  %% Inputs
5
6  % Localização dos ficheiros Excel
7
8  % Pasta dos ficheiros com os valores do premio do VIX
9  local1 = '';
10 % Ficheiro da Barchart com os dados do VIX diários
11 local2 = '';
12 % Pasta com os dados intra-diários do VIX
13 local3 = '';
14
15 % Pasta onde guardar o ficheiro excel com os resultados
16 local_excel = '';
17
18 % Qual a folha de excel?
19 % Cheng(2019) = 1 , Daigler et al. (2016) = 2, Johnson(2016) =
    3
20 estrategia = 1;
21
22 % N° de meses do Roll Over/Interpolacao no futuro

```

```

23 roll = 1;
24
25 % Hora e minuto a estudar o VIX:
26 hora = 16;
27 minuto = 0;
28
29 % Mensal ou diário?
30 % Diário = 1, Mensal = 2
31 k =2;
32
33 % Observações até:
34 % Novembro de 2015 = 1,
35 % Dezembro de 2020 = 0
36 N = 1;
37
38 %% Importe dos ficheiros
39
40 % Base de dados a estudar
41 bases = ['Barchart_VIX', "Barchart_VIX_Mensal"];
42 base = bases(k);
43 local1 = local1 + base+".xlsx"; % local do ficheiro com os
      dados do futuro
44
45 % Estrategia
46 estrategias = [strcat("Cheng Roll a ",string(roll),' meses'),
      'Daigler Dupoyet Patterson 2016', "Johnson a "+string(roll)
      +" meses"];
47 sheet = estrategias(estrategia);
48
49 % Importe do ficheiro Excel com os dados criados para o premio
      do VIX
50 opts1 = detectImportOptions(local1,'Sheet',sheet);
51 opts1.VariableNames = {'Today','Prevision','Futuros','
      Maturidades','Premio'};
52 Results = readtable(local1,opts1);
53
54 % Importe do ficheiro Excel com os dados do VIX diários
55 opts2 = detectImportOptions(local2);
56 opts2.VariableNames = {'Date','VIXOpen','VIXHigh','VIXLow','

```

```

    VIXClose' };
57 Results2 = readtable(local2 , opts2);
58
59 % Importe dos ficheiros Excel com os dados do VIX intra-diários
60 % guardando-os todos numa única tabela
61 for i = 2009:2021
62     tabela = Importar(i , local3);
63     tabela2 = tabela(:,1:5);
64     tabela2.Properties.VariableNames = {'Date', 'VIXOpen', '
        VIXHigh', 'VIXLow', 'VIXClose'};
65
66     if i == 2009
67         Tabela = tabela2;
68     else
69         Tabela = vertcat(tabela2 , Tabela); % juntar aos
            restantes dados do VIX
70     end
71 end
72
73 %% Tratamento dos dados
74
75 % Datas Futuros
76 Datas_Futuros = Results.Today;
77 % Anos, meses, dias dos dados dos futuros
78 [anos , meses , dias] = ymd(Datas_Futuros);
79 % [h,mm,~] = hms(Datas_Futuros);
80 % Correção da diferença de horas entre o VIX (hora de Nova
    Iorque)
81 % e os futuros (Chicago)
82 % h =h+1;
83
84 % Datas dos dados do VIX diario
85 Datas_VIX_diario = datenum(Results2.Date);
86
87 % N° de observacoes
88 if N == 0
89     N = length(Datas_Futuros);
90 else
91     N = find( anos == 2015 & meses == 11 & dias == 30);

```



```

92 end
93
94 % Variaveis que vão conter a série diaria do VIX
95 Datas_VIX = NaT(N,1);
96 Valor_VIX = zeros(N,1);
97
98 % Anos, meses, dias, horas e minutos das datas com o VIX (intra
    -diárias)
99 [years, months, days] = ymd(Tabela.Date);
100 [horas, minutes, ~] = hms(Tabela.Date);
101
102 % Para cada dia dos futuros, procurar os dados da hora "h"
103 for i =1:N
104     l0 = years == anos(i) & months == meses(i) & days == dias(i)
        );
105
106     l1 = find(l0 & horas == hora & minutes == minuto);
107 %     l1 = find(l0 & horas == h(i) & minutes == mm(i));
108
109     if ~isempty(l1)
110         Datas_VIX(i) = Tabela.Date(l1);
111         Valor_VIX(i) = Tabela.VIXClose(l1);
112     else
113         l1 = find(l0 & horas == hora & minutes <= minuto);
114 %     l1 = find(l0 & horas == h(i) & minutes <= mm(i));
115
116         if ~isempty(l1)
117             Pos = l1(1);
118             Datas_VIX(i) = Tabela.Date(Pos);
119             Valor_VIX(i) = Tabela.VIXClose(Pos);
120         else
121             l1 = find(l0 & horas <= hora);
122 %     l1 = find(l0 & horas <= h(i));
123
124             if ~isempty(l1)
125                 Pos = l1(1);
126                 Datas_VIX(i) = Tabela.Date(Pos);
127                 Valor_VIX(i) = Tabela.VIXClose(Pos);
128             else

```

```

129         Pos = find(Datas_VIX_diario== datenum(datetime
                ([ anos(i), meses(i), dias(i) ])));
130         Datas_VIX(i) = Results2.Date(Pos);
131         Valor_VIX(i) = Results2.VIXClose(Pos);
132     end
133 end
134 end
135 end
136
137 % Juntar os dados diários com os intradiários acabados de
    encontrar
138 Datas_VIX = Datas_VIX';
139
140 %% Regressao linear
141
142 % Premio VIX
143 Premio = Results.Premio(1:N);
144 Diff_Premio = diff(Premio);
145
146 % VIX
147 Diff_VIX = diff(Valor_VIX);
148
149 % Variaveis independentes
150 x = [ Diff_VIX(4:end), Diff_VIX(3:end-1), Diff_VIX(2:end-2),
        Diff_VIX(1:end-3), Diff_Premio(3:end-1), Diff_Premio(2:end
        -2), Diff_Premio(1:end-3)];
151
152 % Variavel dependente
153 y = Diff_Premio(4:end);
154
155 % Modelo de regressao linear
156 model = fitlm(x,y)
157 % Residuos
158 r = model.Residuals.Raw;
159
160 %% Testes Residuos
161
162 disp(" ")
163

```

```

164 % Media dos residuos
165 disp("media: "+string(mean(r)))
166
167 % Teste heterocedasticidade
168 teste1 = archtest(r); % Engle test for residual
      heteroscedasticity
169
170 % null hypothesis that a series of
171 % residuals r(t) exhibits no conditional heteroscedasticity (
      ARCH
172 % effects), against the alternative that an ARCH(L) model
173
174 % equal to 1 indicate rejection of the
175 % null of no ARCH effects in favor of the alternative.
      Values of h
176 % equal to 0 indicate a failure to reject the null.
177
178 disp("heterocedasticidade: " + string(teste1))
179
180 % Teste autocorrelacao
181 % Ljung-Box Q-test for residual autocorrelation
182 h = lbqtest(r);
183 % Values of h equal to 1 indicate rejection of the
184 % null of no autocorrelation in favor of the alternative.
      Values of h
185 % equal to 0 indicate a failure to reject the null.
186 disp("ha autocorrelacao: "+string(h))
187
188 % Teste correlacao entre variaveis e residuo
189 matriz = [r,x];
190 [Tabela,p] = corrcoef(matriz);
191 t2 = cov(matriz);
192
193 %Durbin-Watson test for autocorrelation in linear regression.
194 p1 = dwtest(r,x); % maior que 0.05 indica que os erros não são
      correlacionados
195 disp(" p-value associado a autocorrelacao: "+ string(p1))
196
197 % Teste normalidade

```

```

198 % Jarque–Bera hypothesis test of composite normality.
199 % Null Hypothesis: X is normally distributed with
      unspecified
200 % mean and standard deviation.
201 teste3 = jbtest(r);
202 disp("normalidade: " + string(~teste3)) % 1 significa não
      normalidade
203
204 %% Newey–West
205
206 [EstCov , se , coeff] = hac(x,y, 'display', 'full');
207
208 %% Funções
209
210 function [Results] = Importar(ano, local)
211 %Importa o ficheiro Excel, da pasta na localização "local"
212     nome = '$vix_intraday-15min-historical-data-04-24-2021';
213     excel = strcat(local, string(ano), "\", nome, '.csv');
214     opts = detectImportOptions(excel);
215     opts.VariableNames = {'Time', 'Open', 'High', 'Low', 'Last', '
      Change', 'Volume'};
216     Results = readtable(excel, opts);
217 end

```

6.11. Posições dos Traders

```

1  clc
2  clear
3
4  %% Inputs
5
6  %Pasta com os ficheiros Excel que contém os relatórios
      semanais
7  local = "";
8
9  %% Importe dos dados
10
11 % Importe do ficheiro com os dados de 200 a 2016
12 Tabela1 = Importar2();

```

```

13 % Filtrar os dados para apenas ter os dados referentes aos
    futuros do VIX
14 Tabela = Filtragem(Tabela1);
15
16 % Guardar a diferenca entre as posicoes longas e as curtas para
    os
17 % diferentes grupos de Traders
18 Data = Tabela.Report_Date_as_MM_DD_YYYY;
19 Dealer = Tabela.Dealer_Positions_Long_All - Tabela.
    Dealer_Positions_Short_All;
20 Asset = Tabela.Asset_Mgr_Positions_Long_All - Tabela.
    Asset_Mgr_Positions_Short_All;
21 Other = Tabela.Other_Rept_Positions_Long_All - Tabela.
    Other_Rept_Positions_Short_All;
22 Lev = Tabela.Lev_Money_Positions_Long_All - Tabela.
    Lev_Money_Positions_Short_All;
23 OtherNR = Tabela.NonRept_Positions_Long_All - Tabela.
    NonRept_Positions_Short_All;
24
25
26 for i = 2017:2020
27     % Importe do ficheiro Excel para cada ano
28     Results2 = Importar(local,i);
29     % Filtrar o ficheiro Excel para apenas ter os dados dos
        futuros sobre o
30     % VIX
31     Results = Filtragem(Results2);
32
33     % Guardar a diferenca entre as posicoes longas e as curtas
        para os
34     % diferentes grupos de Traders
35     Dates = Results.Report_Date_as_MM_DD_YYYY;
36     Dealer2 = Results.Dealer_Positions_Long_All - Results.
        Dealer_Positions_Short_All;
37     Asset2 = Results.Asset_Mgr_Positions_Long_All - Results.
        Asset_Mgr_Positions_Short_All;
38     Other2 = Results.Other_Rept_Positions_Long_All - Results.
        Other_Rept_Positions_Short_All;
39     Lev2 = Results.Lev_Money_Positions_Long_All - Results.

```

```

    Lev_Money_Positions_Short_All;
40    OtherNR2 = Results . NonRept_Positions_Long_All - Results .
        NonRept_Positions_Short_All;
41
42    % Acrescentar aos dados dos ficheiros anteriores
43    Data = [ Dates ; Data ];
44    Dealer = [ Dealer2 ; Dealer ];
45    Asset = [ Asset2 ; Asset ];
46    Other = [ Other2 ; Other ];
47    OtherNR = [ OtherNR2 ; OtherNR ];
48    Lev = [ Lev2 ; Lev ];
49    end
50
51    % Cada contrato tem um valor nominal de 1 000$
52    % Assim, sÃ£o divididos os valores obtidos sÃ£o divididos por 1
        000$ para obter
53    % a quantidade de contratos
54    Dealer = Dealer ./1000;
55    Asset = Asset ./1000;
56    Other = Other ./1000;
57    OtherNR = OtherNR ./1000;
58    Lev = Lev ./1000;
59
60    %% Tabela com os resultados
61
62    T = table( Data , Dealer , Asset , Lev , Other , OtherNR );
63
64    %% Guardar os dados num ficheiro Excel
65
66    writetable( T, " Posicoes .xlsx ")
67
68    %% Funcoes
69
70    function [ Results2 ] = Filtragem( Results )
71    %Importa o ficheiro Excel , da pasta na localizaÃ§Ã£o "local"
72    l = Results . Market_and_Exchange_Names == "VIX FUTURES - CBOE
        FUTURES EXCHANGE";
73    Results2 = Results( l , : );
74    end

```

```

75
76 function [Results] = Importar(local,ano)
77 %Importa o ficheiro Excel, da pasta na localizaÃ§Ã£o "local"
78     local = local + "\" + "fut_fin_xls_" + string(ano)+"\";
79     excel = local+'FinFutYY.xls';
80     opts = detectImportOptions(excel);
81     opts.VariableTypes{1} = 'string';
82 %     opts.VariableNames = {'Time','Open','High','Low','Last
      ','Change','x_Chg','Volume','OpenInt'};
83     Results = readtable(excel,opts);
84 end
85
86 function [Results] = Importar2()
87 %Importa o ficheiro Excel, da pasta na localizaÃ§Ã£o "local"
88     local = "C:\Users\Pedro\Desktop\Pedro\Universidade\Mestrado
      MatemÃ¡tica Financeira\Tese\Capitulo 3\Posicoes\Nova
      pasta\fin_fut_xls_2006_2016\";
89     excel = local+'F_TFF_2006_2016.xls';
90     opts = detectImportOptions(excel);
91     opts.VariableTypes{1} = 'string';
92 %     opts.VariableNames = {'Time','Open','High','Low','Last
      ','Change','x_Chg','Volume','OpenInt'};
93     Results = readtable(excel,opts);
94 end

```

6.12. Regressões Multilineares entre a Variação do Prémio do VIX e a Variação das Posições dos Traders

```

1  clc
2  clear
3
4  %% Inputs
5
6  % LocalizaÃ§Ã£o do ficheiro Excel com o valor das posicoes
      Posicoes.xlsx
7  local1 = "";
8  % Pasta onde se encontra o ficheiro com os valores do premio do

```

```

    VIX diarios
9 local2 = '';
10
11 % Qual a folha de excel?
12 % Cheng(2019) = 1 , Daigler et al. (2016) = 2, Johnson(2016) =
    3
13 estrategia = 2;
14
15 % NÂ° de meses do Roll Over/Interpolacao no futuro
16 roll = 1;
17
18 % ObservaÃ§Ãoes atÃ©:
19 % Novembro de 2015 = true ,
20 % Dezembro de 2020 = false
21 k = false;
22
23 % Para escolher o grupo de Trader a considerar , alterar a linha
    59
24
25 %% Importe dos ficheiros
26
27 % Importe do ficheiro com valor das posicoes
28 opts = detectImportOptions(local1);
29 Results = readtable(local1 ,opts);
30
31 % Estrategia a estudar
32 estrategias = [strcat("Cheng Roll a ",string(roll),' meses'),
    'Daigler Dupoyet Patterson 2016', "Johnson a "+string(roll)
    +" meses"];
33 sheet = estrategias(estrategia);
34
35 % Importe do ficheiro Excel com os dados criados com o premio
    do VIX
36 opts1 = detectImportOptions(local2 ,'Sheet',sheet ,'Range','A:E')
    ;
37 Results2 = readtable(local2 ,opts1);
38
39 %% Tratamento dos dados
40

```



```

41 % Datas das Posicoes
42 Datas_POS = datenum(Results.Data);
43
44 % Datas dos futuros sem as horas e minutos
45 [y,m,d] = ymd(Results2.Today);
46 datas_PremioVIX = datenum(datetime([y,m,d]));
47
48 % Estudar os Dados a partir da data
49 l1 = find(Datas_POS == datenum(datetime([2010 01 05])));
50 % Estudar os Dados anteriores À data
51 if k
52     l2 = find(Datas_POS == datenum(datetime([2015 11 24])));
53 else
54     l2 = 1;
55 end
56
57 % Datas e posicoes dos Traders para as data entre l1 e l2
58 Datas_POS = Datas_POS(l1:-1:l2);
59 Pos = Results.Dealer(l1:-1:l2);
60
61 %% ConstruÃ§Ã£o da sÃ©rie temporal semanal do prÃ©mio do VIX
62
63 % Matriz que irÃ¡ conter os valores do premio do VIX para as
64   datas dos
65 % relatorios
66 Premio_VIX = zeros(size(Datas_POS));
67
68 % Serie semanal do premio do VIX
69 for i = 1:length(Datas_POS)
70     % Procura da data para retirar o premio do VIX
71     local = datas_PremioVIX == Datas_POS(i);
72
73     % Guardar o valor do premio do VIX multiplicado por 5
74     if sum(local) ~=0
75         Premio_VIX(i) = Results2.Premio(local)*5;
76     else
77         Premio_VIX(i) = 0;
78     end
79 end

```

```

79
80 % Retirar os valores nÃ£o encontrados
81 l = Premio_VIX ~=0;
82 Premio_VIX = Premio_VIX(l);
83 Pos = Pos(1);
84 Datas_POS = Datas_POS(1);
85
86 %% Regressao linear
87
88 % Variacao das posicoes e do premio do VIX
89 diff_POS = diff(Pos);
90 diff_Premio = diff(Premio_VIX);
91
92 % Variaveis independentes
93 x = [ diff_Premio(4:end), diff_Premio(3:end-1), diff_Premio(2:
      end-2), diff_Premio(1:end-3),      diff_POS(3:end-1), diff_POS
      (2:end-2), diff_POS(1:end-3)];
94 % Variavel dependente
95 y = diff_POS(4:end);
96
97 % Modelo de regressao linear
98 model = fitlm(x,y)
99 % Residuos
100 r = model.Residuals.Raw;
101
102 %% Testes Residuos
103
104 disp(" ")
105
106 % Media dos residuos
107 disp("media: "+string(mean(r)))
108
109 % Teste heterocedasticidade
110 testel = archtest(r); % Engle test for residual
      heteroscedasticity
111
112 % null hypothesis that a series of
113 % residuals r(t) exhibits no conditional heteroscedasticity (
      ARCH

```

```

114 % effects), against the alternative that an ARCH(L) model
115
116 % equal to 1 indicate rejection of the
117 % null of no ARCH effects in favor of the alternative.
    Values of h
118 % equal to 0 indicate a failure to reject the null.
119
120 disp("heterocedasticidade: " + string(teste1))
121
122 % Teste autocorrelacao
123 % Ljung-Box Q-test for residual autocorrelation
124 h = lbqtest(r);
125 % Values of h equal to 1 indicate rejection of the
126 % null of no autocorrelation in favor of the alternative.
    Values of h
127 % equal to 0 indicate a failure to reject the null.
128 disp("ha autocorrelacao: "+string(h))
129
130 % Teste correlacao entre variaveis e residuo
131 matriz = [r,x];
132 [t1,p] = corrcoef(matriz);
133 t2 = cov(matriz);
134
135 %Durbin-Watson test for autocorrelation in linear regression.
136 p1 = dwtest(r,x); % maior que 0.05 indica que os erros não são
    correlacionados
137 disp(" p-value associado a autocorrelacao: "+ string(p1))
138
139 % Teste normalidade
140 % Jarque-Bera hypothesis test of composite normality.
141 % Null Hypothesis: X is normally distributed with
    unspecified
142 % mean and standard deviation.
143 teste3 = jbstest(r);
144 disp("normalidade: " + string(~teste3)) % 1 significa não
    normalidade
145
146 %% Newey-West
147

```

```
148 model.Coefficients.pValue
149
150 [EstCov,se,coeff] = hac(x,y,'display','full');
```

A. Apêndice

No apêndice apresentar-se-á outros resultados obtidos durante a realização da dissertação.

A.1. Gralhas nas Datas de Vencimento

Nesta secção serão nomeadas as gralhas encontradas nos dados provenientes da CBOE e utilizados para a implementação das estratégias de análise dos futuros sobre o VIX.

Em seguida são descritos os períodos e os desfasamentos entre as datas de vencimento encontradas nos dados da CBOE e as verdadeiras datas de vencimento, erros detectados ao ser aplicada a estratégia a 2 meses de Cheng (2019a):

1. De 29-12-2006 a 30-01-2007, a data vencimento dada corresponde a 7 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;
2. De 30-03-2007 a 19-04-2007, a data vencimento dada corresponde a 1 dia de calendário posterior à verdadeira data de vencimento;
3. De 28-09-2007 a 03-10-2007, a data vencimento dada corresponde a 1 dia de calendário anterior à verdadeira data de vencimento;

Em seguida são descritos os períodos e os desfasamentos entre as datas de vencimento encontradas nos dados da CBOE e as verdadeiras datas de vencimento, erros detectados ao ser aplicada a estratégia 3 meses de Cheng (2019a):

1. De 30-11-2006 a 28-12-2006, a data vencimento dada corresponde a 7 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;
2. De 28-02-2007 a 29-03-2007, a data vencimento dada corresponde a 1 dia de calendário posterior à verdadeira data de vencimento;
3. De 31-08-2007 a 27-09-2007, a data vencimento dada corresponde a 1 dia de calendário anterior à verdadeira data de vencimento;

Em seguida são descritos os períodos e os desfasamentos entre as datas de vencimento encontradas nos dados da CBOE e as verdadeiras datas de vencimento, erros detectados ao ser aplicada a estratégia a 4 meses de Cheng (2019a):

1. De 01-02-2007 a 27-02-2007, a data vencimento dada corresponde a 1 dia de calendário posterior à verdadeira data de vencimento;
2. De 31-07-2007 a 30-08-2007, a data vencimento dada corresponde a 1 dia de calendário anterior à verdadeira data de vencimento;

Em seguida são descritos os períodos e os desfasamentos entre as datas de vencimento encontradas nos dados da CBOE e as verdadeiras datas de vencimento, erros detectados ao ser aplicada a estratégia a 5 meses de Cheng (2019a):

1. De 11-01-2007 a 25-01-2007, a data vencimento dada corresponde a 1 dia de calendário posterior à verdadeira data de vencimento;
2. De 29-06-2007 a 30-07-2007, a data vencimento dada corresponde a 1 dia de calendário anterior à verdadeira data de vencimento;

Em seguida são descritos os períodos e os desfasamentos entre as datas de vencimento encontradas nos dados da CBOE e as verdadeiras datas de vencimento, erros detectados ao ser aplicada a estratégia de Daigler et al. (2016):

1. De 01-04-2004 a 11-11-2005, a data vencimento dada corresponde a 2 dias de calendário posteriores à verdadeira data de vencimento;
2. De 14-10-2005 a 09-12-2005, a data vencimento dada corresponde a 5 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;
3. De 12-12-2005 a 13-01-2006, a data vencimento dada corresponde a 2 dias de calendário posteriores à verdadeira data de vencimento;
4. De 13-02-2006 a 02-03-2006, a data vencimento dada corresponde a 5 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;
5. De 15-05-2006 a 24-05-2006, a data vencimento dada corresponde a 5 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;
6. De 14-08-2006 a 08-09-2006, a data vencimento dada corresponde a 5 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;
7. De 11-09-2006 a 15-09-2006, a data vencimento dada corresponde a 2 dias de calendário posteriores à verdadeira data de vencimento;
8. De 12-02-2007 a 02-03-2007, a data vencimento dada corresponde a 7 dias de calendário anteriores à verdadeira data de vencimento;

A.2. Modelos ARMA

Nesta secção são apresentados outros resultados obtidos relativamente aos modelos ARMA.

A equação (A.1) representa a equação geral de um modelo ARMA(p,q) sobre o VIX:

$$VIX_t = \mu + \sum_{i=1}^p \varphi_i \times VIX_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \times \epsilon_{t-i} + \epsilon_t \quad (\text{A.1})$$

Na Tabela A.1 constam os resultados da modelação de vários modelos ARMA sobre o VIX, utilizando para tal os dados pré-2004 provenientes da CBOE. Na Tabela A.1 pode-se verificar que o modelo ARMA(2,2) é o modelo ARMA que apresenta os critérios de informação Akaike (AIC), Bayesian (BIC) e o critério de verossimilhança (Log-likelihood) com valor inferior. Assim, conforme afirmado por Cheng (2019a), o modelo ARMA(2,2) deverá ser o modelo a considerar para modelar a série temporal do VIX. Pode-se também reparar que os resultados obtidos assemelham-se aos resultados apresentados por Cheng (2019b, página 14).

Tabela A.1.: Modelos ARMA para as cotações de fecho do VIX e utilizando os dados da CBOE anteriores a 2004

	$ARMA(p, q)$											
	(1, 0)	(1, 1)	(1, 2)	(1, 3)	(2, 0)	(2, 1)	(2, 2)	(2, 3)	(3, 0)	(3, 1)	(3, 2)	(3, 3)
μ	0.3898	0.3622	0.2823	0.2373	0.3786	0.0327	0.0544	0.0444	0.3460	0.0517	0.0579	0.0814
φ_1	0.9807	0.9821	0.9860	0.9883	0.9524	1.7740	1.6630	1.7137	0.9498	1.7349	1.5255	1.1147
φ_2	0	0	0	0	0.0289	-0.7756	-0.6657	-0.7159	-0.0529	-0.7914	-0.4173	0.2605
φ_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0859	0.0540	-0.1110	-0.3792
θ_1	0	-0.0360	-0.0486	-0.0500	0	-0.8659	-0.7248	-0.7762	0	-0.7978	-0.5877	-0.1767
θ_2	0	0	-0.0994	-0.1024	0	0	-0.0621	-0.0636	0	0	-0.1842	-0.4769
θ_3	0	0	0	-0.0673	0	0	0	0.0170	0	0	0	-0.0266
<i>LOG</i>	-5823.8	-5822.0	-5806.7	-5799.8	-5822.3	-5797.0	-5793.3	-5793.1	-5809.2	-5793.4	-5793.3	-5793.4
<i>AIC</i>	11654	11652	11623	11612	11653	11604	11599	11600	11628	1.1599	11601	11603
<i>BIC</i>	11672	11677	11654	11649	11677	11635	11636	11643	11659	1.1636	11644	11652

A Tabela A.2 contém os dados estatísticos relativos ao modelo ARMA(2,2) estimado utilizando os dados da CBOE anteriores a 2004.

Tabela A.2.: Modelo ARMA(2,2) com os dados da CBOE anteriores a 2004

	<i>Value</i>	<i>StandarError</i>	<i>tStatistic</i>	<i>P-Value</i>
μ	0,053950566	0,022065762	2,444989986	0,014485616
φ_1	1,66475673	0,047696591	34,90305502	6,682E - 267
φ_2	-0,667435891	0,047014716	-14,19631854	9,65531E - 46
θ_1	-0,726903928	0,0479843	-15,14878679	7,71782E - 52
θ_2	-0,061339998	0,014100359	-4,350243611	1,35986E - 05
<i>Variância</i>	1,561179533	0,01952571	79,95507248	

Para todas as variáveis podemos verificar que os p -values encontram-se com valores inferiores a 0.05. Assim, com um nível de confiança de 95% pode-se, em todos os casos, rejeitar a hipótese nula e considerar os valores encontrados como estatisticamente relevantes. Podemos, portanto, considerar o modelo ARMA(2,2) para a previsão do VIX, modelo esse utilizado na secção 3.2 através da equação (3.1).

A Tabela A.3 contém os dados estatísticos relativos ao modelo ARMA(2,2) estimado utilizando os dados da Barchart anteriores a 2004.

Tabela A.3.: Modelo ARMA(2,2) com os dados da Barchart anteriores a 2004

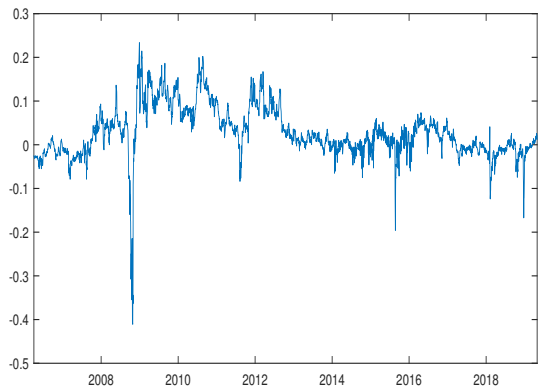
	<i>Value</i>	<i>StandarError</i>	<i>tStatistic</i>	<i>P-Value</i>
μ	0,055160347	0,022245729	2,479592646	0,013153255
φ_1	1,656430445	0,047392088	34,95162396	1,2234E - 267
φ_2	-0,659172878	0,046712324	-14,11132688	3,23435E - 45
θ_1	-0,715780886	0,047594608	-15,03911729	4,0694E - 51
θ_2	-0,067350351	0,013987998	-4,814866992	1,47298E - 06
<i>Variância</i>	1,560115812	0,019494261	80,0294911	

Em todas as variáveis calculadas podemos verificar que os p -values se encontram com valores inferiores a 0,05. Assim, com um nível de confiança de 95% podemos, em todos os casos rejeitar, a hipótese nula e considerar os valores encontrados como estatisticamente relevantes. Podemos, portanto, considerar o modelo ARMA(2,2) para a previsão do VIX, modelo esse utilizado na secção 3.7 através da equação (3.2).

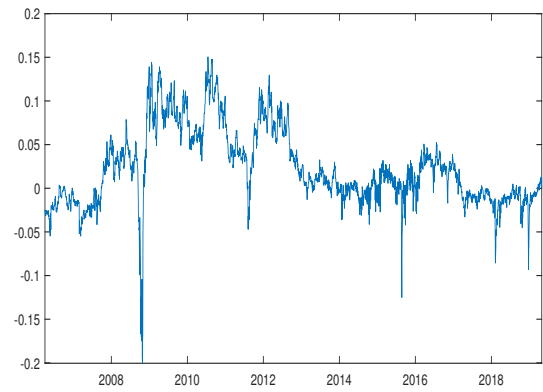
A.3. Gráficos

Nesta secção são apresentados resultados gráficos extras obtidos durante a realização da dissertação.

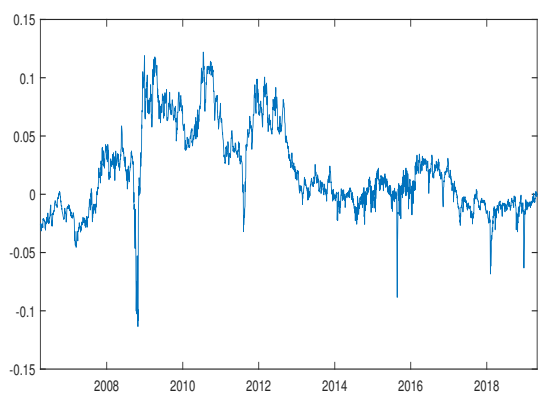
As Figuras A.1 e A.3 ilustram os prémios do VIX obtidos mediante a aplicação da metodologia proposta por Cheng (2019a) com roll-overs de maturidades superiores a 1 mês e utilizando dados da CBOE.



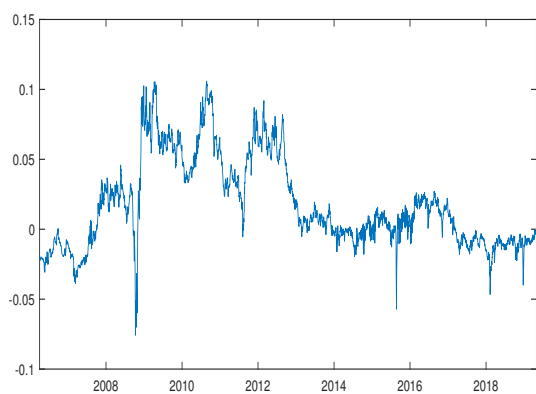
(a) Roll over a 2 meses



(b) Roll over a 3 meses



(c) Roll over a 4 meses



(d) Roll over a 5 meses

Figura A.1.: Prêmio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a diferentes meses proposta por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE

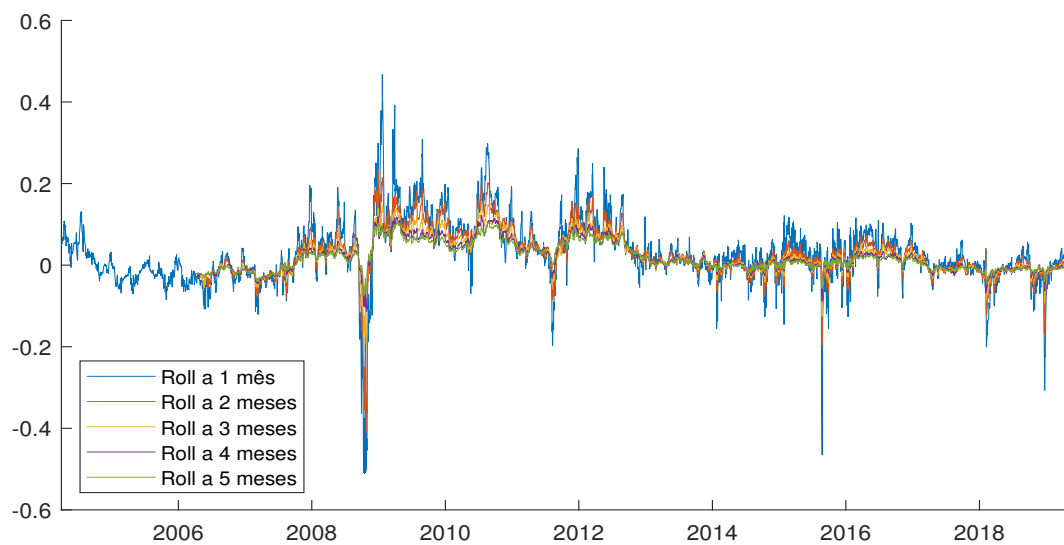


Figura A.2.: Comparação entre os prêmios do VIX calculados com base nas estratégias de roll over a diferentes meses propostos por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE

As Figuras A.3 e A.4 apresentam os prêmios do VIX obtidos mediante a aplicação da metodologia proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE.

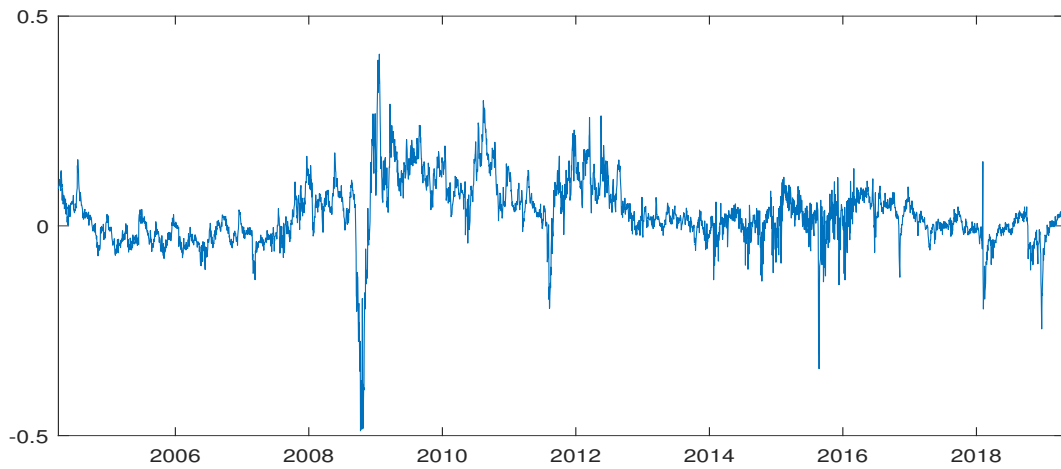


Figura A.3.: Prêmio do VIX calculado com base na estratégia de interpolação proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE

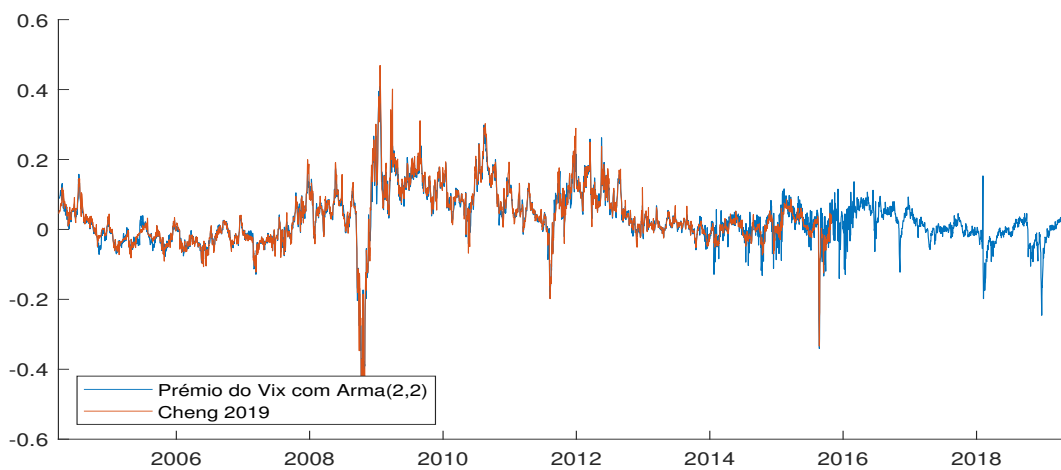


Figura A.4.: Comparação entre o prêmio do VIX calculado com base nas estratégia proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE

As Figuras A.6 e A.5 ilustram os prêmios do VIX obtidos mediante a aplicação da metodologia proposta por Johnson (2017) com maturidades superiores a 1 mês e utilizando dados da CBOE.

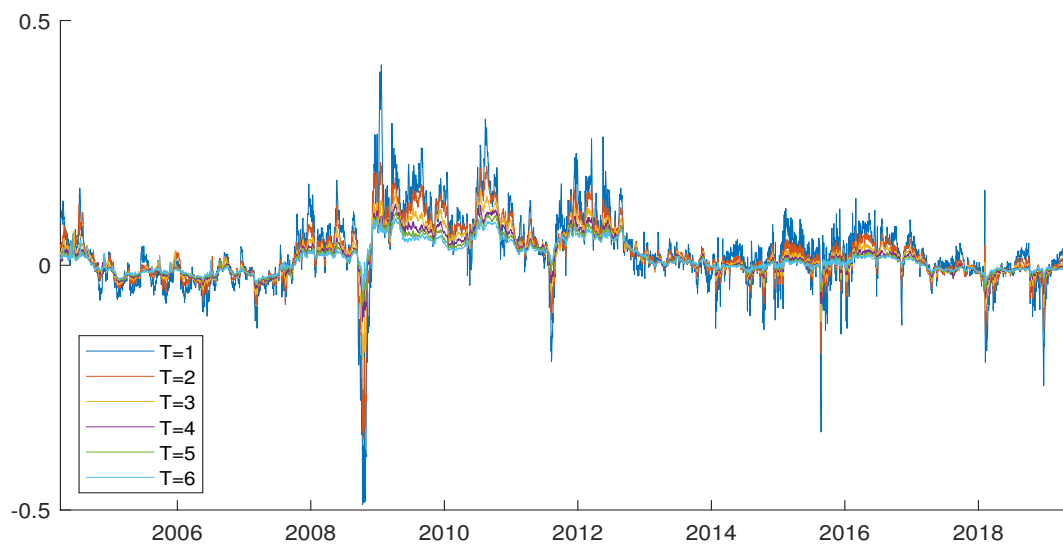
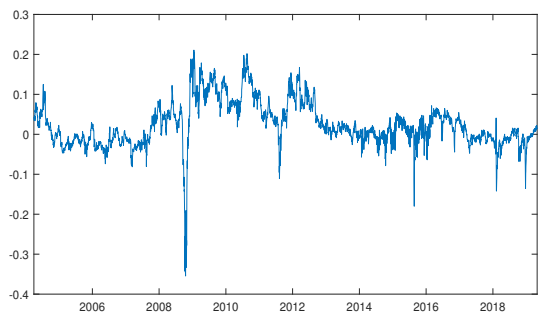
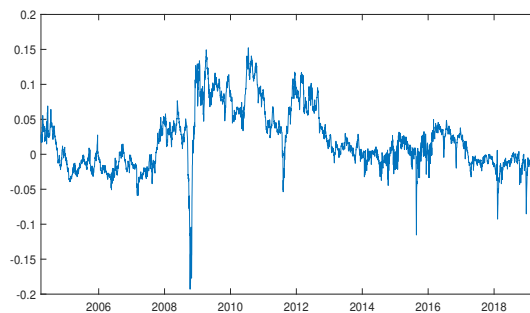


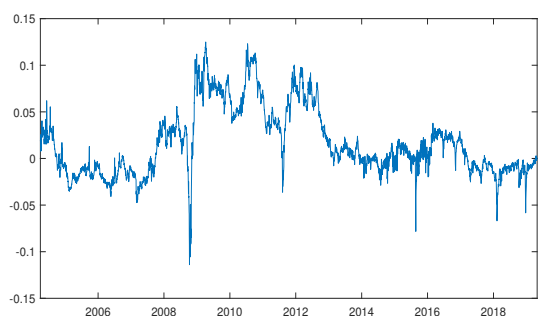
Figura A.5.: Comparação entre os prêmios do VIX calculados com base nas estratégias de interpolação a diferentes meses propostos por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE



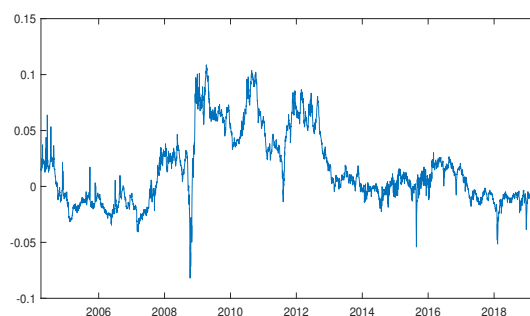
(a) Vencimento em 2 meses



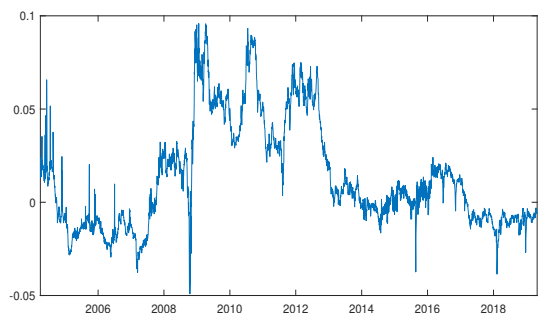
(b) Vencimento em 3 meses



(c) Vencimento em 4 meses



(d) Vencimento em 5 meses



(e) Vencimento em 6 meses

Figura A.6.: Prémio do VIX calculado com base na estratégia de interpolação a diferentes meses proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE

As Figuras A.7 e A.8 apresentam os prêmios do VIX obtidos mediante a aplicação da metodologia proposta por Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da CBOE.

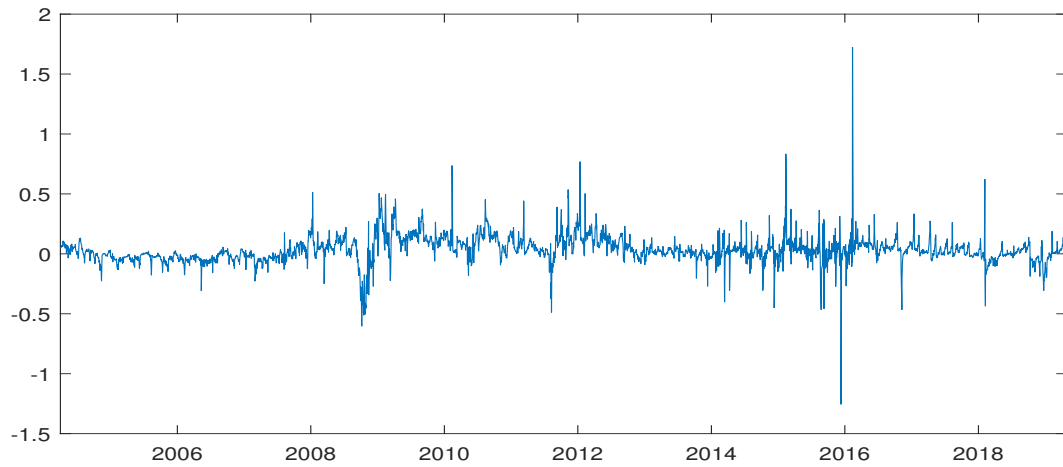


Figura A.7.: Prêmio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a 1 mês proposta por Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da CBOE

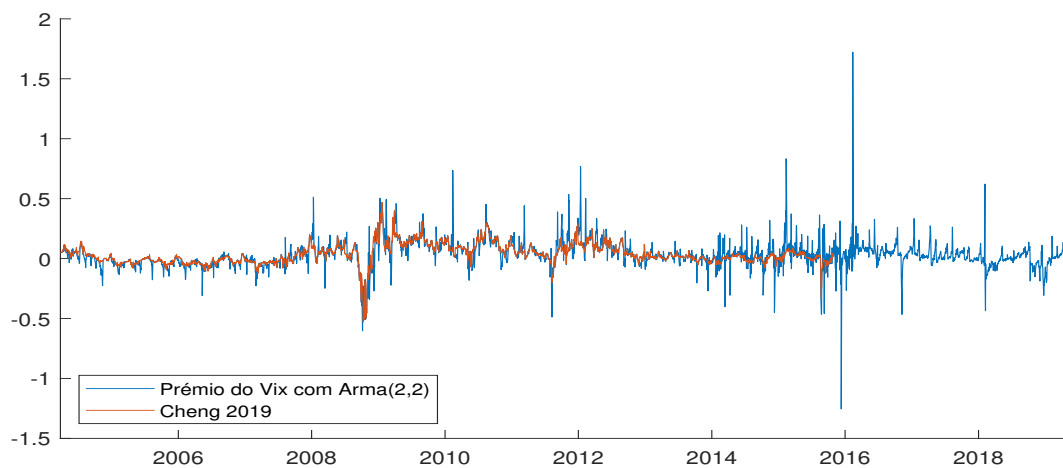
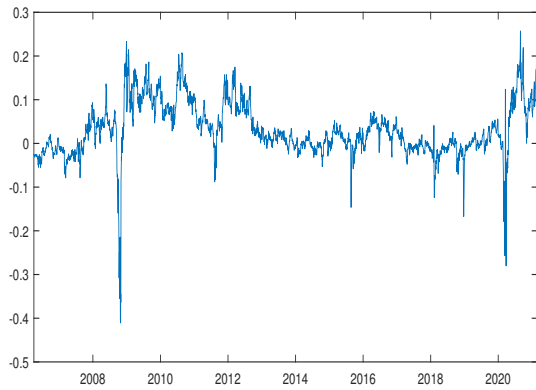
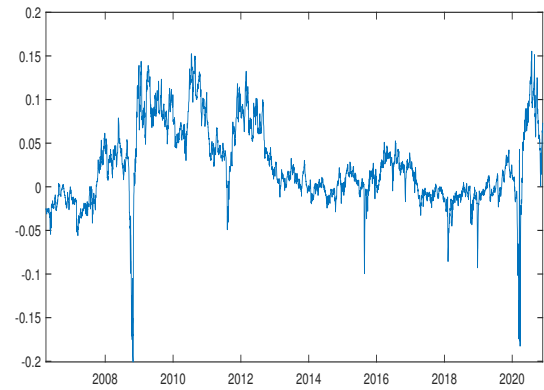


Figura A.8.: Comparação entre o prêmio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prêmio do VIX estimado com base na estratégia de Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da CBOE

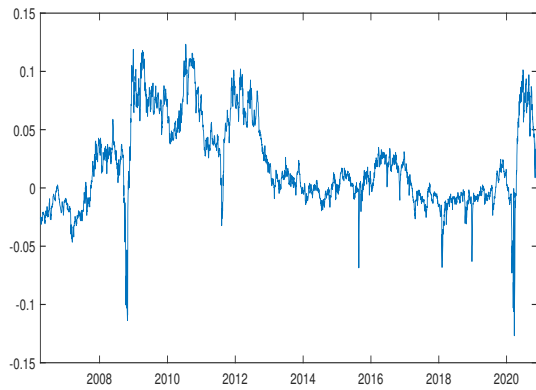
As Figuras A.9 e A.10 ilustram os prêmios do VIX obtidos mediante a aplicação da metodologia proposta por Cheng (2019a) com roll-overs de maturidades superiores a 1 mês e utilizando dados da CBOE até 2009 e os dados da Barchart a partir de 2010.



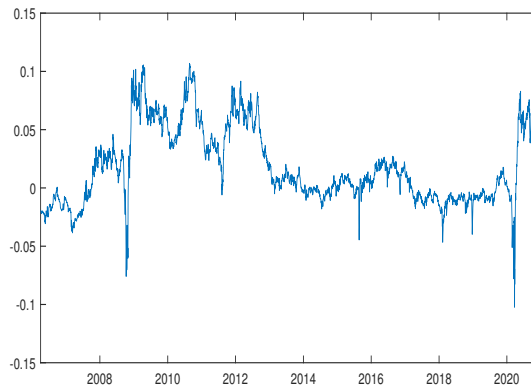
(a) Roll over a 2 meses



(b) Roll over a 3 meses



(c) Roll over a 4 meses



(d) Roll over a 5 meses

Figura A.9.: Prêmio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a diferentes meses proposta por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e dos dados da Barchart de 2010 até 2021

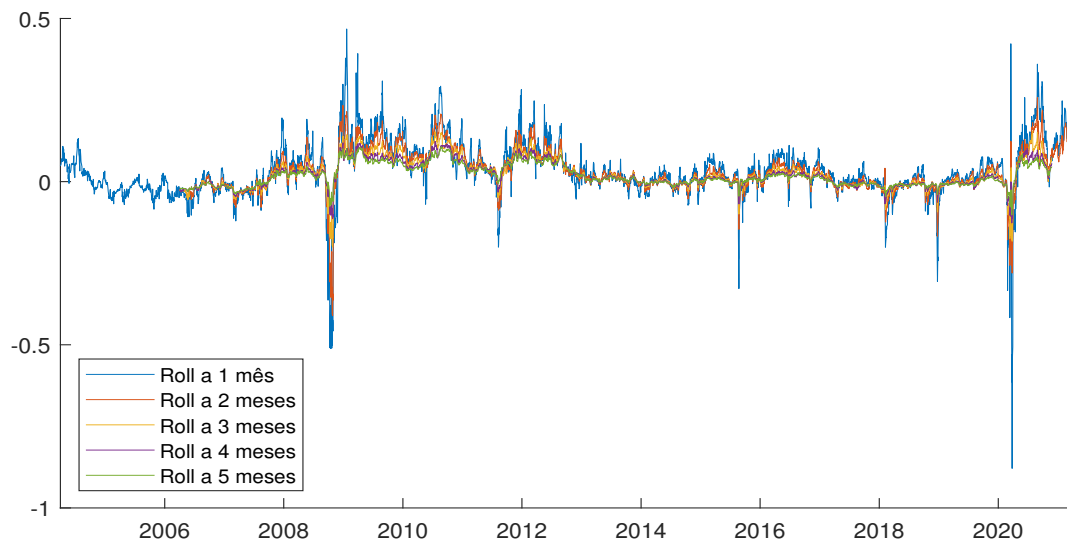


Figura A.10.: Comparação entre os prêmios do VIX calculados com base nas estratégias de roll over a diferentes meses propostos por Cheng (2019a) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e os dados da Barchart de 2010 até 2021

As Figuras A.11 e A.12 apresentam os prêmios do VIX obtidos mediante a aplicação da metodologia proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE até 2009 e os dados da Barchart a partir de 2010.

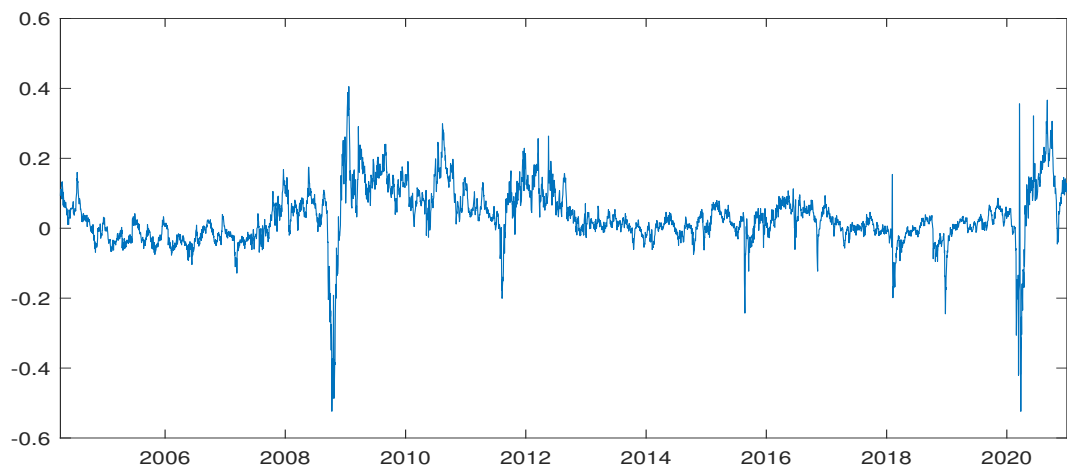


Figura A.11.: Prêmio do VIX calculado com base na estratégia de interpolação proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e os dados da Barchart de 2010 até 2021

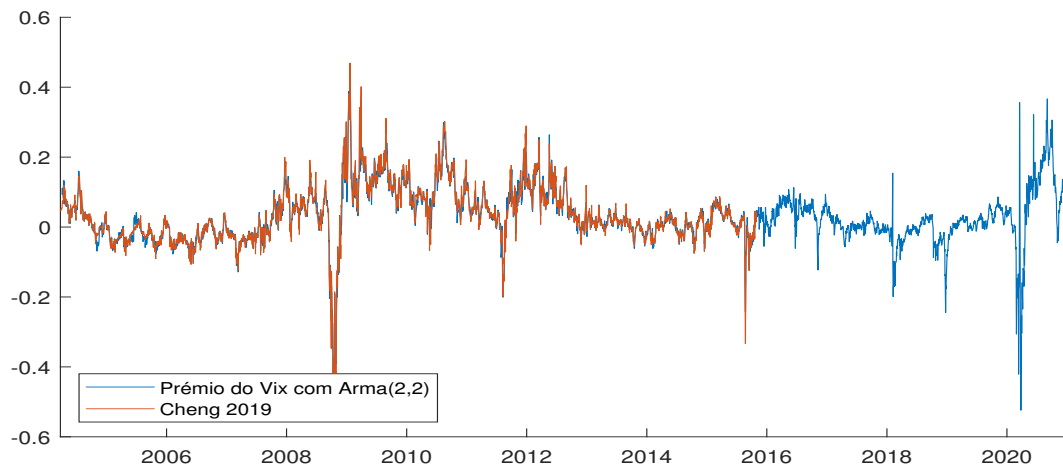


Figura A.12.: Comparação entre o prêmio do VIX calculado com base nas estratégia proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e os dados da Barchart de 2010 até 2021

As Figuras A.14 e A.13 ilustram os prêmios do VIX obtidos mediante a aplicação da metodologia proposta por Johnson (2017) com maturidades superiores a 1 mês e utilizando dados da CBOE até 2009 e os dados da Barchart a partir de 2010.

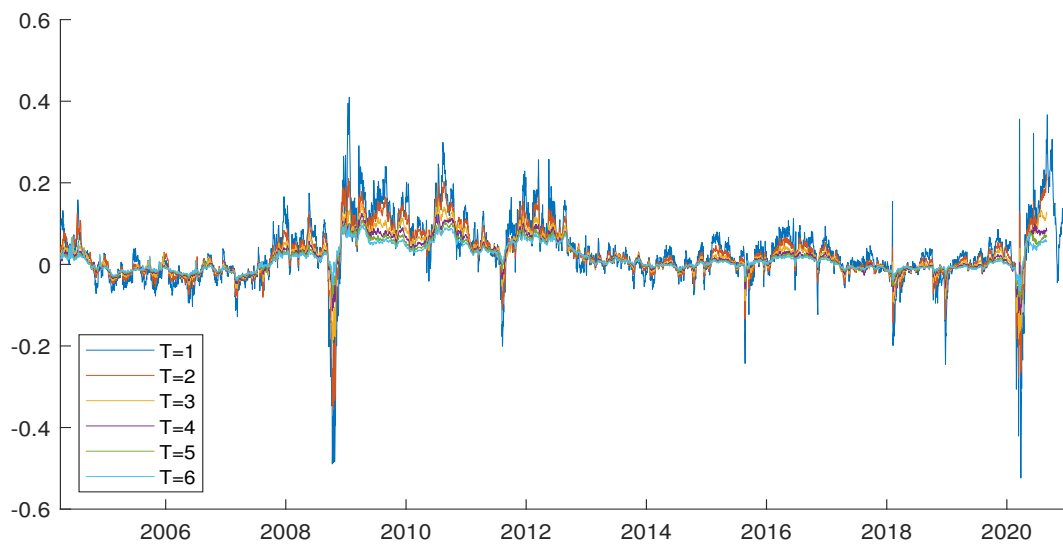
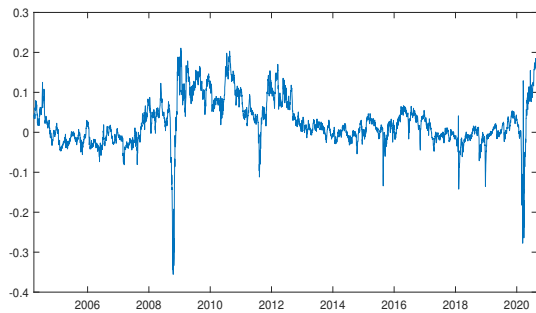
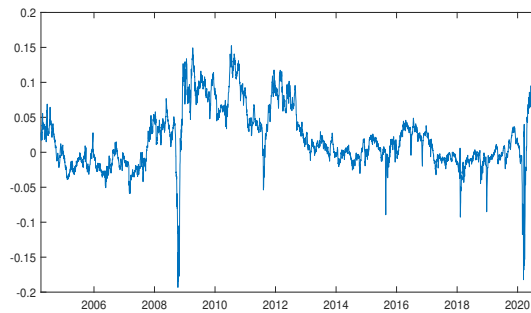


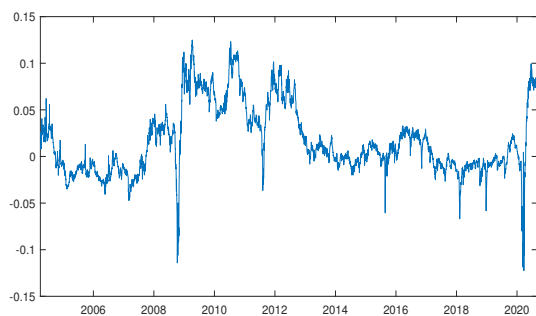
Figura A.13.: Comparação entre os prêmios do VIX calculados com base nas estratégias de interpolação a diferentes meses propostos por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e os dados da Barchart de 2010 até 2021



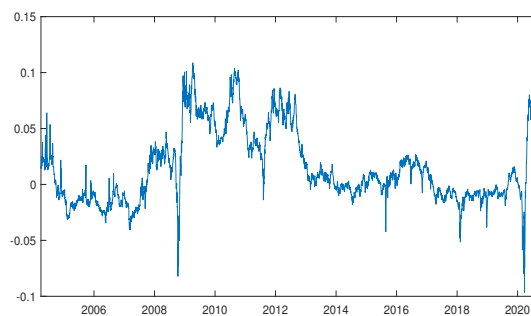
(a) Vencimento em 2 meses



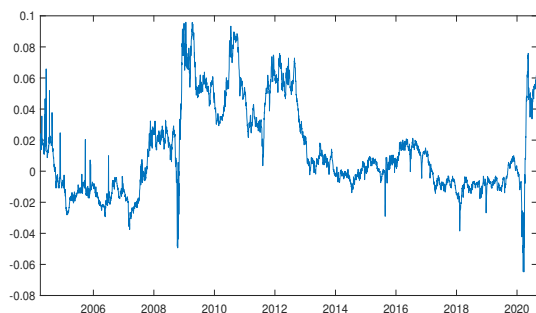
(b) Vencimento em 3 meses



(c) Vencimento em 4 meses



(d) Vencimento em 5 meses



(e) Vencimento em 6 meses

Figura A.14.: Prémio do VIX calculado com base na estratégia de interpolação a diferentes meses proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE de 2004 até 2009 e os dados da Barchart de 2010 até 2020

As Figuras A.15 e A.16 apresentam os prêmios do VIX obtidos mediante a aplicação da metodologia proposta por Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da CBOE até 2009 e os dados da Barchart a partir de 2010.

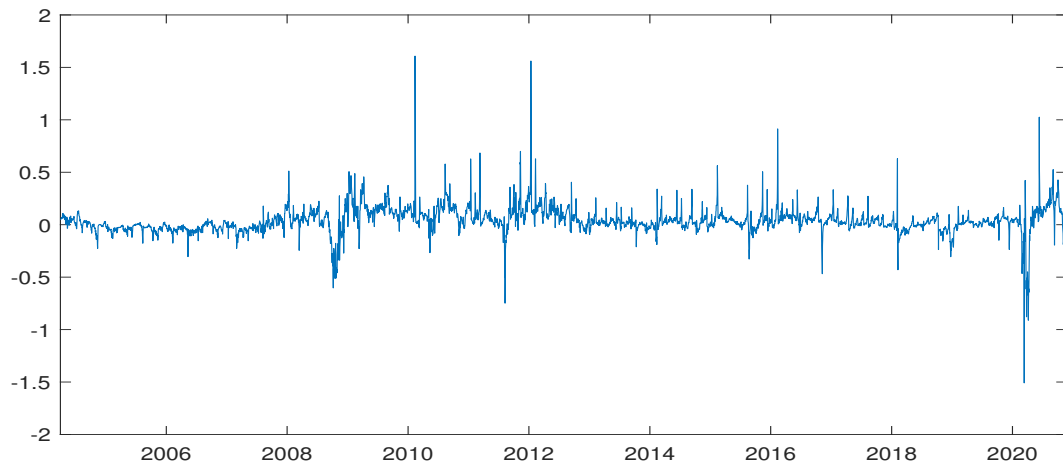


Figura A.15.: Prêmio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a 1 mês proposta por Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da CBOE de 2004 a 2009 e os dados da Bachart de 2010 a 2021

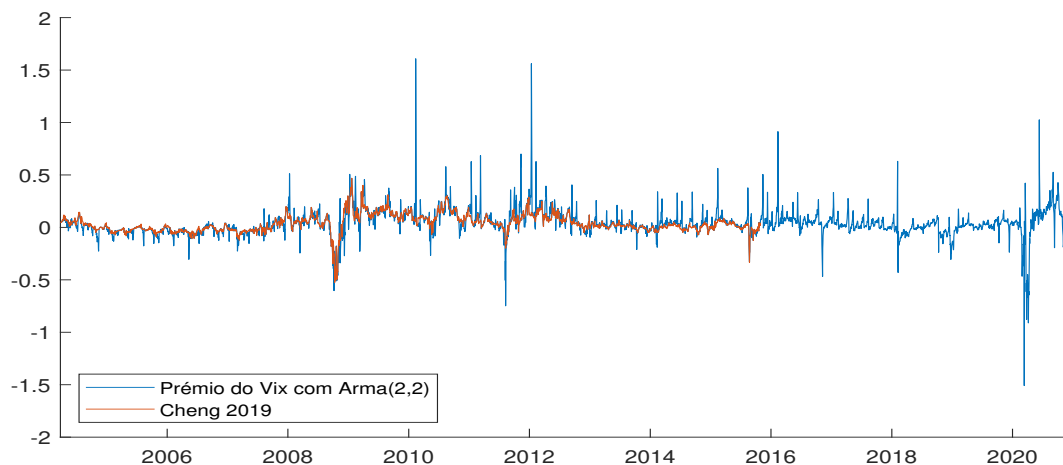
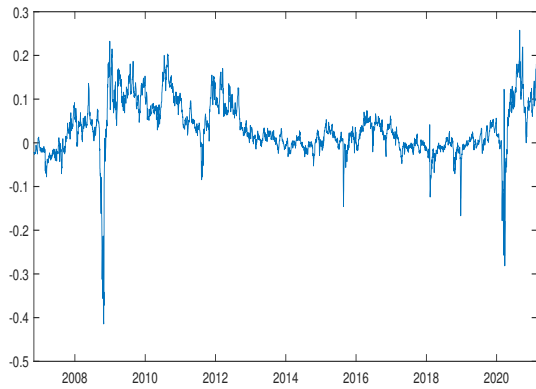
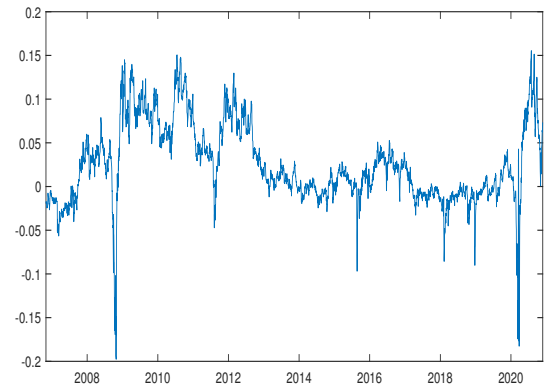


Figura A.16.: Comparação entre o prêmio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prêmio do VIX estimado com base na estratégia de Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da CBOE de 2004 a 2009 e os dados da Bachart de 2010 a 2021

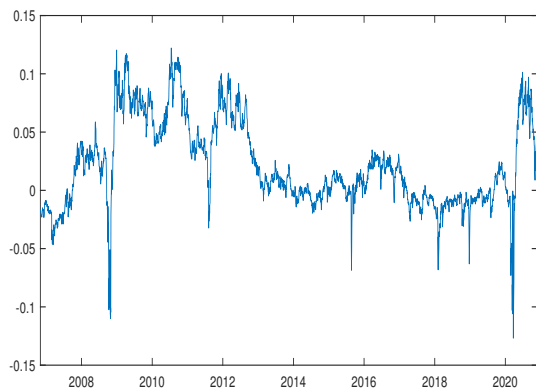
As Figuras A.17 e A.18 ilustram os prêmios do VIX obtidos mediante a aplicação da metodologia proposta por Cheng (2019a) com roll-overs de maturidades superiores a 1 mês e utilizando dados da Barchart.



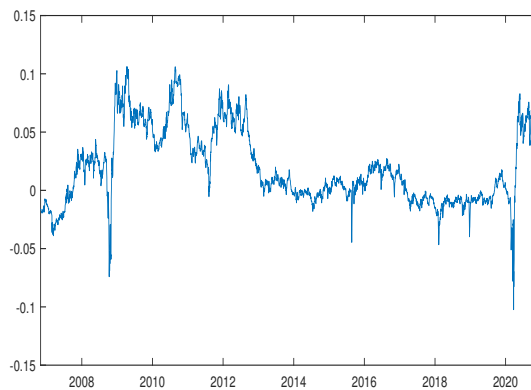
(a) Roll over a 2 meses



(b) Roll over a 3 meses



(c) Roll over a 4 meses



(d) Roll over a 5 meses

Figura A.17.: Prêmio do VIX calculado com base na estratégia de roll over a diferentes meses proposta por Cheng (2019a) e utilizando os dados da Barchart



Figura A.18.: Comparação entre os prémios do VIX calculados com base nas estratégias de roll over a diferentes meses propostos por Cheng (2019a) e utilizando os dados da Barchart

A Figura A.19 apresenta comparação entre o prémio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prémio do VIX estimado com base na aplicação da estratégia de interpolação a 1 mês proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da Barchart.

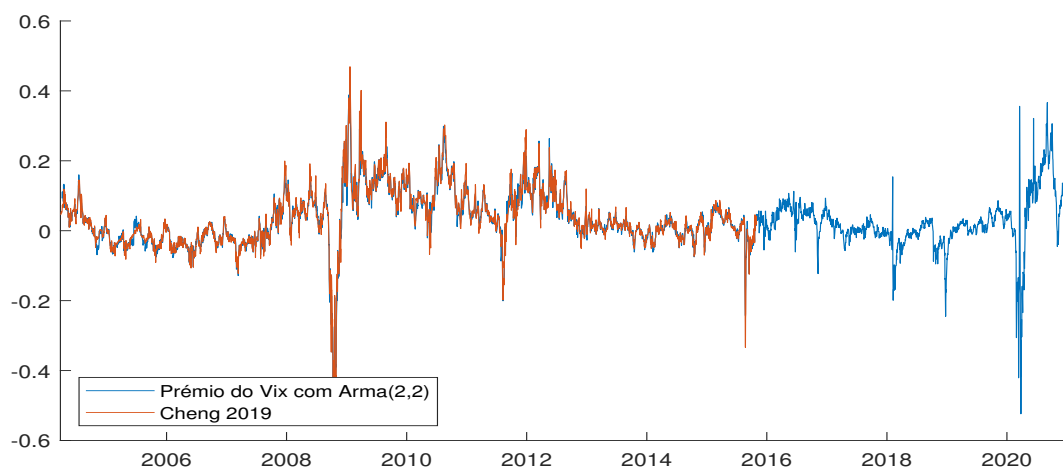


Figura A.19.: Comparação entre o prémio do VIX calculado com base nas estratégia proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da CBOE

As Figuras A.21 e A.20 ilustram os prêmios do VIX obtidos mediante a aplicação da metodologia proposta por Johnson (2017) com maturidades superiores a 1 mês e utilizando dados da Barchart.

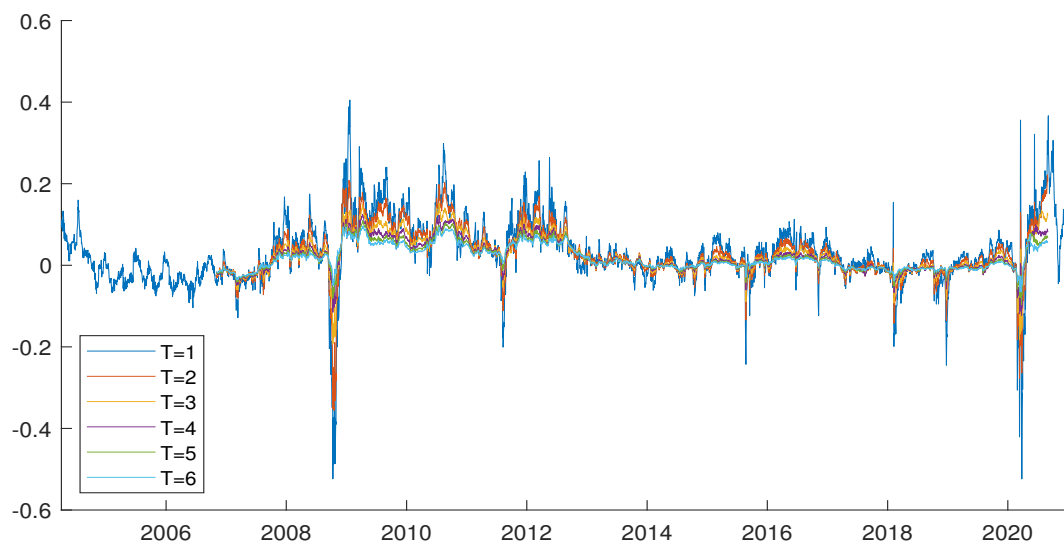
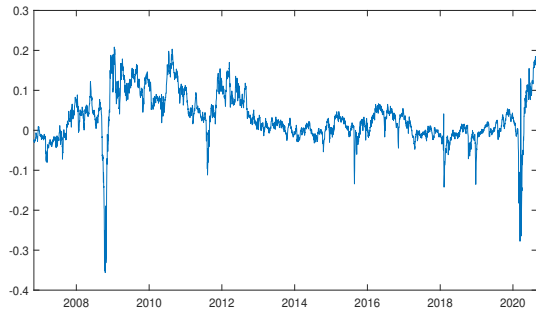
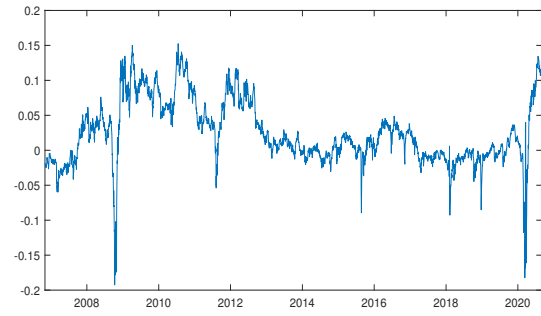


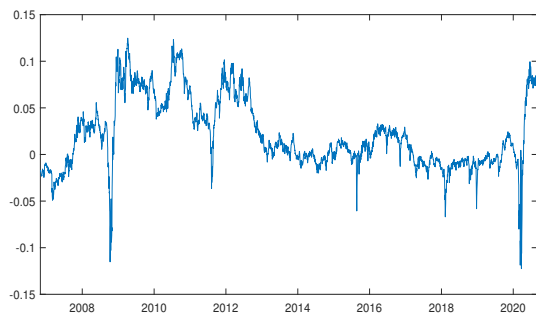
Figura A.20.: Comparação entre os prêmios do VIX calculados com base nas estratégias de interpolação a diferentes meses propostos por Johnson (2017) e utilizando os dados da Barchart



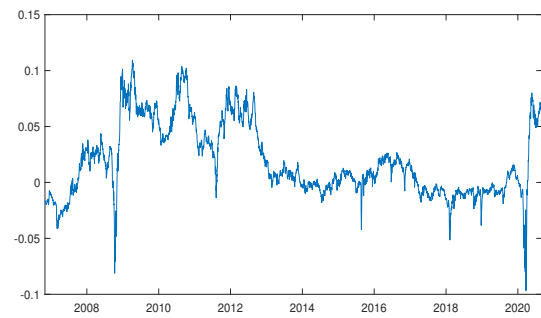
(a) Vencimento em 2 meses



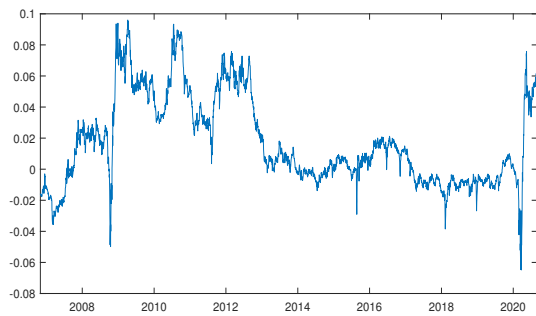
(b) Vencimento em 3 meses



(c) Vencimento em 4 meses



(d) Vencimento em 5 meses



(e) Vencimento em 6 meses

Figura A.21.: Prémio do VIX calculado com base na estratégia de interpolação a diferentes meses proposta por Johnson (2017) e utilizando os dados da Barchart

A Figura A.22 apresenta comparação entre o prêmio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prêmio do VIX estimado com base na aplicação da estratégia de roll-over proposta por Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da Barchart.

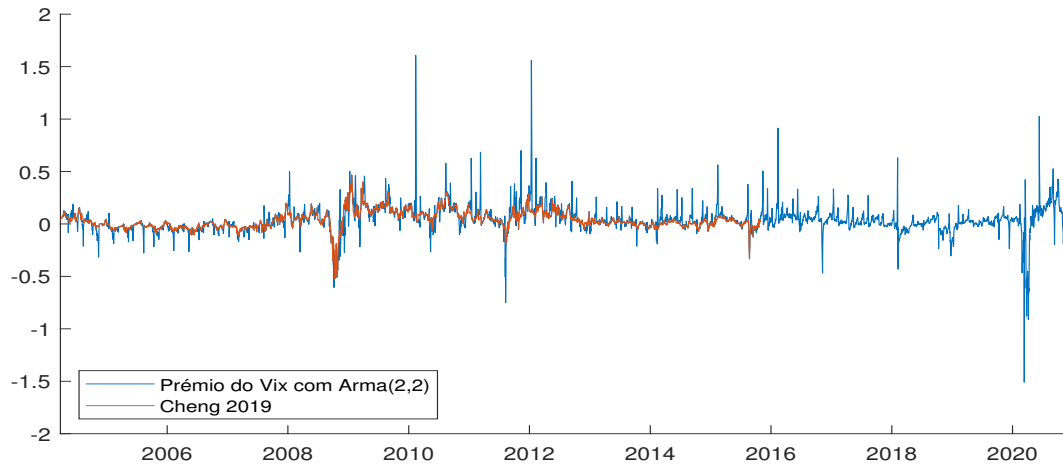


Figura A.22.: Comparação entre o prêmio do VIX calculado por Cheng (2019a) através de uma estratégia de roll-over a 1 mês e o prêmio do VIX estimado com base na estratégia de Daigler et al. (2016) e utilizando os dados da Barchart

Bibliografia

- Bekaert, G. e Hoerova, M. (2014), The VIX, the variance premium and stock market volatility, In *Journal of econometrics* Vol. 183, p. 181-192. (doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2014.05.008>)
- Bollerslev, T., Tauchen, G. e Zhou, H. (2009), Expected stock returns and variance risk premia, In *The review of financial studies* Vol. 22, p. 4463-4492. (doi: <https://doi.org/10.1093/rfs/hhp008>)
- CBOE (s.d.), https://www.cboe.com/tradable_products/vix/vix_futures/specifications/.
- CBOE (2019), VIX White Paper,
- CFTC (s.d.), *Traders in financial futures explanatory notes*, <https://www.cftc.gov/sites/default/files/idc/groups/public/@commitmentsoftaders/documents/file/tfmexplanatorynotes.pdf>.
- Cheng, I.-H. (s.d.), <https://inghawcheng.github.io>.
- Cheng, I.-H. (2019a), The VIX Premium, In *Review of financial studies* Vol. 32, p. 180-227. (doi: <https://doi.org/10.1093/rfs/hhy062>)
- Cheng, I.-H. (2019b), The VIX Premium Online Appendix.
- Daigler, R., Dupoyet, B. e Patterson, F. (2016), The Implied Convexity of VIX Futures, In *Journal of derivatives spring 2016* p. 73-90. (doi: <https://doi.org/10.3905/jod.2016.23.3.073>)
- Johnson, T. L. (2017), Risk Premia and the VIX Term Structure, In *Journal of financial and quantitative analysis* Vol. 52, p. 2461-2490. (doi: <https://doi.org/10.1017/S0022109017000825>)