



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Catarina São Bento Costa

## **INVESTIR EM *BITCOIN*: NO SÍTIO CERTO, À HORA CERTA**

Análise Comparativa da Sazonalidade Intradiária e Diária da Volatilidade de Preços e do Volume Transacionado da *Bitcoin* em Três Casas de Câmbio Distintas

*Trabalho de Projeto no âmbito do Mestrado em Contabilidade e Finanças, orientada pelos Professores Doutores António Manuel Portugal Duarte e Hélder Miguel Correia Virtuoso Sebastião e apresentada à unidade orgânica Trabalho de Projeto.*

Junho de 2019

Faculdade de Economia  
da Universidade de Coimbra

INVESTIR EM *BITCOIN*: NO SÍTIO CERTO, À HORA CERTA  
Análise Comparativa da Sazonalidade Intradiária e Diária da Volatilidade  
de Preços e do Volume Transacionado da *Bitcoin* em Três Casas de  
Câmbio Distintas

Catarina São Bento Costa

Trabalho de Projeto na área científica de Contabilidade e Finanças orientada pelos Professores Doutores António Manuel Portugal Duarte e Hélder Miguel Correia Virtuoso Sebastião e apresentada à Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.

Junho 2019



FACULDADE DE ECONOMIA  
UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

## Resumo

O presente Trabalho de Projeto analisa os padrões de sazonalidade intradiários e diários da volatilidade realizada dos preços e do volume transacionado da *Bitcoin*, em três casas de câmbio distintas, situadas na Europa, *Bitstamp*, nos Estados Unidos da América Oeste, *GDAX*, e nos Estados Unidos da América Este, *Itbit*. No sentido de procurar alcançar os resultados definidos, foram recolhidos dados relativos às casas de câmbio em questão para os anos de 2015 a 2018, com uma frequência de 5 minutos. Começou-se por analisar as estatísticas descritivas do volume transacionado e da volatilidade realizada dos preços. Em seguida, procedeu-se à análise gráfica da volatilidade realizada dos preços e da volatilidade do volume transacionado. Os resultados intradiários alcançados mostraram que a volatilidade de preços é maior durante a noite na Europa e nos Estados Unidos da América Este e maior durante o dia nos Estados Unidos da América Oeste. Já a volatilidade do volume transacionado apresenta valores maiores para as três regiões do globo durante o período do dia. Os resultados diários revelaram que a volatilidade dos preços é elevada às quartas-feiras e aos domingos e que a volatilidade do volume transacionado apresenta maiores valores também à quarta-feira. A hipótese de que existe uma relação significativamente positiva entre a volatilidade realizada dos preços e o volume transacionado de *Bitcoins* não é confirmada no presente trabalho, podendo-se mesmo afirmar que a maioria dos resultados alcançados se afastam da literatura, o que poderá conduzir, no futuro, em conjunto com outras investigações, à constituição de uma nova hipótese acerca da causalidade existente entre as variáveis mencionadas.

**Palavras-Chave:** *Bitcoin*, Volatilidade Realizada, Volume Transacionado, Sazonalidade Intradiária.

## Abstract

This Project examines the intraday and daily seasonality patterns of the volatility of the prices and the traded volume of *Bitcoin*, in three separate exchange houses, located in Europe, *Bitstamp*, the United States of America West, *GDAX*, and the United States of America East, *Itbit*. To seek to achieve the defined results, data were collected for the exchange houses in question for the years 2015 to 2018, with a frequency of 5 minutes. We began by analyzing the descriptive statistics of the volume transacted and the price volatility. Then, we proceeded to the graphical analysis of the volatility of the prices and the volatility of the transacted volume. The results intra daily achieved showed that price volatility is higher overnight in Europe and the United States of America East and greater during the day in the United States of America West. The volatility of the transacted volume has higher values for the three regions of the globe during the period of the day. Daily results revealed that price volatility is higher on Wednesdays and Sundays and that the transacted volume has higher values also on Wednesday. The hypothesis that there is a significantly positive relationship between the price volatility and the transacted volume of *Bitcoins* is not confirmed, and it can even be affirmed that most of the results achieved depart from the literature, which may lead, in the future, in conjunction with other investigations, to the constitution of a new hypothesis about the causality existing among the variables mentioned.

**Key Words:** *Bitcoin*, Realized Volatility, Transacted Volume, Intraday Seasonality.

## Índice de Tabelas

Tabela 1. Estatísticas Descritivas Intradiárias - Volume e Volatilidade Realizada..... 22

Tabela 2. Estatísticas Descritivas Diárias - Volume e Volatilidade Realizada ..... 25

## Índice de Figuras

Figura 1. Multiplicador da Volatilidade Realizada Intradiária – Hora Local.....	31
Figura 2. Multiplicador da Volatilidade Realizada Intradiária – Hora UTC.....	33
Figura 3. Multiplicador do Volume Transacionado Intradiário – Hora Local .....	36
Figura 4. Multiplicador do Volume Transacionado Intradiário – Hora UTC .....	38
Figura 5. Multiplicador da Volatilidade Realizada Diária .....	41
Figura 6. Multiplicador do Volume Transacionado Diário .....	43
Figura A1. Multiplicador da Volatilidade Realizada Intradiária com <i>Outliers</i> .....	49

# Sumário

Resumo .....	i
Abstract.....	ii
Índice de Tabelas .....	iii
Índice de Figuras .....	iv
1. Introdução .....	1
2. <i>Bitcoin</i> : História e Características .....	5
3. Sazonalidade Intradiária e Diária da Volatilidade Realizada dos Preços e do Volume Transacionado: Revisão de Literatura .....	11
4. Dados e Análise Preliminar.....	19
4.1 Critérios adotados para a recolha de dados.....	19
4.2 Tratamento de Dados e Estatísticas Descritivas .....	21
5. Análise dos Padrões de Sazonalidade .....	29
5.1 Volatilidade Realizada dos Preços e do Volume Transacionado Intradiários .....	30
5.2 Volatilidade Realizada dos Preços e do Volume Transacionado Diários.....	40
6. Conclusão.....	45
Referências Bibliográficas.....	47
ANEXO .....	49

# 1. Introdução

Em pleno século XXI assiste-se a uma enorme evolução a nível tecnológico dia após dia, podendo-se mesmo afirmar que se vive numa era completamente digital, onde a tecnologia em tudo intervém. Até mesmo em situações de crise, a tecnologia pode-se apresentar como um meio para resolver determinadas questões. Por exemplo, a instalação de um novo *software* numa empresa que se encontre a enfrentar as consequências devidas a uma crise económica, pode substituir os trabalhos repetitivos e operacionais, o que irá conduzir à redução de custos e ao aumento da produtividade.

Devido à crise iniciada no final de 2007, a sociedade perdeu a confiança nas instituições financeiras e, por esse motivo, houve incentivo para a criação de um sistema de pagamento em que governo e instituições financeiras, como bancos centrais, não interviessem (Brandvold, et al, 2015). Com a criação deste sistema, surge então a moeda digital, usualmente designada de criptomoeda.

As criptomoedas têm ganho uma enorme popularidade em todo o mundo desde a sua criação, pelas inúmeras vantagens que apresentam e, por esse motivo, o seu número não tem parado de aumentar, apresentando-se a *Bitcoin* como a mais utilizada e a mais famosa dentro das criptomoedas existentes (Makarov e Schoar, 2018).

No entanto, neste momento, a *Bitcoin* não se caracteriza apenas por ser uma moeda digital, mas também por se apresentar como um ativo financeiro que é transacionado *online* diariamente, em mercados que estão abertos 24h por dia, 7 dias por semana. Apesar de possuir algumas propriedades dos tradicionais ativos financeiros, ao contrário destes, a *Bitcoin* não é controlada por qualquer entidade financeira, apresentando também uma volatilidade bastante superior à maioria destes ativos. O rápido crescimento global da *Bitcoin*, para além de atrair a atenção por parte dos investidores e dos média, transformou-a também num tema financeiro que tem vindo a ser estudado por um número cada vez maior de investigadores (Ma e Tanizaki, 2019, p. 127).

Neste sentido, com o intuito de se aprofundar os conhecimentos acerca da *Bitcoin*, este Trabalho de Projeto tem como objetivo estudar a volatilidade realizada dos preços e o volume transacionado desta criptomoeda, em três casas de câmbio distintas, *Bitstamp*, com sede na Europa, *GDAX*, sediada nos Estados Unidos da América Oeste e *Itbit*, localizada nos



Estados Unidos da América Este, para uma frequência de 5 minutos, para os anos de 2015 a 2018. Com este trabalho pretende-se compreender qual a hora do dia, o dia da semana, bem como a região do globo em que a *Bitcoin* possui maior volatilidade de preços, tentando, ao mesmo tempo, relacionar essa volatilidade com o volume transacionado. A tentativa de encontrar padrões de sazonalidade intradiários e diários, quer para a volatilidade realizada dos preços, quer para o volume transacionado, é também um dos objetivos a alcançar com este trabalho.

Procurar-se-á, nomeadamente, identificar em que hora do dia e em que dia da semana os mercados estão mais ativos, ou seja, identificar quando existe maior liquidez e, neste sentido, quando é que os custos de transação são menores.

É expectável que a volatilidade dos preços, bem como do volume transacionado apresentem valores superiores durante o horário de trabalho, isto é, durante o dia, momento em que eventualmente a maioria dos investidores estão predispostos para transacionar. Deste modo, espera-se também que quer a volatilidade dos preços, quer do volume transacionado apresentem valores superiores durante a semana e valores menores durante os fins-de-semana.

Este Trabalho de Projeto apresenta como carácter inovador a sua metodologia, que embora simples, permite alcançar conclusões de elevado interesse, tanto para os investidores privados, aqueles que embora não estando envolvidos na atividade financeira, estão interessados em investir na *Bitcoin* e, por esse motivo, devem estar informados sobre o funcionamento do mercado, nomeadamente no que respeita à volatilidade e sobre o nível de risco associado ao investimento, bem como para as instituições públicas, como bancos centrais, que estão interessadas no comportamento da *Bitcoin* devido ao possível risco sistémico que este mercado pode potenciar.

Os Professores Orientadores deste Trabalho de Projeto encontram-se a estudar e a investigar este tópico das criptomoedas, tendo já escrito dois artigos acerca do tema em questão: *Where is the information on USD/Bitcoin hourly prices?* e *Information transmission between cryptocurrencies: does bitcoin rule the cryptocurrency world?*, ambos publicados no decorrer do ano de 2018. Por este motivo, este Trabalho de Projeto foi desenvolvido no âmbito da investigação dos Professores Orientadores, que forneceram as indicações necessárias para que este trabalho pudesse ser uma mais-valia para o seu projeto de investigação.

O trabalho encontra-se estruturado em seis secções. Para além da presente introdução, na Secção 2 é apresentada uma breve história da *Bitcoin*, bem como das suas principais características. Na Secção 3 é realizada uma revisão de literatura acerca da sazonalidade intradiária e diária da volatilidade realizada dos preços e do volume transacionado. Na Secção 4 são apresentados os dados e é levada a cabo uma análise preliminar onde se descrevem os critérios adotados aquando da recolha de dados e respetivo tratamento e se apresenta um conjunto de estatísticas descritivas. Na Secção 5 são analisados os padrões de sazonalidade das variáveis objeto de estudo. Finalmente, a Secção 6 conclui este trabalho.



## 2. *Bitcoin*: História e Características

Durante muito tempo o comércio na *internet* dependeu quase exclusivamente de instituições financeiras para a realização dos processos de pagamento. Quer isto dizer que as instituições financeiras funcionam como uma terceira parte em quem os consumidores confiam aquando do pagamento de algum produto ou serviço (Nakamoto, 2008). No entanto, quando esta confiança é colocada em questão, situação que ocorre, essencialmente, em tempos de crises financeiras, este sistema de pagamentos deixa de ser considerado credível, abrindo campo para a criação de um sistema de pagamentos não baseado na confiança em terceiras partes. Foi assim que surgiu o sistema de pagamentos eletrónico baseado na prova criptográfica.

O sistema de pagamentos eletrónico é realizado através de um mecanismo *peer-to-peer*, que permite que os pagamentos *online* sejam diretamente enviados de uma parte para a outra sem passar por uma instituição financeira, ou seja, que as partes envolvidas transacionem diretamente entre si sem que seja necessária uma terceira parte, o que significa que todas as transações e verificações das transações são realizadas por várias pessoas dentro da rede (Nakamoto, 2008). O pagamento *online* é realizado através de uma moeda digital, designada de criptomoeda, sendo, portanto, o meio de pagamento do sistema eletrónico. A primeira Criptomoeda, designada de *Bitcoin*, foi apresentada pela primeira vez em 31 de outubro de 2008, ocorrendo a sua primeira transação em janeiro de 2009, num artigo autopublicado por uma identidade desconhecida, que se intitulou de *Satoshi Nakamoto*. O nome *Satoshi Nakamoto* é apenas um pseudónimo que identifica a pessoa ou o conjunto de pessoas que se encontra por detrás desta invenção, não havendo, deste modo, qualquer conhecimento pessoal desta identidade ou grupo.

Pode dizer-se, então, que a *Bitcoin* foi criada com o intuito de ser utilizada no lugar do dólar americano, do euro, ou de outro tipo de moeda tradicional. *Satoshi Nakamoto* descreve a *Bitcoin* como um sistema *peer-to-peer* que difere do sistema das moedas tradicionais pelo facto de não ser controlado por uma autoridade financeira, como os bancos centrais e outras instituições financeiras. As moedas tradicionais, sendo controladas pelo governo, apresentam valor intrínseco, partindo-se do princípio que este valor não se irá alterar futuramente. Por seu turno, a *Bitcoin*, não sendo controlada por qualquer instituição

financeira, o seu valor está sujeito a constantes oscilações, pelo facto de variar consoante a procura e a oferta de mercado.

A *Bitcoin* é, então, uma moeda digital global, sem existência física, descentralizada, isto é, que apenas é controlada pelos seus utilizadores, não estando sujeita a qualquer regulamentação ou supervisão por parte das autoridades monetárias. Caracteriza-se pela confidencialidade e pela segurança que assume, uma vez que a identidade das pessoas que se encontram a realizar a transação é mantida no anonimato. A *Bitcoin* pode ser comprada, vendida e até mesmo trocada por outras moedas em casas de câmbio específicas. A *Bitcoin* é criada através da resolução de um complexo algoritmo matemático num processo designado de “mineração”, que se apresenta como sendo transparente, descentralizado e supervisionado pelos utilizadores do protocolo da *Bitcoin*. O “mineiro vencedor” é premiado com um dado montante de novas *Bitcoins*, enquanto que o “perdedor” não obtém nada (Sebastião, et al., 2017). Após a aquisição de *Bitcoins*, o investidor irá gerar uma chave pública e uma chave privada, que corresponderá ao endereço que permite aos outros utilizadores enviar *Bitcoins*. Assim, uma vez que não existe qualquer autoridade que controle este processo, as transações entre os utilizadores são confirmadas quando uma chave privada de um utilizador da *Bitcoin* combina com a chave pública de outro utilizador. Este processo é possível através da existência da designada *Blockchain* da *Bitcoin*, que é, essencialmente, um registo cronológico público de todas as transações confirmadas de *Bitcoin* (Sebastião, et al., 2017). É importante salientar que todo este processo de criação e transação de *Bitcoins* apresenta baixos custos e não é reversível, permanecendo, por esse motivo, no registo cronológico, indefinidamente. Saliente-se também que é através da existência da *Blockchain* que se mantém o anonimato dos utilizadores, uma vez que apenas regista a transação que ocorreu, não requerendo qualquer informação pessoal dos utilizadores. As transações tradicionais, por seu turno, ao necessitarem de uma terceira parte para a sua realização, pois são estas que irão verificar e fazer o registo monetário, requerem taxas de transação, bem como informações pessoais, como o nome, a morada e o número do cartão de crédito do seu utilizador.

Apesar de todas as características da *Bitcoin* apresentadas anteriormente terem um carácter positivo, que capta a atenção dos investidores e que permite que este tipo de criptomoeda ganhe uma popularidade cada vez maior, a *Bitcoin* apresenta também determinadas fraquezas que deverão ser tomadas em linha de conta aquando da decisão de investir em *Bitcoin*.

Tal como já foi referido anteriormente, a *Bitcoin* apresenta-se como uma moeda virtual que é desprovida de qualquer supervisão das autoridades monetárias, o que em determinadas circunstâncias confere uma enorme vantagem para quem pretende investir. No entanto, devido a tal facto, existe a suspeição de que as criptomoedas, em geral, e a *Bitcoin*, em particular, têm servido para financiar atividades ilegais, como financiamento de terrorismo, narcotráfico, bem como lavagens de capitais.

Outra questão que se levanta é o facto de existirem setores bancários por todo o mundo que ainda não aceitam a *Bitcoin* como “dinheiro real”, uma vez que não possui valor intrínseco. Uma *Bitcoin* não possui um valor exato, ou seja, o valor de uma *Bitcoin* é aquele que deriva da procura e da oferta no mercado. Tal facto conduz à conclusão de que a *Bitcoin* é extremamente vulnerável à destabilização. Por exemplo, se muitas pessoas na posse de *Bitcoins* decidirem de repente vendê-las, tal situação conduzirá a uma forte descida do preço da *Bitcoin* (Dodge e Dixon, 2015).

A *Bitcoin* apresenta-se também como uma moeda que está sujeita a deflação. Como a sua oferta está limitada a 21 milhões de unidades, se existir um aumento sustentado da procura de *Bitcoins*, então o seu preço terá tendência a aumentar indefinidamente, significando, desta forma, que os preços em *Bitcoins* dos bens e serviços têm tendência a diminuir.

O risco operacional apresenta-se como outro problema relacionado com a *Bitcoin*. A falta de existência de qualquer mecanismo de proteção, aumenta a possibilidade de existirem roubos, perdas, *crashes* de bolsas *online*, bem como falhas do sistema, o que poderá ajudar a impulsionar os problemas com a deflação anteriormente mencionados.

A *Bitcoin* revela-se, assim, um meio de pagamento e de investimento que apresenta vantagens e desvantagens, tal como a moeda tradicional. Contudo, a grande questão que ainda se encontra em discussão é saber se, em alguns circuitos, a aceitação da *Bitcoin* é suficientemente generalizada para ser considerada meio de pagamento.

A *Bitcoin*, para que possa ser considerada moeda, é necessário que reúna quatro fundamentais e complementares funções. Em primeiro lugar, deve ter a capacidade de funcionar como meio de pagamento, isto significa que deve ser aceite como instrumento para extinção de dívidas. Por outro lado, deve funcionar também como meio de troca, isto quer dizer que deve ser possível trocar *Bitcoins* por um bem ou serviço. Por seu turno, deve funcionar também como unidade de conta, ou seja, como critério que permite comparar os

preços dos bens e serviços. Deve ainda ter a capacidade de reserva de valor, isto é, ter a capacidade de guardar e transferir riqueza ao longo do tempo.

Para que a *Bitcoin* consiga cumprir as funções de moeda, características como durabilidade, portabilidade, divisibilidade, uniformidade, limitação de oferta e aceitabilidade devem ser apresentadas por esse bem. Sendo durável consegue cumprir a sua função de reserva de valor. Por outro lado, para ser um meio eficiente de pagamento terá de ser de fácil transporte. Deve também apresentar um caráter de divisibilidade devida à multiplicidade de valores associados aos bens e serviços. É ainda essencial que uma moeda seja uniforme e que mantenha as suas características ao longo do tempo. A limitação da oferta é também bastante importante uma vez que caso não acontecesse a moeda iria valer zero. Por fim, é também relevante que o comprador e o vendedor de bens e serviços aceitem a *Bitcoin* como moeda para que as transações possam ocorrer.

Verificadas as funções que a *Bitcoin* deve apresentar para ser considerada moeda, é possível constatar que já existem países como Luxemburgo, Estados Unidos da América e Japão, que não interdita a utilização da *Bitcoin* como meio de pagamento. Ainda assim, outros países como Afeganistão, Bolívia e Marrocos, consideram a *Bitcoin* como um meio de pagamento ilegal, não existindo, desta forma, um consenso a cerca do facto de se poder considerar que a *Bitcoin* pode cumprir a função de meio de pagamento. Por outro lado, é possível verificar que a *Bitcoin* cumpre o critério de meio de troca para ser considerada moeda, uma vez que um grande número de mercados, nomeadamente os mercados *online* aceitam este tipo de moeda como meio de troca dos seus bens e serviços. Contudo, o uso comercial mundial da *Bitcoin* ainda é muito pequeno, apenas uma minoria utiliza a *Bitcoin* como meio de troca. Relativamente à probabilidade de funcionar como unidade de conta, os preços da *Bitcoin* devem possuir quatro ou cinco casas decimais, o que poderá confundir tanto os vendedores como os compradores de mercado, não permitindo a tão fácil comparação de preços dos bens e serviços. Além disso, o facto da *Bitcoin* exibir uma grande volatilidade de preços e de ser negociada com diferentes preços em diferentes casas de câmbio, também condiciona o seu funcionamento como unidade de conta. No que respeita ao funcionamento como reserva de valor, a *Bitcoin* apresenta também algumas limitações. A extrema volatilidade da *Bitcoin* apresenta-se como a principal limitação para que esta possa servir como reserva de valor, uma vez que reduz substancialmente a possibilidade de conhecer o valor futuro da *Bitcoin*. Também os ataques de *hackers* e os possíveis roubos que este tipo de moeda enfrenta põe em causa a sua capacidade de poder funcionar como reserva

de valor (Chuen, 2015). Neste sentido, é possível constatar que a *Bitcoin* apresenta algumas limitações, essencialmente no que respeita ao seu funcionamento como meio de pagamento, unidade de conta e como reserva de valor, funções essenciais que deve possuir para ser considerada moeda.





### **3. Sazonalidade Intradiária e Diária da Volatilidade Realizada dos Preços e do Volume Transacionado: Revisão de Literatura**

A literatura em torno do tema das criptomoedas, nomeadamente da *Bitcoin*, encontra-se em crescimento, uma vez que é um tema inovador que desperta cada vez mais interesse na população. Cada vez mais as pessoas encaram a criptomoeda como um meio de investimento e não apenas como um meio de pagamento de produtos e serviços, o que suscita uma infinidade de temas, como os retornos gerados, a volatilidade realizada dos preços, assim como o volume transacionado, que devem ser abordados e investigados, de forma a encontrar padrões, com o intuito de se investir nesta moeda digital de forma mais eficiente.

Centrando-se o presente trabalho na sazonalidade intradiária e diária da volatilidade realizada dos preços e do volume transacionado da *Bitcoin*, a revisão de literatura foca-se, essencialmente, em torno destas questões.

Um dos primeiros trabalhos acerca dos mercados financeiros tradicionais deve-se a Wood et al. (1985) que concluíram que existe um padrão de sazonalidade observado nos retornos absolutos gerados nos mercados financeiros. Quando o mercado abre, na maioria das vezes, os retornos absolutos gerados atingem o seu máximo, de seguida, por volta da hora do almoço, os retornos diminuem significativamente e, no fim do dia, voltam a crescer novamente. Esta conclusão sugere um padrão de volatilidade sazonal em forma de “U”.

Autores como Kiyamaz e Berument (2003), que desenvolveram também estudos acerca dos mercados financeiros tradicionais, constaram que o comportamento dos investidores varia consoante os dias da semana, colocando assim em evidência, que existe um efeito dos dias da semana na volatilidade. A literatura sugere ainda que é verificável maior volatilidade nos mercados financeiros às terças-feiras e às sextas-feiras, sendo que a menor volatilidade se verifica às segundas-feiras.

Os mercados financeiros funcionam de segunda a sexta-feira, durante as horas do dia, das 08h00 às 17h00, enquanto os mercados virtuais funcionam de segunda-feira a domingo, 24 horas por dia. Este facto pode conduzir a que as conclusões alcançadas para os mercados financeiros sejam diferentes das conclusões para os mercados da moeda virtual.

Para que se fique mais elucidado acerca dos fatores que determinam os preços da *Bitcoin*, Dorfleitner e Lung (2018) referem que as forças de mercado, isto é, a oferta e a procura, os fundamentos macro-financeiros, o interesse demonstrado pelos investidores, as notícias que se escrevem sobre esta temática<sup>1</sup>, bem como as variáveis tecnológicas apresentam-se como fatores que influenciam e determinam os preços, influenciando, desta forma, os retornos gerados nos mercados das criptomoedas.

Dorfleitner e Lung (2018) decidiram analisar as diferenças diárias dos retornos e da volatilidade de preços de 8 Criptomoedas através de um modelo EGARCH (Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity). Para tal, recolheram dados diários de preços de 8 Criptomoedas para o período de agosto de 2015 a agosto de 2018. Verificaram que os retornos são mais baixos aos domingos do que nos restantes dias da semana, assumindo que a razão para tal facto seria o baixo volume transacionado observado nesses dias, que levaria a uma volatilidade também mais baixa, devido à hipótese assumida de que o volume transacionado e a volatilidade realizada dos preços possuem uma relação significativamente positiva.

Eross et al. (2017) focalizaram o seu estudo na sazonalidade intradiária dos retornos, do volume, da volatilidade dos preços e da liquidez da casa de câmbio *Bitstamp*, entre 2014 e 2017, recolhendo dados de preços com uma frequência de 5 minutos. Para o estudo dos retornos gerados e da volatilidade realizada dos preços foi realizado o cálculo dos retornos pela diferença dos logaritmos dos preços, sendo, esta diferença elevada ao quadrado no sentido de se alcançar a volatilidade realizada. No que respeita ao estudo do volume, foram utilizados os dados originais. Por fim, para o estudo da liquidez foi utilizada a medida de *Amihud*, quanto maior for esta medida menor é a liquidez. Utilizaram também o teste de causalidade *Granger* para verificar se existe causalidade temporal entre as variáveis em estudo. Através de estatísticas descritivas pode observar-se que o ano de 2017 destaca-se neste estudo por apresentar os maiores retornos gerados, a maior volatilidade realizada e também como o ano em que a liquidez da *Bitcoin* se tornou maior. Através da análise gráfica, Eross et al. (2017) concluíram que o volume transacionado é bastante baixo até às 07h00m, aumentando depois até às 10h30m, atingindo o seu pico às 14h10 e diminuindo ao longo do dia, o que sugere a forma de um “U” invertido, contrariando assim a forma de “U” prevista para outros mercados financeiros. Relativamente à volatilidade realizada dos preços, os

---

<sup>1</sup> Segundo Aharon e Qadan (2018), os preços reagem mais rapidamente a más notícias do que a boas notícias.

autores verificaram que é maior entre as 07h00m e as 18h00m. Através das conclusões alcançadas, concluíram que o volume e a volatilidade realizada dos preços apresentam uma relação significativamente positiva. Relativamente à liquidez, Eross et al. (2017) verificaram que esta se apresenta maior às 10h00m. No que respeita à relação entre as variáveis em estudo, os retornos gerados apresentam uma relação negativa com o volume transacionado, durante os quatro anos em análise. Contudo, possuem uma relação positiva com a volatilidade realizada dos preços durante o ano de 2014 e negativa nos anos de 2015, 2016 e 2017. Tal como já referido, o volume transacionado e a volatilidade realizada dos preços apresentam uma relação positiva entre si, para os quatro anos em análise. A liquidez encontra-se negativamente relacionada com o volume, não apresentando todavia qualquer relação significativa com as restantes variáveis (Eross et al, 2017).

Catania e Sandholdt (2019) dedicaram o seu estudo à análise do comportamento intradiário e diário dos retornos gerados, da volatilidade realizada dos preços e do volume transacionado da *Bitcoin*, nomeadamente das casas de câmbio *Bitstamp* e *Coinbase*, entre os anos 2015 a 2018, recolhendo, para tal, dados com uma frequência de 5 minutos. Recorreram a equações simples para o cálculo quer dos retornos gerados quer da volatilidade realizada dos preços. Através da construção de gráficos, os autores concluíram que a volatilidade realizada dos preços e o volume transacionado intradiários de cada casa de câmbio possuem picos em fusos horários diferentes. Contudo estes picos estão relacionados com o horário de trabalho do país em que cada casa de câmbio se situa, *Bitstamp* relacionada com as horas de trabalho da Europa e *Coinbase* com o dos Estados Unidos da América. Relativamente aos padrões de sazonalidade diária, Catania e Sandholdt (2019) verificaram que existia uma atividade crescente de segunda-feira a sexta-feira, observando-se um decréscimo da atividade ao longo do sábado e domingo, sendo o volume transacionado superior durante a semana de trabalho, bem como a volatilidade realizada dos preços.

Baur et al. (2017) procuraram identificar padrões de retorno e de volume transacionado da *Bitcoin* intradiária, diária e mensalmente. Mais especificamente, analisaram se os investidores transacionavam de forma diferente quando os mercados financeiros abriam comparando com a hora do seu fecho (à noite e aos fins-de-semana) ou entre junho e setembro, meses de Verão no hemisfério norte. Os autores supuseram que a existência de padrões específicos indicava se o mercado era dominado por investidores individuais ou por investidores institucionais. Para a realização da análise, os autores recolheram dados relativamente ao preço e ao volume da *Bitcoin* em dólares americanos

(USD), em yuan chinês (CNY), em iene japonês (JPY) e em euro (EUR), com uma frequência de 1 minuto, com um horizonte temporal de 2011 a 2017. As casas de câmbio escolhidas foram *Bitstamp*, correspondente à Europa, *BTCE*, *Coinbase*, *Kraken*, localizadas nos Estados Unidos da América, *BTCN*, com atividade na China e *Coincheck*, sediada no Japão. Os autores concluíram que os retornos gerados não apresentam qualquer padrão específico ao longo do ano, ao contrário do volume transacionado que apresenta variações específicas durante o dia e durante o ano. Por exemplo, algumas transações são mais ativas durante períodos específicos do dia, o que muitas vezes coincide com a negociação em bolsas de valores, isto é, durante o dia e durante a semana e períodos em que os potenciais investidores estão acordados. Este padrão refere-se às casas de câmbio da Europa e dos Estados Unidos da América. Relativamente aos padrões da China e do Japão, Baur et al. (2017) concluíram que a transação de *Bitcoin* é constante ao longo do dia. Verificaram assim que o mercado chinês e japonês é dominado, essencialmente, por investidores individuais, uma vez que não existe uma preferência específica da hora do dia em que transacionam. Por seu turno, os mercados europeu e americano serão dominados por investidores institucionais. No que respeita aos padrões diários dos retornos, os autores concluíram que não existe qualquer padrão específico, mencionando apenas que as segundas-feiras apresentavam maior retorno nos anos de 2013 e de 2017. Relativamente ao volume transacionado, verificaram que existe maior volume transacionado entre as segundas-feiras e as sextas-feiras, sendo menor aos fins-de-semana, para as casas de câmbio americanas e europeias. Para as casas de câmbio da China e do Japão, não existe qualquer variação ao longo da semana. Estas conclusões permitiram verificar que os mercados europeus e americanos são dominados por investidores institucionais e que os mercados chineses e japoneses são dominados por investidores individuais (Baur, et al, 2017).

Aharon e Qadan (2018) investigaram também se os dias da semana tinham impacto na volatilidade de preços da *Bitcoin* e se os preços dos ativos financeiros tinham impacto nos preços da *Bitcoin*, através de um modelo estocástico linear e também através da atenção dada pelas pessoas à *Bitcoin* e aos preços da *Bitcoin*, recolhendo para tal dados das pesquisas realizadas no *Google*. Recolheram observações diárias dos preços da *Bitcoin*, bem como dos ativos financeiros de outubro de 2010 a outubro de 2017. Tendo por base esta informação, verificaram, primeiramente que, de acordo com o volume de pesquisas no *Google* relativamente à *Bitcoin*, a atenção varia significativamente ao longo da semana, uma vez que a atenção que a população dedica à *Bitcoin* às segundas-feiras, às terças-feiras e às quartas-

feiras é maior do que a atenção que é dedicada aos fins-de-semana, concluindo, desta forma, que a segunda-feira é o dia da semana que apresenta maior volatilidade de preços. Aharon e Qadan (2018) verificaram também que de outubro de 2010 a dezembro de 2012 não existe consistência na relação entre os ativos financeiros e o preço da *Bitcoin*, uma vez que alguns ativos não possuem qualquer relação com o preço, outros assumem uma relação positiva e outros uma relação negativa. No período de janeiro de 2013 a outubro de 2017, período de maior reconhecimento da *Bitcoin*, existe uma relação positiva às segundas-feiras entre os ativos financeiros e os preços da *Bitcoin*. Por seu turno, no período de outubro de 2010 a dezembro de 2012, às segundas-feiras verificaram-se menos retornos do que às sextas-feiras. De janeiro de 2013 a maio de 2015, verificaram que as segundas-feiras estão associadas a uma volatilidade elevada, assumindo que neste período a *Bitcoin* atraiu mais atenção, conduzindo a um crescimento acentuado dos preços, seguido de uma queda. No período referente a junho de 2015 a dezembro de 2017, as segundas-feiras estão associadas a elevados retornos e, também, a uma elevada volatilidade. Aharon e Qadan (2018) afirmam que as mudanças dos retornos verificadas às segundas-feiras, durante estes subperíodos, se devem ao facto dos investidores reconhecerem cada vez mais a *Bitcoin* como um meio de investimento e não apenas como um meio de pagamento. Nestas circunstâncias, os autores concluíram que as segundas-feiras são o dia da semana que apresenta maior impacto nos preços da *Bitcoin*, apresentando retornos cada vez mais elevados ao longo do horizonte temporal, associados a uma elevada volatilidade.

Por seu turno, Décourt, Chohan e Studiorum (2017) analisaram os retornos diários da *Bitcoin* desde janeiro de 2013 a outubro de 2017. O primeiro passo foi verificar a média dos retornos em cada dia da semana e aplicar o teste *t-student* para analisar as significâncias estatísticas dos diferentes preços. O segundo passo foi testar se de facto havia impacto dos dias da semana nos retornos da *Bitcoin* e se os retornos esperados durante os dias da semana apresentavam uma média diferente da encontrada no primeiro teste, verificando também se os retornos obtidos se diferenciavam muito de uns dias para os outros, utilizando uma regressão linear. Concluíram que as segundas-feiras são o dia da semana que apresenta maiores retornos positivos, sendo que as quartas-feiras e os sábados são os dias da semana que se apresentam, a seguir às segundas-feiras, também com retornos positivos. Décourt, Chohan e Studiorum (2017) verificaram igualmente que as segundas-feiras são o dia da semana que apresenta os maiores retornos e quando evidenciam baixos retornos, estes são sempre superiores aos baixos retornos registados para os restantes dias da semana.

Observaram ainda que o único dia da semana que apresenta diferenças significativas relativamente aos restantes dias da semana é a segunda-feira, uma vez que a média dos retornos é significativamente diferente da média dos retornos dos restantes dias da semana.

Caporalea e Plastunb (2018) examinaram dados diários de 4 Criptomoedas, *Bitcoin*, *Litecoin*, *Ripple* e *Dash*, entre 2013 e 2017. Para iniciar o seu estudo, recorreram a uma equação simples para o cálculo dos retornos, utilizando, para tal, o preço das criptomoedas. No sentido de verificar se o dia da semana de destaque é igual para todos os anos, os autores utilizaram teste t-student, ANOVA, Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. Através destes testes, Caporalea e Plastunb (2018) concluíram que para a *Bitcoin* e para a *Litecoin* existem evidências de que a segunda-feira se apresenta como o dia da semana com maiores retornos, relativamente aos restantes dias. Contudo, para a *Ripple* e para a *Dash* não existe qualquer evidência de que os retornos sejam afetados pelos dias da semana.

De forma semelhante, Ma e Tanizaki (2019) investigaram a existência de um efeito dos dias da semana quer nos retornos quer na volatilidade da *Bitcoin*, verificando também o impacto de outros ativos financeiros no preço da *Bitcoin*. Para tal utilizaram o modelo da volatilidade estocástica, assim como um modelo de regressão linear, ao qual foram aplicados testes estatísticos. Foram recolhidos dados diários dos preços da *Bitcoin* calculados em USD desde janeiro de 2013 a dezembro de 2018. Os autores verificaram que entre 2013 e 2017 houve um enorme crescimento no que respeita aos preços da *Bitcoin*, tendo igualmente constatado que o ano de 2017 apresentava o maior crescimento devido ao facto dos investidores e dos média começarem a prestar cada vez mais atenção à *Bitcoin*. Contudo, no ano de 2018 observaram uma queda nos preços. Através dos testes estatísticos realizados ao modelo de regressão linear, Ma e Tanizaki (2019) verificaram também que os maiores retornos se apresentam às segundas-feiras e os menores retornos às quartas-feiras. Os autores observaram ainda que os retornos gerados às segundas-feiras são estatisticamente diferentes dos retornos gerados nos restantes dias da semana. Contudo, ao utilizarem o modelo de volatilidade estocástica, verificaram que são as terças-feiras que apresentam maiores retornos entre 2013 e 2015 e que são as sextas-feiras que apresentam maiores retornos entre 2016 e 2018. Além disso, as quartas-feiras apresentam os retornos mais baixos. No que respeita à volatilidade, são as segundas-feiras e as terças-feiras que apresentam maior volatilidade, quer entre 2013 e 2015, quer entre 2016 e 2018. Ma e Tanizaki (2019) referem que uma possível razão pela qual a volatilidade é maior às segundas-feiras é o facto dos preços da *Bitcoin* serem afetados por choques de outros mercados de ativos. Uma vez que a

segunda-feira é o primeiro dia de transação dos mercados tradicionais depois do fim-de-semana ou depois das férias, novas informações acerca dos ativos financeiros tradicionais poderão influenciar os mercados da *Bitcoin*, neste dia da semana. Verificaram que retornos positivos nos mercados tradicionais reduzem a volatilidade da *Bitcoin*, enquanto que, retornos negativos aumentavam a volatilidade da *Bitcoin*. Isto significa que boas informações relativas aos mercados tradicionais influenciam de forma negativa os mercados da *Bitcoin*, uma vez que aumentam a volatilidade dos preços, aumentando, desta forma, o risco de investimento. Por seu turno, más notícias relativamente aos mercados tradicionais têm um impacto positivo na *Bitcoin*, uma vez que diminuem a sua volatilidade, diminuindo o risco de investimento.

Tal como referido anteriormente, o presente trabalho tem como principal objetivo estudar a volatilidade realizada dos preços, bem como o volume transacionado da *Bitcoin*, em três casas de câmbio distintas, *Bitstamp*, *GDAX* e *Itbit*, para uma frequência de 5 minutos, para os anos de 2015 a 2018, tentando, ao mesmo tempo, relacionar estas duas variáveis. Para além disto, o presente estudo também se foca na procura de padrões de sazonalidade intradiários e diários tanto para a volatilidade realizada de preços, como para o volume transacionado.

A revisão de literatura realizada nesta secção, tal como se pode verificar, tem como principais pontos a sazonalidade intradiária e diária da volatilidade realizada dos preços e do volume transacionado da *Bitcoin*, o que permite, tendo em consideração os objetivos do presente trabalho, inferir acerca de determinados resultados que poderão vir a ser obtidos ao longo do presente estudo.

Neste sentido, no que respeita à relação entre a volatilidade realizada dos preços e o volume transacionado, é possível inferir que estas apresentam uma relação positiva, isto significa que quando uma variável aumenta, a outra também irá aumentar.

Relativamente à sazonalidade intradiária para a volatilidade realizada dos preços e para o volume, é possível prever que a volatilidade e o volume atingem o seu pico durante o horário de trabalho.

No que respeita à sazonalidade diária da volatilidade realizada dos preços e do volume transacionado, é possível concluir, segundo a literatura, que apresentam maiores valores durante a semana, sendo, por seu turno, menores ao fim-de-semana. Contudo, a



segunda-feira, destaca-se por se revelar o dia da semana com maior volatilidade realizada de preços.

## 4. Dados e Análise Preliminar

A presente secção é constituída por duas subsecções. No primeiro ponto são apresentados os dados e os critérios adotados aquando da sua recolha. No segundo apresenta-se o respetivo tratamento e um conjunto de estatísticas descritivas.

### 4.1 Critérios adotados para a recolha de dados

Os dados para realizar o presente estudo foram recolhidos do *site* [www.Bitcoincharts.com](http://www.Bitcoincharts.com). Este site permite a obtenção do histórico das transações de *Bitcoins* realizadas em várias casas de câmbio. É de salientar que o dólar americano (USD) e yuan chinês (CNY) são consideradas das moedas mais importantes no que diz respeito à transação de *Bitcoins*. No entanto, o estudo irá incidir apenas no mercado USD/BTC, uma vez que existem suspeitas de que o mercado CNY/BTC tende a sobrevalorizar a informação referente ao seu volume transacionado, no sentido de atrair mais investidores (Sebastião, et al., 2017).

O período amostral do presente estudo abrange os anos de 2015 até 2018. A base de dados foi construída com uma frequência de 5 minutos para os quatro anos em causa. O facto do estudo incidir sobre a sazonalidade intradiária e diária justifica a escolha do intervalo de tempo de 5 minutos. Com este intervalo é possível a obtenção de observações suficientes para estudar as referidas sazonalidades, sem incorrer em erros significativos. Para cada intervalo de tempo foram recolhidas informações relativamente ao preço de fecho do mercado, ao volume transacionado em *BTC*, bem como ao preço ponderado pelo volume.

A escolha das casas de câmbio, isto é, das instituições que se dedicam à troca de uma moeda por outra<sup>2</sup>, neste caso, pela *Bitcoin*, teve por base vários critérios. Procurou-se seleccionar casas de câmbio em atividade na Europa, China, Japão, Austrália e Estados Unidos da América. Este foi o primeiro critério a ser aplicado, uma vez que focalizando-se o estudo na análise comparativa da sazonalidade intradiária e diária, seria relevante que se incluíssem casas de câmbio que envolvessem entre si diferenças horárias, de modo a verificar se efetivamente existe um padrão de sazonalidade entre os cinco cantos do globo. O segundo critério adotado para a escolha das casas de câmbio consistiu em verificar se, para o período amostral referido, não existem períodos alargados de tempo em que não ocorreram

---

<sup>2</sup> [https://pt.wikipedia.org/wiki/Casa\\_de\\_c%C3%A2mbio](https://pt.wikipedia.org/wiki/Casa_de_c%C3%A2mbio) (acedido em março, 2019).

transações, uma vez que tal a verificar-se conduziria à falta de observações, podendo assim levar a um estudo pouco eficiente da sazonalidade. Neste sentido e, após uma profunda pesquisa, verificou-se que não seria possível reunir observações suficientes das casas de câmbio referentes à China, Japão e Austrália e, por esse motivo, foram apenas selecionadas três casas de câmbio: *Bitstamp*, *GDAX* e *Itbit*, referentes à Europa, Estados Unidos da América Oeste e Estados Unidos da América Este, respetivamente.

A *Bitstamp* é uma casa de câmbio fundada em 2011, na Eslovénia, por Nejc Kodrič e Damijan Merlak, tendo sido registada em 2013 em Londres e, em 2016, estabeleceu-se no Luxemburgo. No ano de 2013, aquando da incorporação no Reino Unido, a empresa recorreu à *Financial Conduct Authority*<sup>3</sup>, com o intuito de obter uma autorização para ser considerada como instituição de pagamento e, por conseguinte, poder fazer negociações com outros países. No entanto, não considerando a *Bitcoin* como uma moeda, uma vez que não está sujeita a qualquer regulamentação, esta entidade entendeu que a *Bitstamp* não poderia ser considerada uma instituição de pagamentos. Contudo, em abril de 2016, o governo Luxemburguês concedeu uma licença à *Bitstamp* para ser totalmente regulamentada na União Europeia (UE) como uma instituição de pagamento, permitindo, deste modo, a negociação a todos os 28 Estados-Membros da UE<sup>4</sup>.

A *Global Digital Asset Exchange (GDAX)* foi fundada em 2012 por Brian Armstrong e Fred Ehrsam, sendo designada até 2016 de *Coinbase*. A *GDAX* encontra-se sediada em São Francisco, Califórnia (Estados Unidos da América Oeste). Os serviços de compra e venda de *Bitcoin*, nesta casa de câmbio, foram realizados através de transferências bancárias. No decorrer do ano de 2013, a casa de câmbio recebeu investimentos avultados de empresas de capital de risco e, em 2014, a empresa conseguiu atingir mais de um milhão de utilizadores, conseguindo adquirir, desta forma, o serviço de *Blockchain*<sup>5</sup>.

Por fim, a *Itbit* é uma casa de câmbio fundada em 2012 por Charles Cascarilla e Richmond Teo e encontra-se sediada em Nova Iorque (Estados Unidos da América Este), tendo uma delegação também em Singapura. Esta casa de câmbio foi fundada com o intuito de fazer concorrência à *GDAX*, que se começava a tornar o único líder de mercado da *Bitcoin* nos Estados Unidos da América. Após a sua fundação, a *Itbit* conseguiu superar o seu

---

<sup>3</sup> Órgão regulador financeiro no Reino Unido.

<sup>4</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Bitstamp> (acedido em março, 2019).

<sup>5</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Coinbase> (acedido em março, 2019).

principal concorrente, a *GDAX*, conseguindo oferecer os seus serviços de câmbio em todos os 50 estados americanos, ao contrário desta última, que apenas oferece os seus serviços em 33 estados<sup>6</sup>.

#### 4.2 Tratamento de Dados e Estatísticas Descritivas

Após a escolha do período amostral, bem como das casas de câmbio, procedeu-se ao tratamento dos dados recolhidos. É importante salientar que foram eliminados todos os intervalos de tempo que não continham dados, ou seja, todos os intervalos de 5 minutos em que não ocorreu qualquer transação e, portanto, não houve qualquer registo de dados. Após este passo, procedeu-se ao cálculo da rendibilidade intradiária, utilizando a seguinte fórmula:

$$Rendibilidade_{t,i} = \log(P_{t,i}) - \log(P_{t-1,i}) \quad (1)$$

correspondendo o  $t$  ao dia da transação, o  $i$  ao período intradiário e o  $P_{t,i}$  ao preço do fecho de mercado do período intradiário  $i$  no dia de transação  $t$ . Uma vez calculada a rendibilidade, esta foi elevada ao quadrado, com o intuito de se obter a volatilidade realizada dos preços:

$$Volatilidade Realizada_{t,i} = (\log(P_{t,i}) - \log(P_{t-1,i}))^2 \quad (2)$$

É de salientar que a volatilidade realizada dos preços corresponde à amplitude da variação do preço da *Bitcoin* ao longo do tempo. Neste sentido, se o preço se mantiver constante ao longo do tempo, então a volatilidade aproxima-se de zero. Por seu turno, se o preço variar muito ao longo do tempo, então a volatilidade será, em média, mais elevada.

Após tal procedimento, foram obtidas as estatísticas descritivas das variáveis objeto de estudo, nomeadamente a média e o desvio-padrão, referentes a cada ano, da volatilidade realizada dos preços, bem como do volume transacionado, de cada casa de câmbio, utilizando para o efeito o programa *Gretl*<sup>7</sup>. Recorde-se que a média se refere ao valor para onde se concentram os dados de uma distribuição<sup>8</sup>. Já o desvio-padrão é definido como uma medida de dispersão em torno da média<sup>9</sup>. Assim, se o desvio-padrão se apresenta baixo, pode

---

<sup>6</sup> <https://en.bitcoinwiki.org/wiki/ItBit> (acedido em março, 2019).

<sup>7</sup> Gretl (2019), Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library: <http://gretl.sourceforge.net/> (acedido em março, 2019).

<sup>8</sup> <https://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9dia> (acedido em março 2019).

<sup>9</sup> [https://pt.wikipedia.org/wiki/Desvio\\_padr%C3%A3o](https://pt.wikipedia.org/wiki/Desvio_padr%C3%A3o) (acedido em março 2019).

dizer-se que as observações recolhidas tendem a estar mais próximas da média. Pelo contrário, se o desvio-padrão apresentar um valor elevado, tal significa que as observações se encontram distribuídas por uma ampla gama de valores.

Na Tabela 1 apresentam-se as estatísticas descritivas referentes às casas de câmbio em estudo, *Bitstamp*, *GDAX* e *Itbit*.

**Tabela 1. Estatísticas Descritivas Intradiárias - Volume e Volatilidade Realizada**

<b>Bitstamp</b>				
	Volume		Volatilidade Realizada	
Ano	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
2015	54,58	130,81	0,000008568	0,00016179
2016	19,50	50,15	0,000003785	0,00002916
2017	44,81	71,45	0,000013169	0,00010145
2018	37,43	63,90	0,000008781	0,00004479
<b>GDAX</b>				
	Volume		Volatilidade Realizada	
Ano	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
2015	30,44	76,01	0,000074152	0,00312950
2016	21,40	31,66	0,000002541	0,00002502
2017	52,46	75,89	0,000013058	0,00017326
2018	46,29	82,02	0,000008102	0,00004977
<b>Itbit</b>				
	Volume		Volatilidade Realizada	
Ano	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
2015	36,01	149,82	0,000013354	0,00017412
2016	26,76	83,35	0,000003222	0,00002952
2017	11,06	39,30	0,000014791	0,00025973
2018	14,29	29,13	0,000009940	0,00013254

**Fonte:** Média e Desvio-Padrão obtidos pelo programa *Gretl*, após a recolha de dados e a resolução das equações (1) e (2) para a obtenção da Volatilidade Realizada dos preços.

Conforme se pode observar, para a casa de câmbio *Bitstamp*, destaca-se o ano de 2016, uma vez que possui os valores mais baixos da média e do desvio-padrão, tanto em termos de volume como em termos de volatilidade realizada. De salientar também o ano de 2015 no que diz respeito ao volume, uma vez que possui os valores mais elevados tanto da média como de desvio-padrão. Já para 2017, é de salientar a volatilidade realizada, uma vez que possui a média mais elevada dos quatro anos em estudo.

No que respeita à casa de câmbio *GDAX*, o ano de 2016 volta a destacar-se por apresentar os valores mais baixos, tanto no que respeita ao volume como à volatilidade realizada dos preços. Por seu turno, o ano de 2017 destaca-se por apresentar a média mais elevada referente ao volume transacionado. No caso da *GDAX*, o ano de 2015 destaca-se no que respeita à volatilidade realizada, apresentando os valores mais elevados tanto relativamente à média como ao desvio-padrão.

Relativamente à casa de câmbio *Itbit*, ao contrário do verificado nas casas de câmbio anteriores, é o ano de 2017 que se destaca por apresentar o valor do volume médio mais baixo dos quatro anos em estudo. Além disso, o ano de 2017 é também aquele que apresenta os valores mais elevados no que respeita à volatilidade realizada. O ano de 2015 destaca-se por apresentar a média e o desvio-padrão mais elevados relativamente ao volume transacionado.

Perante estes resultados, é possível avançar uma primeira conclusão no que respeita ao volume transacionado, podendo dizer-se que o ano de 2016 foi o menos favorável para as casas de câmbio *Bitstamp* e *GDAX*, apresentando-se, por outro lado, para a *Itbit*, o ano de 2017 como o menos favorável. Uma possível explicação para o ano de 2016 se caracterizar por baixos volumes transacionados será o facto de ter ocorrido um ataque aos mercados da *Bitcoin*, na casa de câmbio *Bitfinex*, que anunciou que tinham sido roubados 72 milhões de dólares das contas dos investidores, conduzindo a que o preço da *Bitcoin* se tivesse depreciado em cerca de 20% (Griffin e Shams, 2018). Devido a tal acontecimento, os investidores, com medo de perderem o valor investido, poderão ter deixado de transacionar *Bitcoin*.

Relativamente aos baixos volumes transacionados em 2017, tal pode explicar-se pelo facto de serem os anos em que as economias já começam a recuperar dos efeitos da crise de 2008, isto é, começa a recuperar a confiança nas instituições financeiras, o que

poderá conduzir ao facto da sociedade já não necessitar de recorrer a alternativas, como os mercados da *Bitcoin*, para poderem investir.

Já no que diz respeito à volatilidade realizada dos preços, para as casas de câmbio *Bitstamp* e *Itbit*, é no ano de 2017 que se apresentam os valores mais elevados. Por seu turno, para a casa de câmbio *GDAX*, destacam-se os valores registados em 2015. Tal como referem Ma e Tanizaki (2019), 2017 foi o ano em que os investidores e os média começaram a prestar cada vez mais atenção à *Bitcoin*, conduzindo, assim, a uma maior volatilidade observada neste ano. Neste sentido, os resultados obtidos para a casa de câmbio *Bitstamp* e para a *Itbit* parecem estar de acordo com a literatura. Relativamente à casa de câmbio *GDAX*, uma explicação para o ano de 2015 ter apresentado maiores valores de volatilidade, pode ser pela possibilidade de terem havido boas informações acerca dos mercados tradicionais de ativos financeiros, o que poderá ter influenciado, de forma negativa, os mercados da *Bitcoin*, aumentando a volatilidade e, por consequência, o risco de investimento, tal como sugerem Ma e Tanizaki (2019).

De salientar também que os resultados obtidos, quer para a casa de câmbio *Bitstamp*, quer para a *GDAX*, se encontram de acordo com a literatura, na medida em que se verifica a existência de uma relação positiva entre o volume transacionado e a volatilidade realizada dos preços. Ou seja, quanto maior (ou menor) for o volume transacionado, maior (ou menor) será a volatilidade realizada. No entanto, se se centrar a atenção na casa de câmbio *Itbit*, esta situação não se verifica, uma vez que o ano de 2017 é aquele que apresenta menor volume transacionado, ainda que a volatilidade realizada dos preços apresente os valores mais elevados.

Analisadas as estatísticas descritivas do volume e da volatilidade realizada intradiárias para cada ano, procedeu-se, em seguida, à análise das respetivas estatísticas descritivas diárias. Para tal, foram reunidas as observações de cada dia da semana dos quatro anos em estudo, utilizando para o efeito a fórmula *dia.semana* do programa *Microsoft Excel*, com o intuito de transformar as datas em dias da semana, de cada casa de câmbio tendo sido aplicadas as fórmulas da rendibilidade e da volatilidade realizada aos dados de cada dia da semana, obtendo-se através do programa *Gretl* as correspondentes estatísticas descritivas.

Na Tabela 2 apresentam-se as estatísticas descritivas diárias do volume e da volatilidade realizada dos preços referentes às três casas de câmbio em estudo, *Bitstamp*, *GDAX* e *Itbit*.

**Tabela 2. Estatísticas Descritivas Diárias - Volume e Volatilidade Realizada**

<b>Bitstamp</b>				
	Volume		Volatilidade Realizada	
Dia-da-Semana	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Segunda-Feira	37,72	76,30	0,000007113	0,000037785
Terça-Feira	43,47	89,37	0,000008281	0,000052935
Quarta-Feira	46,21	103,67	0,000010662	0,000206460
Quinta-Feira	42,87	86,32	0,000009315	0,000055235
Sexta-Feira	43,04	86,19	0,000010232	0,000124590
Sábado	30,25	75,84	0,000007148	0,000035507
Domingo	29,72	75,35	0,000007471	0,000038141
<b>GDAX</b>				
	Volume		Volatilidade Realizada	
Dia-da-Semana	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Segunda-Feira	39,02	97,25	0,000006026	0,000082639
Terça-Feira	40,95	68,65	0,000007071	0,000068637
Quarta-Feira	43,35	73,90	0,000102830	0,003829500
Quinta-Feira	41,30	67,70	0,000025930	0,001226300
Sexta-Feira	42,13	72,89	0,000011119	0,000245280
Sábado	29,46	48,92	0,000006288	0,000098923
Domingo	28,14	50,02	0,000005578	0,000039679
<b>Itbit</b>				
	Volume		Volatilidade Realizada	
Dia-da-Semana	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Segunda-Feira	19,51	57,51	0,000007833	0,000040096
Terça-Feira	21,73	101,06	0,000009630	0,000076617
Quarta-Feira	21,45	71,44	0,000012503	0,000282870
Quinta-Feira	21,45	98,57	0,000010467	0,000073202
Sexta-Feira	20,13	64,77	0,000015334	0,000325870
Sábado	15,98	68,88	0,000008300	0,000073229
Domingo	15,29	60,35	0,000008940	0,000059951

**Fonte:** Média e Desvio-Padrão obtidos pelo programa *Gretl*, após a recolha de dados e a resolução das equações (1) e (2) para a obtenção da Volatilidade Realizada dos preços.



Conforme se pode observar, para a casa de câmbio *Bitstamp*, o dia da semana com maior volume transacionado é a quarta-feira. Por seu turno, o domingo apresenta-se como o dia da semana com valores mais baixos relativamente ao volume transacionado. Já no que respeita à volatilidade realizada dos preços, a quarta-feira, apresenta-se, mais uma vez, como o dia da semana com valores mais elevados, sendo a segunda-feira e o sábado, os dias da semana com valores mais baixos no que respeita a esta variável.

Relativamente à casa de câmbio *GDAX*, é possível observar, mais uma vez, que a quarta-feira é o dia da semana com maior volume transacionado. No entanto, a segunda-feira destaca-se no que respeita ao desvio-padrão. Por seu turno, o domingo apresenta os valores mais baixos em termos de volume transacionado. Já relativamente à variável da volatilidade realizada, a quarta-feira apresenta-se como o dia da semana com valores mais elevados, ao passo que a segunda-feira e o domingo são os dias da semana com valores mais baixos no que respeita a esta variável.

Conforme se pode observar, no caso da *Itbit*, a terça-feira é o dia da semana que apresenta os valores mais altos no que respeita ao volume transacionado e o domingo o dia da semana que apresenta valores menos favoráveis no que respeita a esta variável. Já no que diz respeito à volatilidade realizada, a sexta-feira é o dia da semana com o valor mais elevado, ao passo que a segunda-feira apresenta os valores mais baixos.

Em resumo, no que respeita ao volume transacionado, pode dizer-se que para as casas de câmbio *Bitstamp* e *GDAX*, a quarta-feira é o dia da semana que apresenta valores mais elevados, sendo que, para a *Itbit*, a terça-feira é o dia mais favorável relativamente a esta variável. A razão pela qual a terça-feira e quarta-feira se apresentam como os dias da semana com maiores volumes transacionados poderá ser devido ao facto de ser início de semana e as pessoas, com energias renovadas no fim-de-semana, encontram-se mais predispostas para transacionar.

Já no que diz respeito à volatilidade realizada dos preços, para as casas de câmbio *Bitstamp* e *GDAX*, mais uma vez, a quarta-feira destaca-se ao apresentar os valores mais elevados. No entanto, para a casa de câmbio *Itbit*, é a sexta-feira o dia da semana com maior volatilidade. Apresentando-se a quarta-feira como o dia da semana que apresenta maior volume transacionado, para as casas de câmbio *Bitstamp* e *GDAX* uma possível explicação para a enorme volatilidade poderá ser devido ao facto da população poder estar dividida em duas partes. Quer isto dizer que sendo a quarta-feira o dia que está exatamente no meio dos

fins-de-semana, poderá existir uma parte da população que já se encontra cansada da semana de trabalho e, por este motivo, não se encontra predisposta a grandes investimentos e outra parte da população que, estando entusiasmada para o fim-de-semana que se aproxima, se encontra com toda a energia para realizar enormes investimentos. Neste sentido, havendo uma grande parte da população a transacionar a baixos valores e outra a preços mais elevados, conduz a que a amplitude da variação dos preços da *Bitcoin* seja maior.

No que respeita à sexta-feira, o facto desta apresentar uma grande volatilidade, na casa de câmbio *Itbit*, poderá ser devido ao facto de ser o último dia da semana, em que a sociedade já se encontra mais cansada e sem tanta disposição para transacionar. Uma vez que são poucas pessoas a transacionar, basta então que uma pessoa transacione a valores muito elevados e outra transacione a preços muito baixos para que a volatilidade aumente rapidamente.

Perante estes resultados, pode dizer-se que as casas de câmbio *Bitstamp* e *GDAX* apresentam um padrão semelhante. Já a casa de câmbio *Itbit* apresenta um padrão distinto. Tal como referido aquando da revisão de literatura, quanto maior o volume, maior será a volatilidade realizada dos preços, o que é observável nas casas de câmbio *Bitstamp* e *GDAX*. Por seu turno, na casa de câmbio *Itbit*, tal facto não é observável, uma vez que a terça-feira é o dia da semana que apresenta maiores valores no que respeita ao volume transacionado, no entanto, não apresenta a maior volatilidade realizada quando comparada com os restantes dias da semana. A literatura refere também que o dia da semana que apresenta maiores valores de volatilidade realizada é a segunda-feira, o que não é observável nos resultados obtidos. Na sequência dos resultados obtidos com o estudo, pode dizer-se que a quarta-feira é o dia da semana com maior volatilidade realizada, para as casas de câmbio *Bitstamp* e *GDAX*. Já a sexta-feira apresenta-se como o dia da semana com maior volatilidade realizada relativamente à casa de câmbio *Itbit*.



## 5. Análise dos Padrões de Sazonalidade

Após a análise das estatísticas descritivas das variáveis consideradas mais relevantes para o estudo em questão, nesta secção procedeu-se ao cálculo dos multiplicadores das volatilidades realizadas dos preços intradiária e diária, bem como dos volumes intradiários e diários.

O multiplicador da volatilidade realizada dos preços intradiária é calculado a partir da seguinte equação:

$$\lambda_{Volatilidade Realizada i} = \frac{média_{volatilidade realizada i}}{\Sigma média_{volatilidade realizada i}} \quad (3)$$

onde  $\lambda_{Volatilidade Realizada i}$ , corresponde ao multiplicador da volatilidade intradiária,  $\Sigma$  corresponde ao somatório e  $i$  corresponde ao intervalo intradiário. É importante referir que para o cálculo da média da volatilidade realizada intradiária, os dias de transação são partidos em intervalos de 5 minutos, começando às 00:00, portanto, o primeiro intervalo corresponde ao período das 00:00 às 00:05. Uma vez definido esse intervalo, é feita a média considerando as observações de todos os dias durante o período amostral. Desta forma são obtidos 288 multiplicadores de volatilidade intradiárias.

Para o cálculo da volatilidade diária realizada dos preços, foi utilizada a fórmula *dia.semana*, com o intuito de transformar os dias do ano em dias da semana, do programa *Microsoft Excel*. Após este procedimento, cada dia da semana do período amostral foi agrupado, calculando-se, assim, a média da volatilidade realizada para cada dia da semana. Foi, deste modo, possível calcular o multiplicador da volatilidade realizada dos preços diária, a partir da seguinte equação:

$$\lambda_{Volatilidade Realizada d} = \frac{média_{volatilidade realizada d}}{\Sigma média_{volatilidade realizada d}} \quad (4)$$

onde  $\lambda_{Volatilidade Realizada d}$  corresponde ao multiplicador da volatilidade diária,  $\Sigma$  corresponde ao somatório e  $d$  corresponde ao dia da semana.

Os multiplicadores intradiários e diários dos volumes transacionados são calculados a partir das equações (5) e (6):

$$\lambda_{Volume i} = \frac{média_{volume i}}{\Sigma média_{volume i}} \quad (5)$$

$$\lambda_{Volume\ d} = \frac{média_{Volume\ d}}{\Sigma média_{Volume\ d}} \quad (6)$$

onde  $\lambda_{Volume\ i}$  corresponde ao multiplicador do volume intradiário,  $\lambda_{Volume\ d}$  corresponde ao multiplicador do volume diário,  $\Sigma$  corresponde ao somatório,  $i$  corresponde ao intervalo intradiário e  $d$  corresponde ao dia. Para o cálculo da média do volume transacionado foram realizados os mesmos procedimentos, quer no que se refere ao período intradiário, quer no que se refere ao período diário.

Depois do cálculo dos multiplicadores, foram construídos os respetivos gráficos para cada casa de câmbio, ou seja, gráficos para a volatilidade realizada dos preços intradiária e diária bem como para o volume transacionado, intradiário e diário, na *Bitstamp*, *GDAX* e *Itbit*.

Foi, deste modo, possível constatar que à meia-noite de cada casa de câmbio, a volatilidade realizada era muito menor quando comparada com as restantes horas do dia, influenciando, deste modo, a interpretação dos gráficos. Com o objetivo de se compreender o porquê de tal situação, procedeu-se ao envio de um e-mail para as respetivas casas de câmbio que justificaram tal diferença com a localização geográfica dos seus utilizadores. O facto de muitos utilizadores possuírem o mesmo fuso horário, mas diferente do país em questão, pode ter conduzido à diminuição da procura durante a noite.

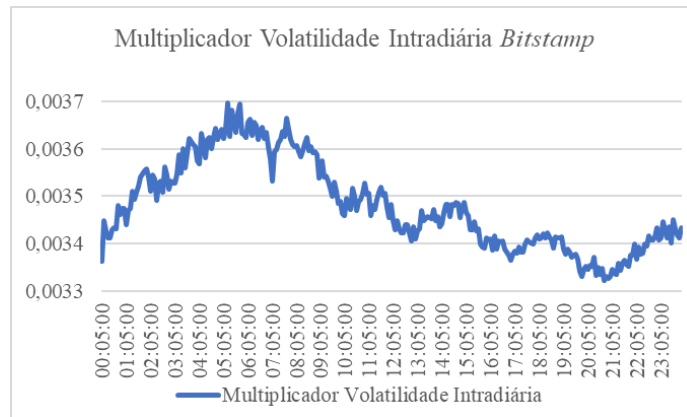
Tal como já foi referido anteriormente, o facto da volatilidade realizada à meia-noite ser inferior às restantes horas do dia influencia a interpretação dos gráficos e, por esse motivo, esse resultado foi considerado como um *outlier*, sendo eliminado para uma melhor visualização do que acontece ao longo do dia, em cada casa de câmbio. Os gráficos com os respetivos *outliers* podem ser observados em Anexo, na *Figura A1* (Gráficos *a*, *b* e *c*).

## 5.1 Volatilidade Realizada dos Preços e do Volume Transacionado Intradiários

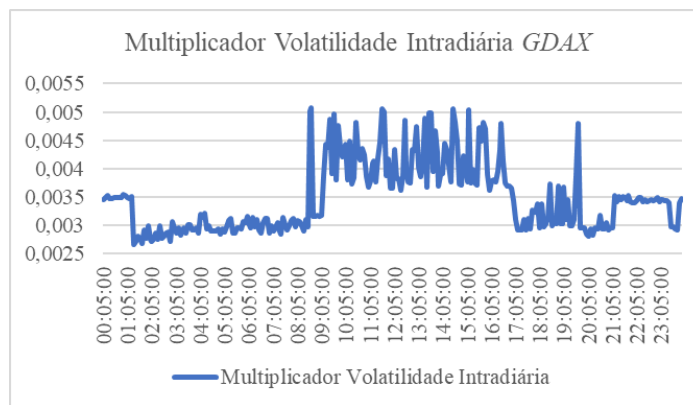
Nesta subsecção irá proceder-se à interpretação dos gráficos construídos para a volatilidade realizada dos preços e para a volatilidade do volume transacionado das três casas de câmbio em estudo: *Bitstamp*, *GDAX* e *Itbit*.

Neste sentido, a Figura 1 decompõe-se em três gráficos (a), (b) e (c) para a volatilidade realizada dos preços intradiária, em hora local, para as casas de câmbio *Bitstamp*, *GDAX* e *Itbit*.

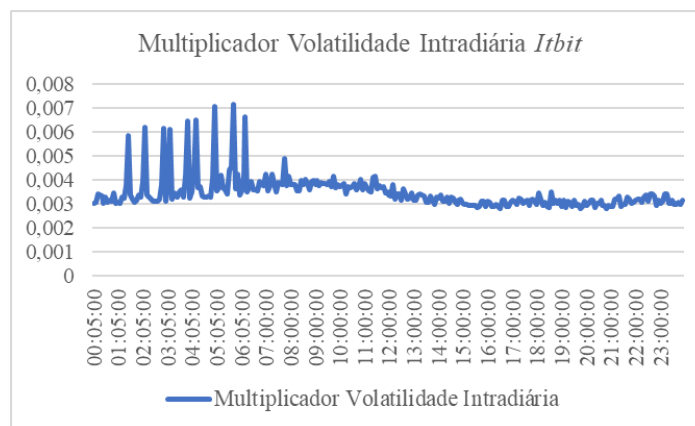
**Figura 1. Multiplicador da Volatilidade Realizada Intradiária – Hora Local**



**Gráfico (a): *Bitstamp***



**Gráfico (b): *GDAX***



**Gráfico (c): *Itbit***

**Fonte:** Gráficos construídos pelo autor após a resolução das equações (2) e (3) com os dados recolhidos relativos aos preços de fecho de cada casa de câmbio para os anos em estudo.

É possível observar, no Gráfico (a), para a casa de câmbio *Bitstamp*, que existe um aumento da volatilidade realizada até às 05h05m, verificando-se uma grande diminuição até às 07h05m, retomando de seguida os valores iniciais. Constatam-se igualmente uma descida até às 21h05m, seguida de um aumento até às 23h55m. É ainda possível inferir que durante o dia a volatilidade dos preços diminuiu, verificando-se um aumento durante a noite.

No que respeita à casa de câmbio *GDAX*, Gráfico (b) da Figura 1, a volatilidade de preços observada comporta-se de forma diferente. Com efeito, verifica-se uma volatilidade mais baixa durante a noite, aumentando às 08h05m, voltando a diminuir às 17h05m. Observa-se um pico entre as 19h00m e as 20h00m, voltando em seguida aos valores alcançados durante a noite. Nesta casa de câmbio, ao contrário da *Bitstamp*, a maior volatilidade de preços ocorre durante o dia.

Finalmente, no Gráfico (c) da Figura 1, respeitante à casa de câmbio *Itbit*, são observáveis diversos picos de volatilidade entre as 00h00m e as 07h00m, sendo de destacar uma volatilidade praticamente constante entre as 07h00m e as 23h55m.

A grande volatilidade realizada dos preços verificada durante a noite nas casas de câmbio *Bitstamp* e *Itbit* poderá dever-se ao facto de haver menos pessoas a transacionar e, desta forma, se algumas pessoas transacionarem a preços muito elevados e outras a preços muito baixos, tal conduz a que a amplitude da variação dos preços seja maior.

Relativamente à grande volatilidade observada durante o dia para a casa de câmbio *GDAX*, a mesma poderá ser explicada pela influência que os mercados tradicionais poderão exercer na volatilidade dos preços da *Bitcoin*. Tal como referiram Ma e Tanizaki (2019), existe a possibilidade de que sempre que haja boas notícias relativamente aos mercados financeiros tradicionais, tal facto possa ter um impacto negativo nos mercados da *Bitcoin*, fazendo elevar a sua volatilidade.

Perante estes comportamentos, pode então dizer-se que a volatilidade realizada dos preços intradiária para as casas de câmbio *Bitstamp* e *Itbit* é maior durante a noite e para a casa de câmbio *GDAX* é maior durante o dia, em hora local. No entanto, o melhor momento para investir nas casas de câmbio *Bitstamp* e *Itbit* será durante o dia, ao passo que na casa de câmbio *GDAX* será durante a noite, alturas em que a volatilidade dos preços é menor, o que conduz a um menor risco de investimento com menos custos de transação.

Tal como foi referido anteriormente, uma vez que as três casas de câmbio possuem diferenças horárias entre si, é relevante que se analisem os gráficos da volatilidade intradiária, quer com a hora local, quer com a hora UTC, isto é, com as diferenças de horas existentes entre os três países.

Para tal, tomou-se como referência a casa de câmbio *Bitstamp* que se situa na Europa e verificou-se qual a diferença horária existente com as outras duas zonas dos Estados Unidos da América. Constatou-se que nos Estados Unidos da América Oeste existe um desfasamento temporal de menos 9 horas relativamente à Europa e que nos Estados Unidos da América Este esse desfasamento é de menos 6 horas que na Europa. Assim, quando na Europa é meia.-noite, nos Estados Unidos da América Oeste são 15h e nos Estados Unidos da América Este são 18h. Verificadas as diferenças horárias, procedeu-se à construção de gráficos similares (Figura 2).

**Figura 2. Multiplicador da Volatilidade Realizada Intradiária – Hora UTC**

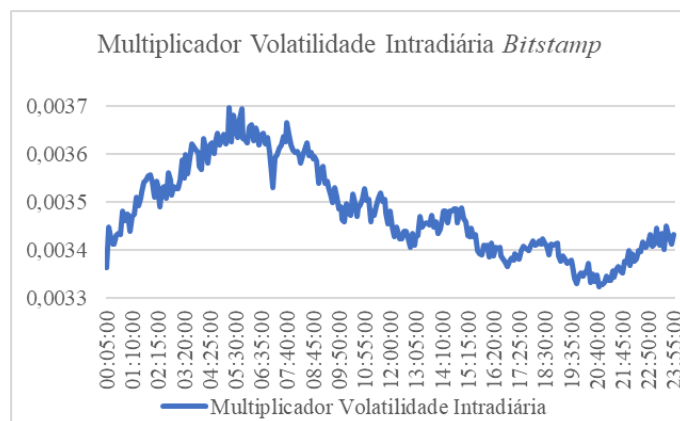


Gráfico (a): *Bitstamp*

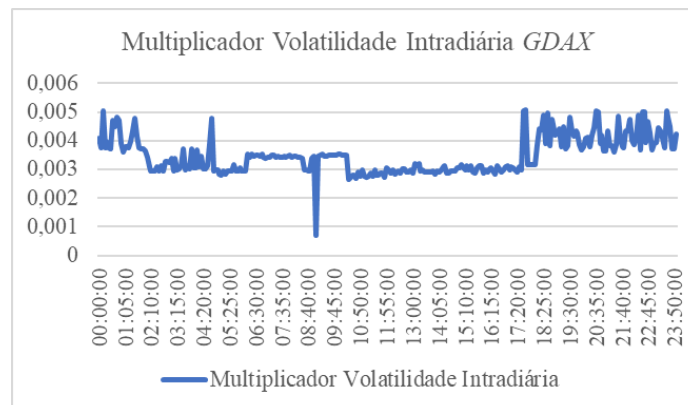


Gráfico (b): *GDAX*



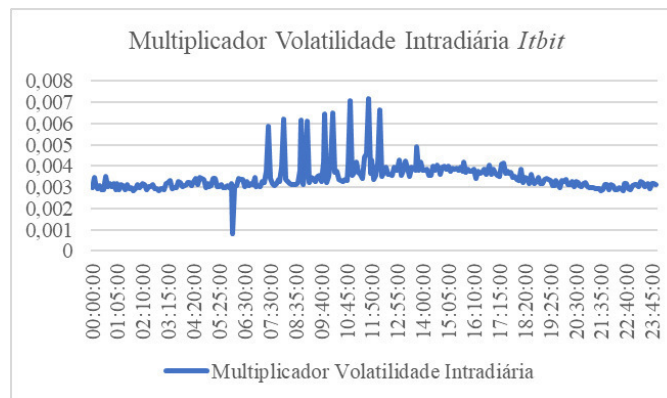


Gráfico (c): *Itbit*

**Fonte:** Gráficos construídos pelo autor após a resolução das equações (2) e (3) com os dados recolhidos relativos aos preços de fecho de cada casa de câmbio para os anos em estudo.

Uma vez que se tomou como referência horária a casa de câmbio *Bitstamp*, ou seja, foi a partir desta que se construíram as diferenças horárias das outras duas casas de câmbio, *GDAX* e *Itbit*, os gráficos, quer em hora local, quer em hora UTC, para a casa de câmbio *Bitstamp* serão iguais.

Neste sentido, tendo por base a Figura 2, Gráfico (b), respeitante à casa de câmbio *GDAX*, é possível observar que a volatilidade dos preços entre as 00h00m e as 02h10m é caracterizada por três picos elevados, iniciando uma descida a partir das 02h20m, mantendo-se constante até às 17h30m, período esse que apenas se caracteriza por dois picos, um mais elevado às 04h20m e outro mais baixo às 08h40m. Às 17h30m inicia uma subida, mantendo-se relativamente constante até às 23h55m.

Relativamente à casa de câmbio *Itbit*, observando-se o Gráfico (c), é possível inferir que a volatilidade dos preços, entre as 00h00m e as 05h00m, se mantém constante, observando-se apenas um pico abaixo às 05h25m. A partir das 07h30m, são observáveis diversos picos até às 12h55m, verificando-se valores mais elevados de volatilidade realizada neste intervalo. Após as 12h45m, a volatilidade realizada volta a ser constante.

Posto isto, não é possível definir um padrão de comportamento seguido pelas três casas de câmbio. No entanto, é possível verificar que uma vez que a volatilidade de preços nos EUA Oeste é maior durante o fim de tarde/início de noite da Europa, a melhor altura para um potencial investidor Europeu investir em *Bitcoin* nesta zona dos EUA será durante o dia, momento esse que apresenta menor volatilidade e, portanto, menos risco de

investimento. No que respeita aos EUA Este, a volatilidade de preços apresenta-se maior durante o período da manhã, sendo por isso, mais benéfico investir ou durante a noite ou durante a tarde. No que respeita aos investidores Americanos, o melhor momento para investir na Europa será durante o período da noite dos EUA, uma vez que entre as 09h00m e as 23h55m da Europa, a volatilidade apresenta valores mais baixos, momento esse que corresponde ao período da noite nos EUA.

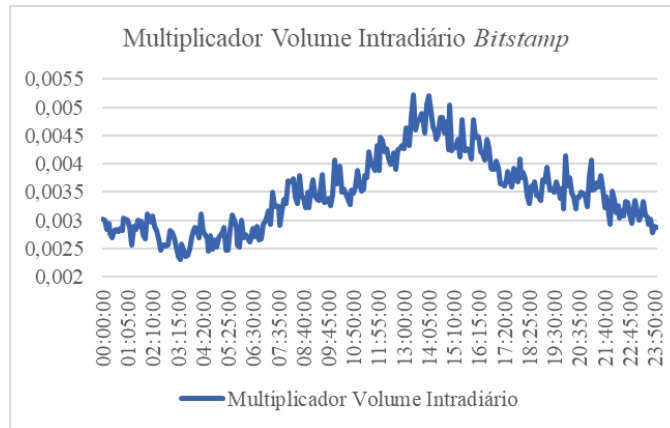
Segundo a literatura apresentada, para a casa de câmbio *Bitstamp*, seria de esperar que a volatilidade realizada dos preços fosse maior entre as 07h00m e as 18h00m, no entanto, este facto não se verifica, uma vez que, a maior volatilidade registou-se entre as 03h20 e as 08h45m da manhã. Contudo, o horizonte temporal da literatura correspondia ao período compreendido entre 2014 e 2017, ao passo que o presente estudo tem como horizonte temporal os anos de 2015 a 2018, o que poderá explicar os diferenciados resultados obtidos.

Além disso, a literatura aponta também que a volatilidade realizada dos preços é maior durante o horário de trabalho e nas horas em que os potenciais investidores estão acordados. Neste sentido, para a casa de câmbio *Bitstamp* e *Itbit*, na análise em hora local, esta situação não se verifica, uma vez que se assiste a uma maior volatilidade dos preços durante a noite. Ainda assim, a casa de câmbio *GDAX* segue este padrão, observando-se maior volatilidade dos preços durante o dia.

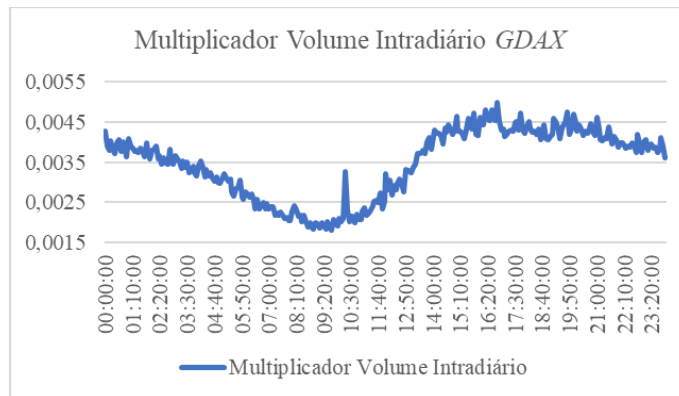
No que respeita à análise em hora UTC, tanto a casa de câmbio *GDAX* como a *Itbit*, seguem o padrão de comportamento anteriormente referido, uma vez que se verifica maior volatilidade de preços durante a manhã e fim de tarde/início de noite da Europa.

Passando à análise da volatilidade do volume transacionado intradiário, observe-se a Figura 3 que apresenta os gráficos relativos a esta variável para as três casas de câmbio em estudo.

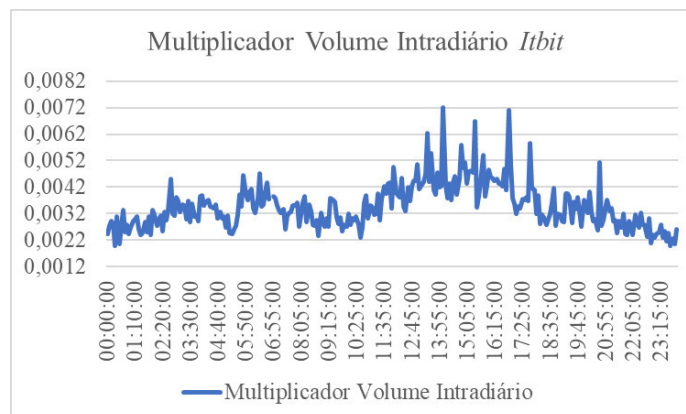
**Figura 3. Multiplicador do Volume Transacionado Intradiário – Hora Local**



**Gráfico (a): *Bitstamp***



**Gráfico (b): *GDAX***



**Gráfico (c): *Itbit***

**Fonte:** Gráficos construídos pelo autor após a resolução da equação (5) com os dados recolhidos relativos ao volume transacionado de cada casa de câmbio para os anos em estudo.

É possível verificar, no Gráfico (a), correspondente à casa de câmbio *Bitstamp*, que existe um aumento do volume transacionado até às 14h05m, verificando-se uma descida a partir desse momento.

Relativamente à casa de câmbio *GDAX*, Gráfico (b), é possível verificar uma descida até às 09h20m, observando-se um pico no momento seguinte, seguido de um aumento do volume transacionado a partir desse momento até às 16h20m. A partir dessa hora, é verificado o início de uma ligeira descida do volume transacionado, mantendo-se o resto do dia constante.

No que respeita à casa de câmbio *Itbit*, Gráfico (c), é observável um aumento até às 14h00m, iniciando uma descida a partir deste momento, regressando aos níveis de volume transacionado no início do dia, 00h00m.

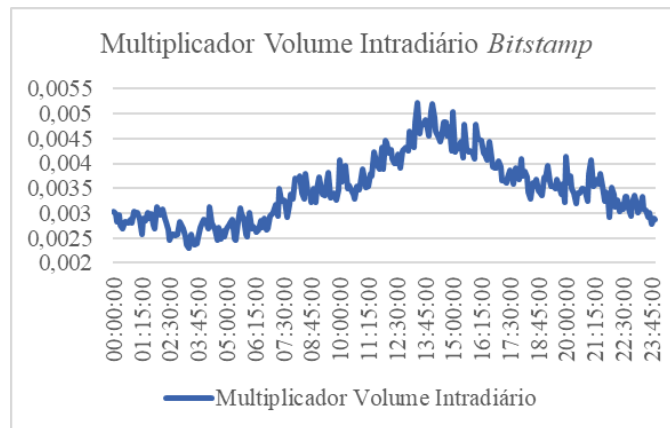
É possível verificar que para as casas de câmbio *Bitstamp* e *Itbit*, o volume transacionado começa a diminuir a partir das 14h00m, momentos em que o volume transacionado da *GDAX* é mais elevado.

A observação de um reduzido volume transacionado durante o período da noite para as casas de câmbio *Bitstamp* e *Itbit*, poderá dever-se ao facto de ser um período em que as pessoas se encontram a descansar e, portanto, não estão na disposição de realizar qualquer transação. Por seu turno, em todas as casas de câmbio, observa-se um maior volume transacionado durante a tarde, momento em que as pessoas estão mais predispostas a realizar transações.

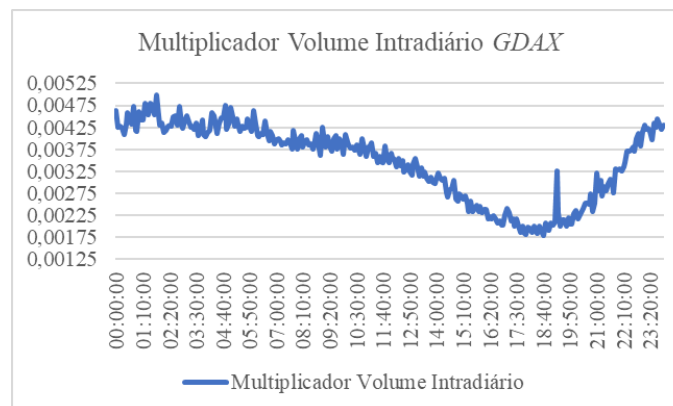
Após a análise do volume transacionado em hora local, é relevante, tal como referido anteriormente, realizar uma análise do volume transacionado em hora UTC.

Ilustra-se na Figura 4, a volatilidade do volume transacionado, em hora UTC, para as três casas de câmbio em estudo.

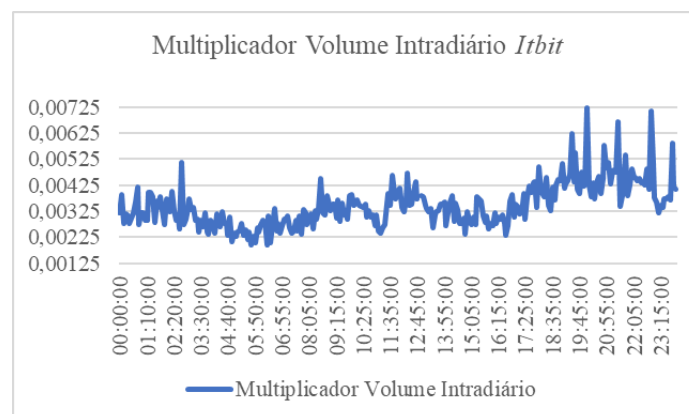
**Figura 4. Multiplicador do Volume Transacionado Intradiário – Hora UTC**



**Gráfico (a): *Bitstamp***



**Gráfico (b): *GDAX***



**Gráfico (c): *Itbit***

**Fonte:** Gráficos construídos pelo autor após a resolução das equações (5) com os dados recolhidos relativos ao volume transacionado de cada casa de câmbio para os anos em estudo.

Tal como já referido, tomou-se como referência horária a casa de câmbio *Bitstamp*, ou seja, foi a partir desta casa de câmbio que se estabeleceram os desfasamentos horários relativos às outras duas casas de câmbio, *GDAX* e *Itbit*, e, portanto, os gráficos, quer em hora local, quer em hora UTC, para a casa de câmbio *Bitstamp* serão iguais.

É possível, então, observar no Gráfico (b), respeitante à casa de câmbio *GDAX*, uma diminuição do volume transacionado entre as 00h00m e as 18h40m, seguindo-se um aumento até às 23h55m, verificando-se um pico às 19h50m.

Relativamente à casa de câmbio *Itbit*, Gráfico (c), é observável uma diminuição do volume transacionado entre as 00h00m e as 05h50m, verificando-se um aumento até às 09h15m, seguindo-se uma diminuição até às 11h35m, voltando a aumentar até às 12h45m, momento em que se manteve constante até às 17h25m, hora em que inicia um aumento até às 23h55m. Esta casa de câmbio apresenta, assim, diversas variações do volume transacionado ao longo do dia.

É possível verificar que o volume transacionado, quando analisado em hora UTC, para a casa de câmbio *Bitstamp*, é maior durante o dia e para as casas de câmbio *GDAX* e *Itbit* é maior durante a noite e ao fim da tarde/início de noite.

A literatura refere que o volume transacionado aumenta até às 14h, mas que após esse momento, volta a diminuir. Relativamente à análise da hora local, este facto é observável tanto para a casa de câmbio *Bitstamp* como para a *Itbit*. No entanto, quando analisada a hora UTC, para as casas de câmbio *GDAX* e *Itbit*, verifica-se precisamente o contrário, ou seja, é observável uma diminuição do volume transacionado, durante o dia, verificando-se um aumento do volume ao fim da tarde/início da noite.

A literatura refere também que os momentos em que se verifica maior volume transacionado é durante o horário de trabalho e durante as horas em que os investidores estão acordados, tal como referido para a volatilidade realizada dos preços. Quando se analisa a hora local, as três casas de câmbio apresentam o padrão referido. No entanto, no que respeita à análise da hora UTC, as casas de câmbio *GDAX* e *Itbit* não apresentam tal padrão, verificando-se mesmo valores mais baixos ao longo do dia.

A literatura sugere ainda que existe uma relação significativamente positiva entre a volatilidade realizada dos preços e o volume transacionado. Na análise em hora local é verificado que para a casa de câmbio *Bitstamp*, a volatilidade realizada apresenta maiores

valores durante a noite e o volume transacionado apresenta-se maior durante o dia, o que não vai de encontro à hipótese de que estas duas variáveis apresentam uma relação positiva, uma vez que quando uma aumenta, a outra variável diminui. No que respeita à casa de câmbio *GDAX*, verifica-se que a volatilidade é maior durante o dia e que os valores do volume transacionado são também maiores durante as horas do dia. No entanto, as horas do dia em que as variáveis apresentam maiores valores não coincidem, o que conduz a que também nesta casa de câmbio não se constata a relação positiva entre estas duas variáveis. Relativamente à *Itbit*, a volatilidade de preços é maior durante a noite e o volume transacionado apresenta valores maiores durante as horas do dia. Mais uma vez, não é possível confirmar empiricamente a relação positiva.

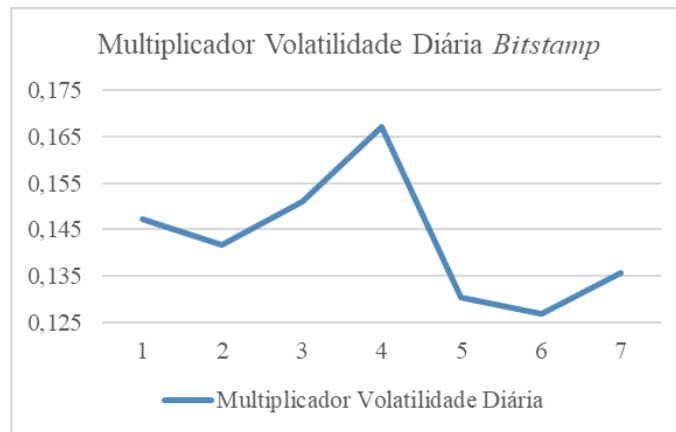
No que respeita à análise em horas UTC, uma vez que a casa de câmbio *Bitstamp* é tomada como referência, podemos retirar as mesmas conclusões. No que respeita à casa de câmbio *GDAX*, existe maior volatilidade de preços verificada ao fim da tarde/início da noite, momento em que se observa um aumento do volume transacionado. Assim, para a análise em hora UTC, verifica-se a relação positiva existente entre estas duas variáveis. Relativamente à casa de câmbio *Itbit*, a volatilidade dos preços é maior durante a manhã. No entanto, o volume transacionado é maior ao fim da tarde/início da noite, o que não permite corroborar a relação positiva entre as variáveis.

## 5.2 Volatilidade Realizada dos Preços e do Volume Transacionado Diários

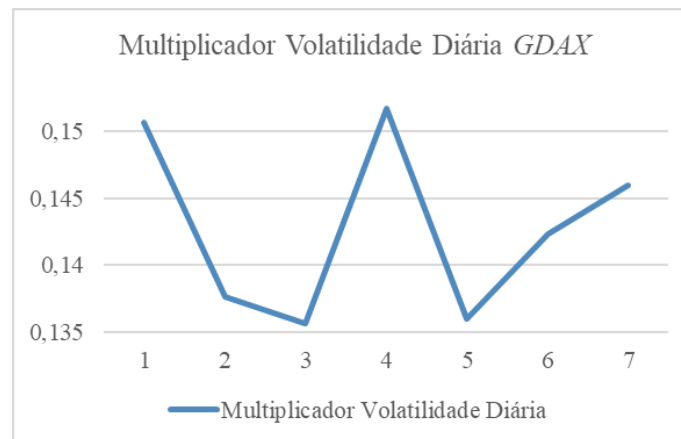
Após a análise gráfica da volatilidade realizada e do volume transacionado intradiários, passa-se agora à análise a partir de dados diários. De referir que nos gráficos apresentados, os números 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 correspondem, respetivamente, a Domingo, Segunda-Feira, Terça-Feira, Quarta-Feira, Quinta-Feira, Sexta-Feira e Sábado.

A Figura 5 apresenta os gráficos da volatilidade realizada dos preços diária para as três casas de câmbio.

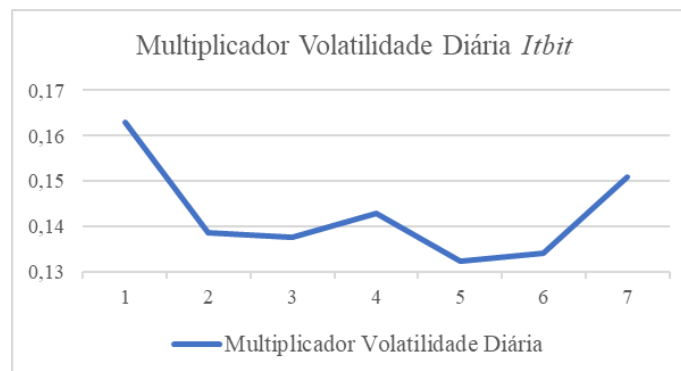
**Figura 5. Multiplicador da Volatilidade Realizada Diária**



**Gráfico (a): *Bitstamp***



**Gráfico (b): *GDAX***



**Gráfico (c): *Itbit***

**Fonte:** Gráficos construídos pelo autor após a resolução das equações (2) e (4) com os dados recolhidos relativos aos preços de fecho de cada casa de câmbio para os anos em estudo.



É possível verificar, no Gráfico (a), respeitante à casa de câmbio *Bitstamp*, que a volatilidade realizada se apresenta maior às quartas-feiras e menor aos sábados. Observando-se o Gráfico (b), respeitante à casa de câmbio *GDAX*, a volatilidade dos preços, mais uma vez, apresenta-se maior às quartas-feiras e menor às terças-feiras e às quintas-feiras. Relativamente à casa de câmbio *Itbit*, Gráfico (c), a volatilidade realizada apresenta-se maior aos domingos e menor às quintas-feiras.

A grande volatilidade dos preços observa-se às quartas-feiras. Tal poderá dever-se ao facto da população poder estar dividida em duas partes, tal como referido na secção 4. Uma parte já se encontra cansada da semana de trabalho e não se encontra com disposição para grandes investimentos, enquanto a outra parte já se encontra entusiasmada com o fim de semana e se sente com enorme vontade de investir. A existência simultânea de baixos e elevados preços de transação conduzem a uma grande volatilidade dos preços.

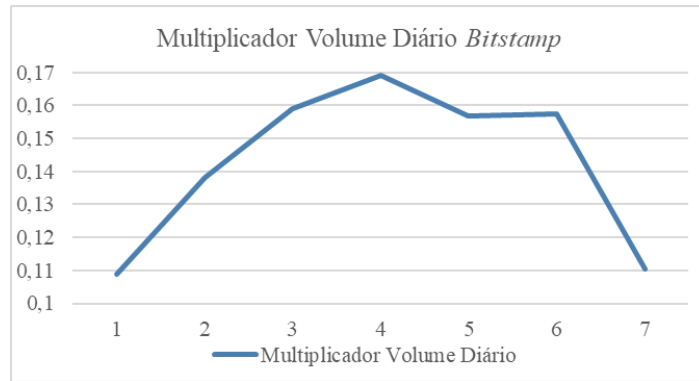
Por seu turno, a grande volatilidade de preços observada ao domingo na casa de câmbio *Itbit* poderá explicar-se pelo facto deste dia da semana se caracterizar como o dia em que as pessoas estão mais tempo com as suas famílias, não dedicando tanta atenção aos investimentos. Assim, uma vez que se encontram poucas pessoas a transacionar, basta que umas transacionem a preços muito elevados e outras a preços muito baixos para que a volatilidade dos preços aumente exponencialmente.

Face aos resultados obtidos, pode então dizer-se que os melhores dias da semana para investir serão as terças-feiras e as quintas-feiras, uma vez que apresentam valores mais baixos de volatilidade de preços, conduzindo a menores riscos de investimento.

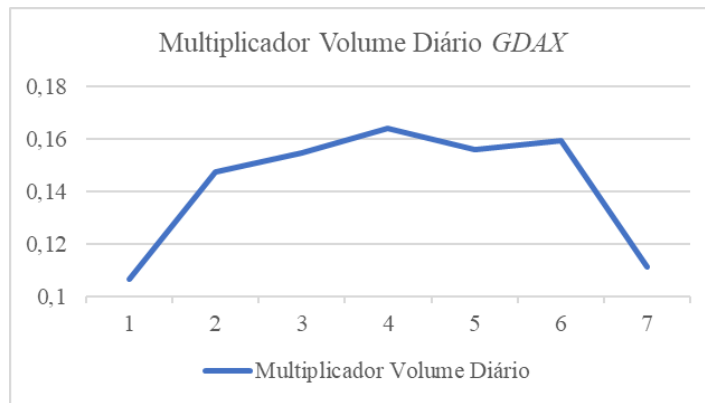
Segundo a literatura apresentada, a segunda-feira é o dia da semana que apresenta maior volatilidade realizada. No entanto, tal como verificado nos gráficos anteriores, a quarta-feira e o domingo apresentam maiores valores de volatilidade realizada, o que não vai de encontro à literatura revista.

A Figura 6 apresenta a volatilidade do volume transacionado diário para as três casas de câmbio, *Bitstamp*, *GDAX* e *Itbit*.

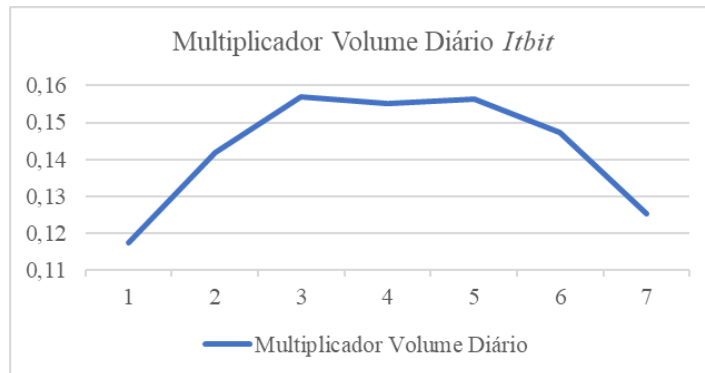
**Figura 6. Multiplicador do Volume Transacionado Diário**



**Gráfico (a): *Bitstamp***



**Gráfico (b): *GDAX***



**Gráfico (c): *Itbit***

**Fonte:** Gráficos construídos pelo autor após a resolução da equação (6) com os dados recolhidos relativos ao volume transacionado de cada casa de câmbio para os anos em estudo.

Assim, no Gráfico (a), que respeita à casa de câmbio *Bitstamp*, é observável que a quarta-feira se apresenta como o dia da semana em que existe maior volume transacionado. Analisando o Gráfico (b), respeitante à casa de câmbio *GDAX*, também a quarta-feira é o dia da semana que apresenta maior volume transacionado. Relativamente à *Itbit*, Gráfico (c), a terça-feira apresenta-se como o dia da semana cujo volume transacionado é maior.

É possível também verificar que para as três casas de câmbio, os fins-de-semana são caracterizados pelos valores mais baixos de volume transacionado.

O grande volume transacionado durante os dias da semana comparado com os baixos volumes transacionados aos fins-de-semana, poderá ser devido ao facto dos fins-de-semana serem os dias da semana em que as pessoas se dedicam mais às suas famílias e amigos, não se encontrando tão predispostos para transacionar. Além disso, durante a semana, as pessoas prestam mais atenção à *Bitcoin* e às notícias em torno deste tema, estando com maior disposição para transacionar.

A literatura revista refere que existe maior atividade de transação durante a semana quando comparada com os fins-de-semana. De acordo com presente estudo, o volume transacionado apresenta maiores valores durante a semana, sendo os menores valores apresentados aos sábados e domingos, pelo que os resultados obtidos estão em linha com os demais.

A literatura sugere também que o volume transacionado e a volatilidade realizada apresentam uma relação significativamente positiva. No entanto, apesar de se verificar que às quartas-feiras essa relação é visível, nos restantes dias da semana tal hipótese não é observável, não permitindo assim concluir de forma geral que a relação entre a volatilidade dos preços e o volume transacionado é positiva.

## 6. Conclusão

Ao longo deste Trabalho de Projeto foi analisada a dinâmica de duas variáveis relativas à *Bitcoin* com elevado interesse para os seus potenciais investidores: Volatilidade realizada dos preços e o Volume transacionado. Para o estudo em questão foram recolhidos dados de 2015 a 2018, com uma frequência de 5 minutos, de três casas de câmbio que transacionam *Bitcoin*: *Bitstamp*, referente à Europa, *GDAX*, referente aos Estados Unidos da América Oeste e *Itbit*, referente aos Estados Unidos da América Este. Após a análise das respetivas estatísticas descritivas, passou-se à análise dos padrões de sazonalidade intradiários e diários das três casas de câmbio, com o intuito de atingir os objetivos propostos inicialmente, ou seja, saber a hora do dia e o dia da semana, bem como a região do globo em que a *Bitcoin* possui maior volatilidade de preços, tentando, ao mesmo tempo, relacionar esta informação com o volume transacionado de modo a encontrar padrões de sazonalidade intradiários e diários, quer para a volatilidade realizada dos preços, quer para o volume transacionado.

Os resultados alcançados revelaram que a volatilidade realizada dos preços para as casas de câmbio *Bitstamp* e *Itbit*, apresenta valores mais elevados durante a noite, o que contraria a literatura sobre o tema que refere que a volatilidade dos preços é maior durante o dia. Por seu turno, os resultados obtidos para a casa de câmbio *GDAX*, vão de encontro a esta hipótese uma vez que se constatou a existência de maiores valores de volatilidade de preços durante o dia. Concluiu-se, assim, que o melhor momento para investir nas casas de câmbio *Bitstamp* e *Itbit* é durante o dia e na casa de câmbio *GDAX* será durante a noite, alturas em que a volatilidade de preços é menor e, deste modo, o risco de investimento será menor, acarretando, assim, menos custos de transação.

Na análise em hora UTC, os resultados revelaram que a volatilidade de preços nas casas de câmbio *GDAX* e *Itbit* apresenta valores mais elevados durante o fim da tarde/início da noite e durante o período da manhã, respetivamente, momentos relativos à Europa. Foi deste modo possível concluir que o momento mais apropriado para um potencial investidor Europeu investir nestas casas de câmbio seria durante o dia, na casa de câmbio *GDAX*, e durante a noite ou durante a tarde, na casa de câmbio *Itbit*, uma vez que a volatilidade se apresentava com valores mais baixos e, portanto, com menor risco associado. No que respeita aos investidores Americanos, o melhor momento para investir na Europa será

durante o período da noite relativo aos EUA, uma vez que entre as 09h00 e as 23h55 da Europa, a volatilidade apresenta valores mais baixos, momento esse que corresponde ao período da noite nos EUA.

Já no que diz respeito ao volume transacionado, os resultados mostraram que os valores desta variável apresentam-se superiores durante as horas do dia, indo deste modo ao encontro do sugerido em termos de literatura.

Relativamente à hipótese segundo a qual a volatilidade realizada dos preços e o volume transacionado têm uma relação positiva, os resultados alcançados não confirmam tal relação, verificando-se mesmo o contrário, ou seja, nos momentos em que a volatilidade realizada é maior, os valores do volume transacionado são menores.

Os resultados alcançados relativos à volatilidade dos preços diários mostraram que a quarta-feira e o domingo se apresentam como os dias da semana com maiores valores respeitantes a esta variável, ao contrário do que era esperado, uma vez que a literatura refere que a segunda-feira e a quinta-feira são os dias da semana que se apresentam com valores mais elevados. Posto isto, concluiu-se que os dias da semana mais favoráveis para investir seriam as terças-feiras e as quintas-feiras, uma vez que apresentam menor volatilidade de preços e, portanto, menor risco de investimento.

Relativamente ao volume transacionado, os resultados obtidos mostram que durante a semana os valores são muito superiores àqueles que são registados aos fins-de-semana, o que corrobora a literatura revista.

No que respeita à relação positiva entre a volatilidade de preços e o volume transacionado, esta não é verificável, uma vez mais, na análise diária destas variáveis.

Perante estes resultados, entende-se que este trabalho poderá ser muito útil para investidores em *Bitcoin*, uma vez que a sua natureza prospetiva permite perceber qual o melhor momento e circunstância para a realização de transações.

Ainda assim, para investigações futuras, seria interessante que fosse possível recolher dados significativos relativos a casas de câmbio situadas na China, Japão e Austrália, com vista a aprofundar o presente estudo, e verificar se existem diferenças ou semelhanças de padrões de sazonalidade com as casas de câmbio presentes neste projeto.

## Referências Bibliográficas

Aharon, D. Y., & Qadan, M. (2018). Bitcoin and the day-of-the-week effect. *Finance Research Letters*, Volume 49, 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.12.004>

Aleman, N., Aragón, V., & Salvador, E. (2019). The influence of intraday seasonality on volatility transmission pattern. *Quantitative Finance*, Volume 19, nº7, 1-19. <https://doi.org/10.1080/14697688.2018.1563304>

Baur, D. G., Cahill, D., Godfrey, K., & Liu, Z. F. (2017). Bitcoin Time-of-Day, Day-of-Week and Month-of-Year Effects in Returns and Trading Volume. *Day-of-Week and Month-of-Year Effects in Returns and Trading Volume*, Volume 31, 78-92. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.04.023>

Brandvold, M., Molnár, P., Vagstad, K., & Valstad, O. C. A. (2015). Price discovery on Bitcoin exchanges. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Volume 36, 18-35. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2015.02.010>

Caporale, G. M., & Plastun, A. (2018). The day of the week effect in the cryptocurrency market. *Finance Research Letters*, Volume 27, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.11.012>

Catania, L., & Sandholdt, M. (2019). Bitcoin at High Frequency. *Journal of Risk and Financial Management*, Volume 12, nº1, 1-20. <https://doi.org/10.3390/jrfm12010036>

Chuen, D. L. K. (Ed.). (2015). *Handbook of digital currency: Bitcoin, innovation, financial instruments, and big data*. Academic Press, Singapura.

Décourt, R. F., Chohan, U. W., & Perugini, M. L. (2017). Bitcoin returns and the Monday effect. *Horizontes Empresariales*, Volume 16, nº2, 4-14. <https://pdfs.semanticscholar.org/048f/8a94b5689980d12e13aec8eaba46443e52d6.pdf>

Dodge, David, Dixon, Brian (2015), *Bitcoin Basics 101*, Saragossa Press, Estados Unidos da América.

Dorfleitner, G., & Lung, C. (2018). Cryptocurrencies from the perspective of euro investors: a re-examination of diversification benefits and a new day-of-the-week effect. *Journal of Asset Management*, Volume 19, nº7, 472-494. <https://link.springer.com/article/10.1057/s41260-018-0093-8>

- Dyhrberg, A. H., Foley, S., & Svec, J. (2018). How investible is Bitcoin? Analyzing the liquidity and transaction costs of Bitcoin markets. *Economics Letters*, Volume 171, 140-143. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.07.032>
- Eross, A., Mcgroarty, F., Urquhart, A., and Wolfe, S. (2017). The Intraday Dynamics of Bitcoin. *SSRN Electronic Journal*, Volume 49, 1–24. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3013699>
- Griffin, J.M. and A. Shams (2018) ‘Is Bitcoin Really Un-Tethered?’. *Mimeo*, disponível em [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3195066](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3195066)
- Kiyamaz, H., & Berument, H. (2003). The day of the week effect on stock market volatility and volume: International evidence. *Review of financial economics*, Volume 12, nº4, 363-380. [https://doi.org/10.1016/S1058-3300\(03\)00038-7](https://doi.org/10.1016/S1058-3300(03)00038-7)
- Ma, D., & Tanizaki, H. (2019). The day-of-the-week effect on Bitcoin return and volatility. *Research in International Business and Finance*, Volume 49, 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2019.02.003>
- Makarov, I., Schoar, A., 2018. Trading and Arbitrage in Cryptocurrency Markets. *SSRN Electronic Journal*, Volume 63, 1-54. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3171204>
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system, disponível em <https://pdos.csail.mit.edu/6.824/papers/bitcoin.pdf>
- Sebastião, H., Duarte, A. P., & Guerreiro, G. (2018). Where is the information on USD/Bitcoin hourly prices?. *Notas Económicas n.º 45*, 7-25. [https://doi.org/10.14195/2183-203X\\_45\\_1](https://doi.org/10.14195/2183-203X_45_1)
- Wood, R. A., McInish, T. H., & Ord, J. K. (1985). An investigation of transactions data for NYSE stocks. *The Journal of Finance*, Volume 40, nº3, 723-739. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1985.tb04996.x>

## ANEXO

Figura A1. Multiplicador da Volatilidade Realizada Intradiária com *Outliers*

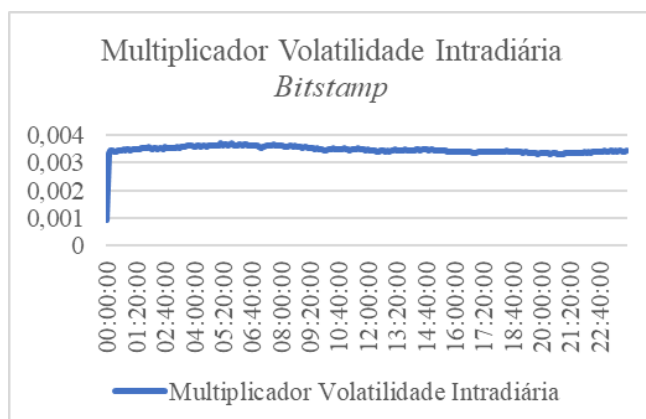


Gráfico (a): *Bitstamp*

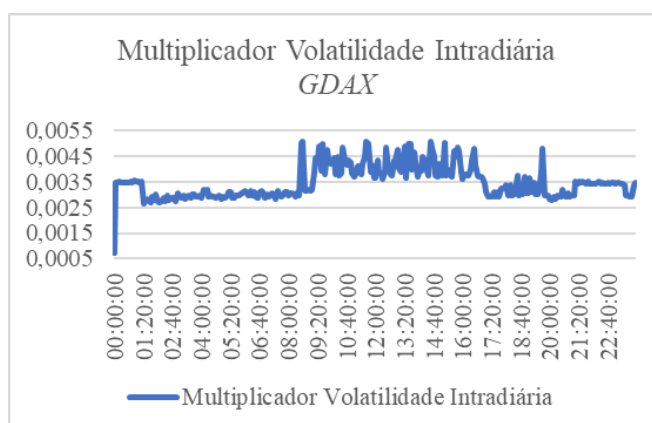


Gráfico (b): *GDAX*

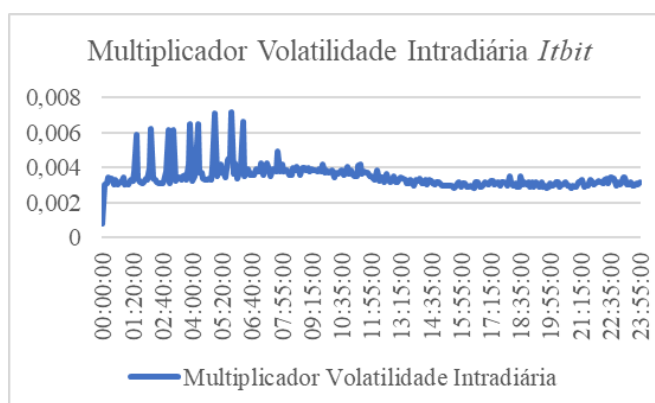


Gráfico (c): *Itbit*

**Fonte:** Gráficos construídos pelo autor após a resolução das equações (2) e (3) com os dados recolhidos relativos aos preços de fecho de cada casa de câmbio para os anos em estudo.