

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA  
INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE E  
ADMINISTRAÇÃO DE LISBOA



ISCAL

---

EXISTÊNCIA DE CLUSTERS  
NA VOLATILIDADE DO INDÍCE  
STOXX GLOBAL VIDEO  
GAMING & ESPORTS GROSS  
RETURN USD INDEX

---

Raquel Pedroso 20220359

Lisboa, 27 de março de 2025



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA  
INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE E  
ADMINISTRAÇÃO DE LISBOA

---

# EXISTÊNCIA DE CLUSTERS NA VOLATILIDADE DO INDÍCE STOXX GLOBAL VIDEO GAMING & ESPORTS GROSS RETURN USD INDEX

---

Raquel Pedroso, 20220359

---

Dissertação submetida ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Análise Financeira, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Sónia Margarida Ricardo Bentes, Professora Coordenadora na área científica de Finanças.

Constituição do Júri:

Presidente do Júri: Doutor Ricardo Correia

Arguente: Doutor José Carlos Teixeira

Orientador: Doutora Sónia Bentes

Lisboa, 27 de março de 2025

Dissertação elaborada ao abrigo do projeto IPL/IDI&CA2023/RISKFIN\_ISCAL

## **Agradecimentos**

Aos meus pais e amigos que sempre me apoiaram nesta longa jornada e que sempre me mostraram que ia conseguir concluir esta etapa tão importante para mim. Obrigada por me lembrarem todo o esforço que fiz para aqui chegar e de que não me posso esquecer do objetivo final. Em especial aos meus amigos Inês Machado, Mariana Cortes e Gonçalo Santos por terem estado lá sempre que precisei, em todas as turbulências que passei nestes últimos dois anos. Quero também agradecer ao meu namorado Ruben Valente que me apoiou imenso nos momentos em que pensei desistir e que não seria capaz de terminar este desafio. Sempre que precisei, ele mostrou-me a luz ao fundo do túnel e demonstrou-me que era mais do que capaz de terminar esta etapa da minha vida tão importante para mim. Obrigada por acreditares em mim em todo o processo! Quero agradecer à minha orientadora que foi completamente fulcral nesta dissertação, tanto pelo seu vasto conhecimento na área como por toda a paciência a ajudar-me neste processo e a dar-me segurança nas alturas em que entrava completamente em pânico com a dimensão desta tarefa. Ao IPL – Instituto Politécnico de Lisboa pelo seu apoio através do projeto IPL/IDI&CA2024/CRYPTORISK\_ISCAL. E, por fim, agradecer a mim mesma que nunca desisti dos meus sonhos, independentemente, de todas as adversidades que tive ao longo da minha vida.

Os meus sinceros agradecimentos.

## Resumo

Esta dissertação analisa a existência de clusters de volatilidade no índice STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index, representativo do mercado de *e-sports* e videogames. Utilizando o modelo econométrico GARCH(1,1), a análise abrange dados diários de 2012 a 2024, identificando períodos de maior instabilidade financeira.

Os resultados confirmam a persistência da volatilidade, onde choques passados influenciam flutuações futuras. Eventos como a pandemia de COVID-19 e a guerra na Ucrânia tiveram impactos significativos no índice, refletindo um aumento de incertezas e oscilações. Por outro lado, fatores específicos do setor, como o crescimento da indústria, avanços tecnológicos e maior adesão a plataformas digitais, impulsionaram períodos de recuperação.

Estatísticas descritivas revelaram características de não-normalidade nos retornos do índice, com assimetria positiva e caudas grossas, indicando maior probabilidade de eventos extremos. Este comportamento sublinha a importância de estratégias de gestão de risco, como diversificação de portfólios e instrumentos de *hedge*, para mitigar os impactos das flutuações.

A investigação contribui para o estudo da volatilidade em mercados emergentes, destacando o potencial dos *e-sports* como setor inovador. Recomenda-se que estudos futuros explorem índices alternativos e modelos mais avançados para aprofundar o entendimento das dinâmicas deste mercado.

**Palavras-chave:** Volatilidade, *e-sports*, GARCH(1,1), clusters de volatilidade, gestão de risco.

## Abstract

This dissertation analyzes the existence of volatility clusters in the STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index, representative of the e-sports and video gaming market. Using the econometric model GARCH(1,1), the analysis covers daily data from 2012 to 2024, identifying periods of significant financial instability.

The results confirm the persistence of volatility, where past shocks influence future fluctuations. Events such as the COVID-19 pandemic and the war in Ukraine had significant impacts on the index, reflecting increased uncertainties and oscillations. Conversely, sector-specific factors, such as industry growth, technological advancements, and greater adoption of digital platforms, drove periods of recovery.

Descriptive statistics revealed non-normality in the index returns, with positive skewness and fat tails, indicating a higher probability of extreme events. This behavior underscores the importance of risk management strategies, such as portfolio diversification and hedge instruments, to mitigate the impacts of fluctuations.

The research contributes to the study of volatility in emerging markets, highlighting the potential of e-sports as an innovative sector. Future studies are recommended to explore alternative indices and more advanced models to deepen the understanding of this market's dynamics.

**Keywords:** Volatility, e-sports, GARCH(1,1), volatility clusters, risk management.

## **Lista de Abreviaturas**

ARCH-LM – AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSKEDASTICITY –  
LAGRANGE MULTIPLIER

ARCH – AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSKEDASTICITY

ADF – AUGMENTED DICKEY FULLER

BG – BREUSCH-GODFREY

EGARCH – EXPONENTIAL GENERAL AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL  
HETEROSKEDASTICITY

ESIC – ESPORTS INTEGRITY COMISSION

GARCH – GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL  
HETEROSKEDASTICITY

KeSPA – KOREA E-SPORTS ASSOCIATION

KPSS – KWIATOWSKI PHILIPS SHIN SCHMIDT

LANs – LOCAL AREA NETWORKING

NFT - NON-FUNGIBLE TOKEN

TGARCH – GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL  
HETEROSKEDASTICITY

# Índice

1. Introdução .....	xi
2. Enquadramento Teórico.....	xiii
2.1 Origens e Primeiros Desenvolvimentos dos E-sports.....	xiii
2.2 Impacto Social e Cultural dos E-sports.....	xiv
2.3 Desafios e Questões Éticas nos E-sports.....	xv
2.4 Relevância Económica dos <i>E-sports</i> .....	xv
2.5 Capital de Risco nos E-Sports .....	xvi
2.6 Volatilidade.....	xvii
3. Metodologia.....	xviii
4. Estudo Empírico .....	xxi
4.1 Descrição da Amostra .....	xxi
4.2 Estimação do modelo .....	xxvii
4.2.1. Verificação dos pressupostos.....	xxvii
4.2.2. Testes de estacionariedade.....	xxvii
4.2.3. Testes de autocorrelação.....	xxix
4.2.4. Testes de Heterocedasticidade.....	xxxí
4.2.5. Resultados da estimação do modelo .....	xxxii
5. Conclusão .....	xxxvi
6. Referências bibliográficas .....	xxxviii

## Índice de Figuras

Figura 1- Evolução dos preços do índice de esports (STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index) (Pt) no período de 18/06/2012 a 19/04/2024 .....	xxiii
Figura 2 - Evolução das rendibilidades (Rt) do índice de esports (STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index) no período de 18/06/2012 a 19/04/2024 .....	xxiv
Figura 3 - Histograma dos resíduos do modelo GARCH(1,1).....	xxxiv

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Teste de Jarque-Bera .....	xxvi
Tabela 2 - Testes de estacionariedade .....	xxvii
Tabela 3 - Correlograma (teste de Ljung-Box) .....	xxix
Tabela 4 - Resultados do teste à inexistência de autocorrelação nas rendibilidades .	xxx
Tabela 5 - Resultados do teste à inexistência de autocorrelação nas rendibilidades	xxxi
Tabela 6 - Estimativas do modelo GARCH(1,1) .....	xxxii
Tabela 7 - Estatísticas descritivas dos resíduos do modelo GARCH(1,1) .....	xxxiii
Table 8 - Resultados dos testes à inexistência de heterocedasticidade condicionada nos resíduos do modelo GARCH(1,1).....	xxxiv

# 1. Introdução

Esta dissertação irá estudar a existência de *clusters* na volatilidade do índice *STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index*, contribuindo para um melhor entendimento da natureza e comportamento da volatilidade neste mercado emergente dos *e-sports*. Este índice é particularmente relevante porque engloba a diversidade do setor dos *e-sports* e dos videogames, permitindo uma análise abrangente do comportamento financeiro deste mercado.

Nas últimas décadas, a indústria dos videogames tem recebido um crescimento exponencial, originando os desportos eletrônicos (*e-Sports*), que cada vez mais adquirem novos espectadores e participantes, tornando-se um dos setores com maior crescimento global (Newzoo, 2022). As vendas originadas pelo mercado de jogos mundialmente foram cerca de 183,9 mil milhões de dólares. O mercado estima que em 2026, as vendas irão rondar os 207 mil milhões, ainda tendo em conta a esperada estabilização do mercado pós-pandemia (Newzoo, 2023). Estes dados evidenciam o enorme potencial desenvolvimento deste setor, explicando o porquê deste setor se tornar tão atrativo tanto para potenciais investidores, quanto para entusiastas de jogos eletrônicos de forma geral.

A volatilidade dos mercados financeiros é um aspeto fundamental para investidores e analistas, pois influencia diretamente a tomada de decisões de investimento e a gestão de riscos (Engle, 1982). A importância na identificação de *clusters* na volatilidade, ou seja, períodos onde a volatilidade é significativamente maior ou menor do que o habitual, é bastante elevada pois, permite obter dados valiosos sobre as condições do mercado e, conseqüentemente, permite melhorar as previsões dos mercados efetuadas pelos investidores.

Para entender esses padrões de volatilidade, esta dissertação adota o modelo econométrico GARCH(1,1), que permite analisar a variância condicional dos retornos ao longo do tempo, identificando os períodos de maior instabilidade. Este modelo é amplamente utilizado em finanças pela sua capacidade de capturar a persistência na volatilidade, ou seja, a tendência de choques no mercado financeiro que tendem a ter efeitos prolongados. A análise baseia-se em dados diários de 2012 a 2024, um período marcado por eventos significativos como a pandemia de COVID-19 e a guerra na Ucrânia, ambos responsáveis por oscilações acentuadas nos mercados globais. Essas crises não apenas afetaram diretamente a estabilidade financeira, mas também criaram oportunidades de recuperação e inovação no setor de *e-sports*.

Além disso, o estudo reforça a importância de compreender os determinantes da volatilidade num setor tão dinâmico como o dos *e-sports*. Compreender os choques exógenos e endógenos que afetam este mercado pode melhorar as previsões financeiras e permitir a formulação de políticas mais eficazes para empresas e gestores de risco. A análise da volatilidade não é apenas um exercício técnico, mas uma ferramenta estratégica para explorar o potencial de um mercado em rápida expansão e que cada vez mais se aproxima das indústrias tradicionais de entretenimento e desporto.

Com uma abordagem teórica e empírica, esta dissertação visa contribuir para a literatura académica sobre volatilidade financeira em setores emergentes e fornecer *insights* práticos para *stakeholders*, incluindo investidores, gestores de risco e empresas envolvidas no ecossistema dos *e-sports*. A análise detalhada dos clusters de volatilidade no índice *STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index* permite maior clareza sobre os desafios e oportunidades associados a este setor, destacando a importância de uma abordagem informada e estratégica para lidar com a natureza volátil dos mercados financeiros.

## 2. Enquadramento Teórico

Os *e-sports*, ou desportos eletrónicos, são competições de videojogos organizadas de forma profissional e estruturada, envolvendo jogadores individuais e equipas em torneios de grande escala. A prática dos *e-sports* transformou-se numa indústria global que atrai milhões de fãs e gera receitas significativas através de transmissões ao vivo, patrocínios e direitos de transmissão. Para entender a ascensão dos *e-sports*, é essencial explorar a sua origem, bem como os fatores sociais, tecnológicos e económicos que impulsionaram o seu crescimento.

Um dos primeiros documentos que menciona e que define os *eSports* ocorreu em 2006, quando Wagner (2006) forneceu uma breve explicação histórica e sugeriu que as habilidades estratégicas desenvolvidas pelos profissionais de *eSports* poderiam ser transferidas para a teoria da gestão (Niculaescu C., Sangiorgi I., Bell A., 2023). Devido a ser uma denominação recente isso também influencia que a bibliografia relacionada com o tema seja, de igual forma, relativamente recente.

### 2.1 Origens e Primeiros Desenvolvimentos dos E-sports

A história dos *e-sports* remete aos anos 70, quando a Universidade de *Stanford* organizou uma competição de *Spacewar!* em 1972. Esta competição pioneira atraiu jogadores entusiastas, e marcou o início de competições de videojogos organizadas, embora numa escala limitada (Li, 2016). Durante os anos 80, com a popularização dos videojogos *arcade*, títulos como *Space Invaders* começaram a atrair milhares de jogadores em competições locais e nacionais, evidenciando a crescente aceitação dos videojogos como uma forma de entretenimento competitivo (Borowy & Jin, 2013).

No entanto, foi na década de 90, com o aumento dos computadores pessoais e das redes de área local (LANs – *Local Area Networking*), que os *e-sports* começaram a expandir-se de forma substancial. Jogos como *Doom* e *Quake* possibilitaram torneios com jogadores em rede, permitindo competições mais estruturadas e com prémios consideráveis, como no caso do torneio *Red Annihilation* em 1997, que é frequentemente citado como o primeiro grande campeonato de videojogos competitivo, com a oferta de um carro desportivo ao vencedor (Taylor, 2012). Estes eventos não só aumentaram o interesse pelos videojogos como competição, mas também despertaram o interesse de empresas em explorar os videojogos como uma oportunidade de negócios.

Nos anos 2000, com o desenvolvimento da internet de banda larga, os *e-sports* consolidaram-se enquanto forma de entretenimento massiva. O jogo *StarCraft* tornou-se um fenómeno cultural na Coreia do Sul, onde o governo promoveu a criação de infraestruturas e ligas profissionais, reconhecendo oficialmente os *e-sports* como uma forma de desporto. A fundação da *Korea e-Sports Association* (KeSPA) em 2000 formalizou as competições e a regulamentação dos *e-sports* no país, estabelecendo um padrão seguido por outros países (Jin, 2010). Este apoio governamental foi crucial para a popularização dos *e-sports* e ajudou a moldar a Coreia do Sul como o “berço dos *e-sports*”, onde eventos de grande escala são transmitidos em canais televisivos e atraem milhões de espetadores.

Com a crescente audiência global, jogos como *Counter-Strike*, *League of Legends* e *Dota 2* passaram a realizar competições internacionais que atraem milhões de espetadores ao vivo e online. O surgimento de plataformas de *streaming*, como *Twitch*, no início da década de 2010, revolucionou a forma como os *e-sports* eram consumidos pelo público. *Twitch* permitiu que os torneios fossem transmitidos em tempo real para milhões de utilizadores em todo o mundo, criando uma dinâmica de interação entre jogadores e espectadores, e ampliando o alcance dos *e-sports* (Taylor, 2018).

## **2.2 Impacto Social e Cultural dos E-sports**

Os *e-sports* desempenham um papel significativo na cultura digital contemporânea, sendo especialmente populares entre os jovens. Segundo Hamari e Sjöblom (2017), os *e-sports* oferecem uma nova forma de socialização, permitindo que jogadores e espetadores partilhem experiências, discutam estratégias e formem comunidades virtuais. Estes ambientes digitais promovem uma forma de integração e identidade cultural que vai além da competição, influenciando a maneira como as gerações mais jovens percebem o entretenimento e a interação social.

Adicionalmente, os *e-sports* foram integrados em programas educativos e de desenvolvimento de carreira em alguns países, incluindo a inclusão de cursos e programas de formação em universidades e instituições de ensino superior. A sua popularidade deu origem a bolsas de estudo para jogadores universitários em países como os Estados Unidos, e também incentivou a criação de programas de pesquisa focados no estudo dos *e-sports* como fenómeno social e cultural (Scholz, 2019).

## 2.3 Desafios e Questões Éticas nos E-sports

O rápido crescimento dos *e-sports* também levantou diversas questões éticas e legais. A natureza competitiva e lucrativa dos *e-sports* tem levado a desafios como a manipulação de resultados, abuso de substâncias ilegais (*doping* digital), exploração laboral de jogadores jovens e falta de regulamentação uniforme (Holden, Kaburakis & Rodenberg, 2017). A *Esports Integrity Commission* (ESIC) foi criada para abordar alguns desses problemas, trabalhando em conjunto com ligas e equipas para estabelecer normas que garantam a integridade e justiça das competições.

Outro desafio relevante nos *e-sports* é a gestão do bem-estar psicológico dos jogadores, que frequentemente enfrentam pressões e cargas de trabalho semelhantes às de atletas profissionais de desportos tradicionais. Este ambiente pode levar a problemas de saúde mental e *burnout*, o que tem levado algumas equipas a adotar práticas de apoio psicológico e a reduzir os horários de treino para promover um ambiente competitivo saudável (Martončík, 2015).

## 2.4 Relevância Económica dos E-sports

O setor dos *eSports* tem obtido um crescimento significativo, com receitas provenientes de diversas fontes, incluindo patrocínios, publicidade, direitos de transmissão e vendas de bilhetes. De acordo com a Newzoo (2020), o mercado global de *eSports* gerou mais de mil milhões de dólares em receita em 2019, com uma audiência global de 443 milhões de pessoas.

Empresas como a *Riot Games* e a *Valve* investem consideravelmente na organização de competições, como o *League of Legends World Championship* e *The International*, onde os prémios podem ultrapassar dezenas de milhões de dólares, atraindo investimentos de marcas globais e milhões de espetadores.

Os *e-sports* também geram uma ampla quantidade de empregos diretos e indiretos, envolvendo profissionais de áreas de *marketing*, gestão de eventos, desenvolvimento de conteúdos, entre outros. O modelo de negócios dos *e-sports* é complexo e multifacetado, envolvendo uma variedade de *stakeholders*, incluindo organizadores de torneios, empresas de tecnologia, plataformas de *streaming* e patrocinadores, que reconhecem o potencial de retorno devido ao envolvimento profundo dos fãs com as equipas e jogadores (Gawrysiak, J., Burton, R., Jenny, S., & Williams, D., 2020).

## 2.5 Capital de Risco nos E-Sports

O capital de risco desempenha um papel crucial no financiamento da inovação e expansão dentro da indústria dos e-sports. De acordo com Scholz (2019), muitos dos principais jogadores e plataformas no setor dos e-sports, como *Twitch* e *Epic Games*, receberam investimentos significativos de empresas de capital de risco antes de atingirem um nível de operação global. O exemplo mais evidente é o *Twitch*, que, em 2014, foi adquirido pela Amazon por quase mil milhões de dólares, após uma série de investimentos liderados por empresas de capital de risco, como *Bessemer Venture Partners* e *Draper Associates* (Constine, J., 2014). O investimento inicial de capital de risco permitiu ao *Twitch* expandir rapidamente a sua infraestrutura e o seu número de utilizadores, o que transformou a plataforma no líder global de *streaming* de jogos e e-sports (Twitch, 2021).

Além disso, os investidores de capital de risco têm contribuído para o fortalecimento da estrutura profissional das equipas e das ligas de e-sports, permitindo a contratação de jogadores e *staff* de alto nível, bem como a criação de escolas e programas de formação. O investimento de capital de risco também ajudou a estabelecer infraestruturas de apoio a talentos e a promover a sustentabilidade financeira a longo prazo para os clubes e organizadores de torneios (Scholz, 2019).

Apesar do potencial de alto retorno, o setor dos e-sports apresenta riscos significativos para os investidores de capital de risco. A volatilidade do mercado de videojogos, a rápida evolução das preferências dos consumidores e a concorrência intensa são desafios constantes para a sustentabilidade financeira das empresas de e-sports. Além disso, a falta de regulamentação uniforme em termos de direitos de transmissão, propriedade intelectual e proteção dos jogadores pode representar riscos legais, como apontado por Holden, Kaburakis & Rodenberg, (2017). No entanto, a resposta do setor tem sido a criação de estruturas mais organizadas e regulamentadas, com a introdução de entidades de governança, como a Esports Integrity Commission (ESIC), para mitigar esses riscos e aumentar a confiança dos investidores.

## 2.6 Volatilidade

A volatilidade no contexto financeiro mede as flutuações nos preços de ativos em um dado período. Este indicador pode ser utilizado para avaliar o risco associado a um investimento, uma vez que poderá indicar um maior nível de incerteza ou instabilidades nas possíveis rentabilidades esperadas pelo investidor. Ativos altamente voláteis tendem a representar flutuações de maior dimensão em curtos períodos, enquanto os ativos de baixa volatilidade terão, conseqüentemente, oscilações com menor representatividade.

Frequentemente, é calculada através do desvio padrão dos retornos de um ativo e, pode ser influenciada por diversos fatores, nomeadamente, macroeconómicos, como taxas de juro e acontecimentos no mercado, como por exemplo, mudanças regulatórias e, eventos inesperados, como pandemias.

Os investidores podem reagir de diversas formas aos diferentes níveis de volatilidade, tendo em conta o seu perfil de investidor. Quando a volatilidade se encontra mais alta poderá atrair investidores com perfil de risco mais elevado, pois serão atraídos pelo nível alto de risco e rentabilidades superiores. No caso contrário, os investidores mais conservadores irão preferir este cenário, de forma a diminuir a probabilidade de perdas significativas.

No contexto dos *e-sports*, estas flutuações podem ser causadas por diversos fatores. Por vezes, uma mudança repentina no valor de contratos ou interesse de grandes marcas poderá impactar diretamente o fluxo de capital da indústria (Statista, 2023). Empresas como a Activision Blizzard e a Tencent, que têm participação significativa no ecossistema dos *e-sports*, sofrem oscilações nos preços de suas ações devido a mudanças regulatórias, competição e atualizações de jogos (PwC, 2022). A integração de blockchain no financiamento e premiação de eventos de *e-sports* traz maior volatilidade devido às características intrínsecas de mercados cripto, frequentemente influenciados por especulação e notícias de curto prazo (Forbes, 2022).

### 3. Metodologia

De forma a calcular a volatilidade das rendibilidades do índice *STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index* utilizou-se o modelo GARCH(1,1), que significa *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, modelo de Bollerslev (1986). Este modelo é uma extensão do modelo ARCH(q), *autoregressive conditional heteroskedasticity*, original de Engle (1982) para modelar a volatilidade dos ativos. Na sua formulação original, este modelo assumia a forma:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \mu_{t-i}^2 \quad (1)$$

A ordem do processo q define por quanto tempo um choque pode ter consequências, influenciando a variância dos resíduos nos períodos subsequentes. Bera e Higgins (1993) consideram que quanto maior for o valor de q mais longos serão os episódios de volatilidade.

Uma vez que  $\sigma_t^2$  é na sua origem uma variância, é de esperar que o seu valor nunca seja negativo.

Contudo, se não forem aplicadas restrições adicionais aos parâmetros  $\omega$  e  $\alpha_i$ , pode ocorrer que, em casos onde esses parâmetros assumam valores negativos para lags suficientemente grandes do erro ao quadrado, a variância resultante tenda a apresentar valores negativos, o que seria matematicamente inconsistente e problemático para o modelo. Por esse motivo impõem-se normalmente as restrições:  $\omega > 0$ ,  $\alpha_i > 0$   $i = 1, 2, \dots, q$ . Adicionalmente, impõe-se também que a soma de todos os parâmetros seja inferior à unidade para manter a condição de estacionaridade fraca.

Não obstante o avanço que este tipo de modelos representa, a sua aplicação não se encontra isenta de certas observações. Brooks (2002) enumera algumas das principais limitações que os modelos ARCH evidenciam.

Inexistência de um processo bem definido para determinar o número de lags do resíduo ao quadrado no modelo. Uma possível solução para este problema seria a aplicação de um teste de razão de verossimilhança. No entanto, essa abordagem apresenta certas ineficiências que ainda não foram completamente superadas, e até o momento não foi encontrada uma solução satisfatória para resolver plenamente a questão.

Possível necessidade de um número elevado de lags do resíduo ao quadrado para capturar todas as dependências da variância condicional, o que resulta em um modelo

pouco parcimonioso. No entanto, Engle (1982) abordou essa questão ao especificar uma estrutura linear de lags arbitrariamente decrescente no modelo ARCH(4)  $\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1(0,4\hat{\mu}_{t-1}^2 + 0,3\hat{\mu}_{t-2}^2 + 0,2\hat{\mu}_{t-3}^2 + 0,1\hat{\mu}_{t-4}^2)$ , permitindo que apenas dois parâmetros ( $\omega$  e  $\alpha_1$ ) fossem utilizados na equação da variância condicional, em vez dos quatro necessários em um modelo ARCH(4) sem restrições.

Possível violação das restrições de não negatividade: à medida que mais parâmetros são introduzidos na equação da variância condicional, aumenta a probabilidade de que valores negativos sejam estimados.

Para ultrapassarem estas questões Bollerslev (1986) e Taylor (1986) desenvolveram de forma independente a primeira generalização conhecida do modelo ARCH denominada por GARCH(p,q) – Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic, cuja inovação consiste em modelar a variância condicionada não só em função do quadrado dos resíduos passados como acontece no modelo ARCH, mas também em função dos próprios valores passados da variância condicionada. A sua formulação geral é dada pela expressão:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \mu_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2, \quad (2)$$

onde  $q$  é a ordem do modelo ARCH(q),  $p$  a ordem do modelo GARCH que representa o número de lags passados da variância condicionada e  $\mu_t = v_t \sigma_t$ . Habitualmente, define-se uma estrutura linearmente decrescente para os lags em que  $\beta_i = \beta(q+1-i)/(q(q+1))$  de modo a assegurar que acontecimentos recentes tenham maior impacto na variância condicionada do que acontecimentos temporalmente mais afastados. Nesta equação,  $\alpha$  representa a dimensão dos erros na volatilidade de hoje e costuma revelar valores reduzidos. Em contrapartida,  $\beta$  representa a dimensão dos erros na volatilidade passada, representando valores superiores.

Adicionalmente, são também impostas as restrições:

$$\omega > 0;$$

$$\alpha_i > 0, \quad i = 1, 2, \dots, q; \text{ e,}$$

$$\beta_j \geq 0;$$

para manter a não negatividade da variância condicionada. Nelson e Cao (1992) classificam estas restrições como suficientes, uma vez que em certos casos, podem ser

negligenciadas. Rabemananjara e Zakoian (1993) alertam, no entanto, para o facto destas condições poderem representar uma fonte de importantes dificuldades na estimação do modelo. Efetivamente, a condição de não negatividade garante que qualquer choque ocorrido no passado, independentemente de ser positivo ou negativo, tenha sempre um efeito positivo sobre a volatilidade atual, já que o impacto aumenta proporcionalmente à magnitude do choque. Isso significa que a modelagem resultante não permite capturar variações cíclicas ou não lineares no comportamento da volatilidade.

## 4. Estudo Empírico

### 4.1 Descrição da Amostra

Recolhemos as cotações do índice *STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index*, provenientes da *Reuters*, para o período compreendido entre 18 de junho de 2012 e 19 de abril de 2024, o que perfaz 3090 observações diárias. De forma a garantir a integridade da amostra, os valores referentes aos feriados que ocorreram entre segunda-feira e sexta-feira foram incluídos. Esses valores foram estimados com base na média das cotações do dia anterior e do dia seguinte ao feriado, de modo a evitar lacunas nos dados e assegurar que os impactos desses períodos de inatividade fossem devidamente contabilizados na análise.

Efetuamos um gráfico da evolução dos preços de fecho do índice entre o ano de 2012 e 2024.

Podemos verificar uma subida constante entre 2012 e 2019, possivelmente, justificada pelo aumento do crescimento da indústria dos videojogos, através dos avanços tecnológicos (exemplo: realidade virtual) e pela expansão do público consumidor. O desenvolvimento de grandes competições internacionais, como o *League of Legends World Championship* e *The International* de *Dota 2*, atraiu imensos investidores e consequentemente, grandes patrocinadores, que contribuíram para o aumento do valor das empresas associadas ao índice. A nível de plataformas foram criadas o *Twitch* e o *Youtube Gaming* que popularizaram a transmissão ao vivo de competições e aumentaram a popularização de certos jogos permitindo que certos eventos chegassem a mais pessoas, mundialmente.

No final e início de 2020 podemos verificar uma queda abrupta possivelmente devido à pandemia de COVID-19 que gerou uma incerteza económica em geral nos mercados financeiros, resultando em vendas massivas de ativos por parte de investidores conservadores que receavam uma recessão global. Embora o setor tenha beneficiado devido ao aumento do entretenimento doméstico, não deixou de sofrer com o impacto da inexistência de eventos presenciais e possíveis publicidades associadas que tiveram de acabar ou reduzir significativamente.

Felizmente para os investidores, o índice teve uma recuperação rápida logo após o final de 2020 até aos meados de 2021. Esta subida deve-se ao aumento de consumo de jogos, maioritariamente, impulsionada pelo confinamento, o que originou aumento das vendas das empresas presentes no índice (Statista, 2021). A descida mencionada no

parágrafo anterior também foi uma oportunidade para vários investidores identificarem uma oportunidade de adquirir o ativo a preços reduzidos que, conseqüentemente, aumentou o valor do índice. Podemos também justificar esta subida devido ao lançamento de novas consolas de última geração, tal como, a *Playstation 5* e a *Xbox Series X*.

Entre 2022 e 2023, existiu uma nova queda devido a vários fatores macroeconómicos. A guerra na Ucrânia e as suas respetivas repercussões económicas a nível global causaram novamente instabilidade nos mercados. Adicionalmente, houve mudanças regulatórias em mercados-chave, como a China, onde empresas como a *Tencent* enfrentaram restrições no tempo de jogo para menores, o que impactou as receitas negativamente (PWC, 2022).

Até à presente data desta dissertação, podemos verificar que após 2023, o índice teve uma elevada recuperação, chegando ao seu máximo histórico, que poderá ser justificado pela confiança renovada dos investidores no mercado, o aumento dos lucros das empresas do setor devido ao lançamento de novos jogos, o aumento da adesão a plataformas de *streaming* e jogos online (Newzoo, 2023) e, por fim, a maior profissionalização dos *e-sports*, através de parcerias com marcas globais e integração de novas tecnologias (Scholz, T.M., 2019).

De notar que por simples observação do gráfico se nota que as subidas e descidas são mais acentuadas a partir do fim de 2019, pelo que se poderia separar a evolução dos preços deste índice em duas fases: (i) uma mais estável antes do fim de 2019 e outra com maior turbulência a partir desta data o que evidencia uma maior instabilidade neste mercado.

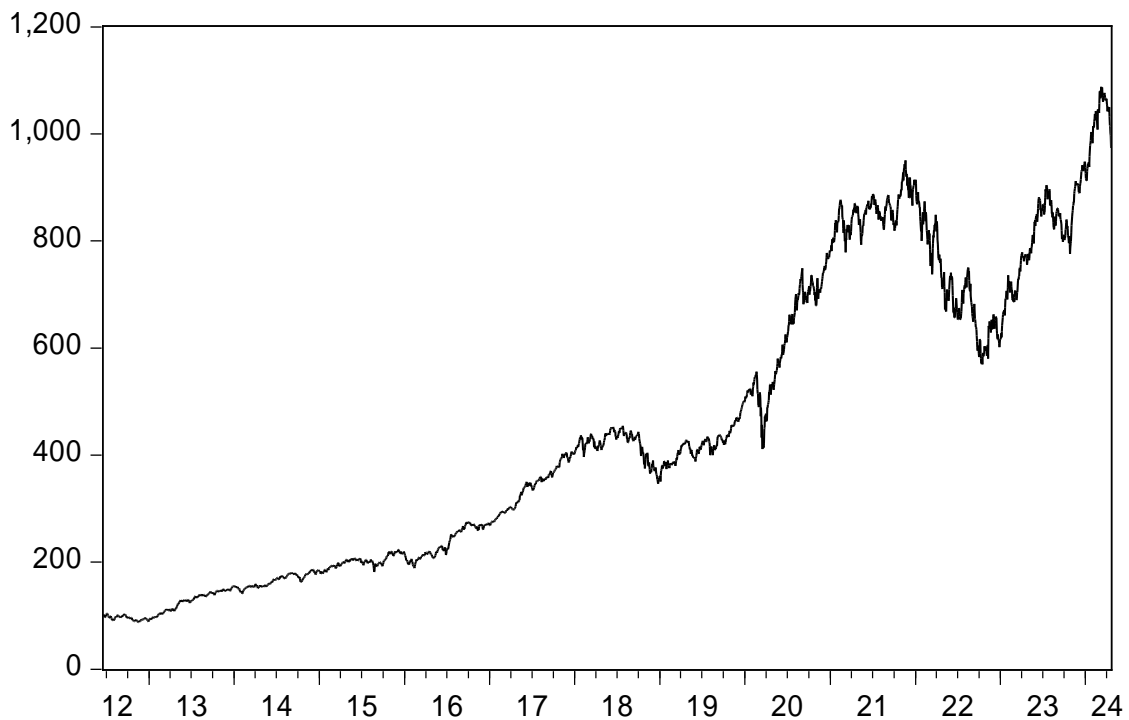


Figura 1- Evolução dos preços do índice de esports (STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index) (Pt) no período de 18/06/2012 a 19/04/2024

Fonte: Elaboração própria

O estudo incide sobre as rendibilidades que são dadas por:

$$R_t = [\ln(P_t) - \ln(P_{t-1})], \quad (3)$$

onde  $P_t$  e  $P_{t-1}$  são os preços do índice nos momentos  $t$  e  $t-1$  respetivamente.

É importante destacar que toda a análise deste trabalho focar-se-á nas rendibilidades, em vez dos preços originais dos ativos. Isso se deve ao fato de que, como veremos mais adiante, as rendibilidades tendem a ser estacionárias, enquanto os preços geralmente não são. A estacionaridade das rendibilidades é uma condição essencial para a aplicação de modelos econométricos como o GARCH, que pressupõem que as variáveis analisadas possuam uma distribuição estável ao longo do tempo. Como os preços dos ativos geralmente seguem um processo de passeio aleatório e, portanto, não são estacionários, o uso direto dos preços violaria este pressuposto, comprometendo a eficácia e a validade dos modelos de volatilidade condicional. Isto é, períodos de alta volatilidade tendem a ser seguidos por maior volatilidade, e períodos de baixa volatilidade tendem a ser seguidos por menor volatilidade.

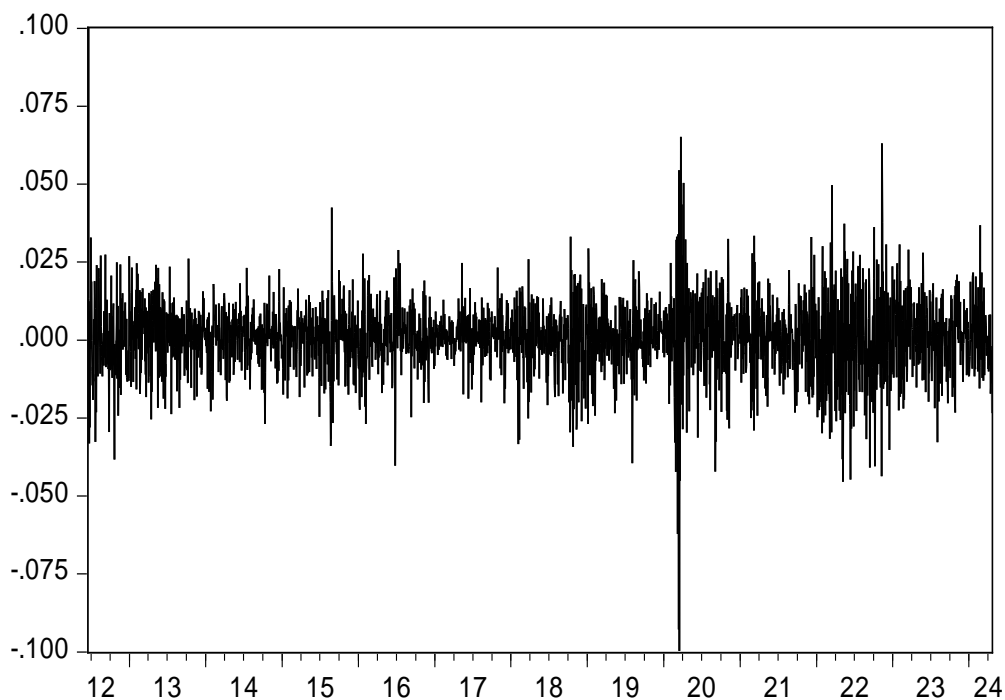


Figura 2 - Evolução das rendibilidades ( $R_t$ ) do índice de esports (STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index) no período de 18/06/2012 a 19/04/2024

Fonte: Elaboração própria

Este gráfico representa a evolução das rendibilidades do índice *STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD* no período de 18/06/2012 a 19/04/2024 e, permite mais facilmente visualizar a volatilidade das rendibilidades. Aqui os clusters são muito evidentes.

A maior parte das rendibilidades encontra-se concentrada num intervalo relativamente estreito (aproximadamente entre  $-0,025$  e  $+0,025$ ), o que sugere uma variação regular e consistente ao longo do período de estudo.

Podemos identificar clusters de volatilidade, ou seja, períodos em que as variações aumentam, seguidos por períodos de menor oscilação, ao observar o gráfico. Isso pode ser um indicativo de heterocedasticidade e de que, conseqüentemente, a volatilidade futura depende de choques passados.

Em relação ao comportamento do gráfico, podemos observar alguns picos significativos ao longo do tempo. O primeiro cluster de alta volatilidade ocorre por volta do final do primeiro trimestre de 2020, que pode ser explicado pelo impacto da pandemia de COVID-19. Durante este período, houve uma queda acentuada, seguida por fortes

variações positivas e negativas, como evidenciado por uma grande oscilação, demonstrando ser um período de alta volatilidade.

Podemos verificar que o período de maior variação ocorre entre 2021 e 2023 comparativamente ao restante período. O índice estudado demonstra um grau elevado de volatilidade que aumentou exponencialmente após o período da pandemia. Adicionalmente, as crises económicas nos últimos anos têm sido mais frequentes, o que contribui para uma maior volatilidade e, conseqüentemente, *clusters* nos produtos financeiros.

Outro acontecimento com impacto na volatilidade deste índice foi a guerra na Ucrânia em que os níveis de volatilidade voltaram novamente a apresentar valores elevados.

Podemos encontrar no gráfico uma rendibilidade muito próxima dos -100%, que gera alguma curiosidade, por volta do último semestre de 2019, que poderá ser resultado de diversos fatores. Além das condições mencionadas anteriormente, este período, sofreu com as tensões comerciais entre os Estados Unidos e a China, após os Estados Unidos terem imposto tarifas sobre os produtos chineses no valor de centenas de mil milhões de dólares (Boston Consulting Group, 2019; Calcalistech, 2023). Adicionalmente, a Activision Blizzard, em outubro de 2019, sofreu de controvérsias após suspender um jogador de Hearthstone que apoiou os protestos em Hong Kong. A Tencent, empresa também incluída no índice sofreu impacto direto das restrições regulatórias e tensões comerciais. Estes fatores contribuíram para oscilações negativas no índice, dado o peso destas empresas no setor (Kotaku, 2019; Reuters, 2023)

Em seguida apresentam-se as estatísticas descritivas ilustradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Teste de Jarque-Bera

Estatísticas descritivas	Valores
Média	0.0023
Desvio-padrão	0.0836
Assimetria	54.0467
Curtose	2976.490
Teste de Jarque-Bera	1.14E+09**

Notas: \*\* Denota um nível de significância de 1%

Fonte: Elaboração própria

As rendibilidades do índice X apresentam uma média e um desvio-padrão positivos, mas com valores muito próximos de zero, o que indica que, em média, os retornos são pequenos, embora ainda haja alguma variação. É importante destacar que a média é bastante baixa em relação ao desvio-padrão, o que sugere que os retornos têm uma grande dispersão em torno de um valor muito próximo de zero.

Além disso, as rendibilidades apresentam uma assimetria positiva, o que significa que há uma maior ocorrência de retornos positivos do que negativos. Em outras palavras, a probabilidade de ganhos é maior do que a de perdas.

Outro ponto relevante é o valor elevado de curtose, que indica a presença de '*fat tails*' (caudas grossas). Isso significa que há mais ocorrências de eventos extremos (grandes ganhos ou grandes perdas) do que seria esperado numa distribuição normal, que costuma ter caudas mais finas.

A combinação de assimetria positiva e uma curtose superior a três, sugere que os dados não seguem uma distribuição normal, ou seja, os retornos do índice não se distribuem de maneira simétrica e com baixa probabilidade de eventos extremos, como seria o caso numa distribuição normal.

Para confirmar essa suspeita, aplicou-se o teste de Jarque-Bera, que é usado para verificar se os dados seguem uma distribuição normal. O resultado do teste rejeita a hipótese nula de normalidade com um nível de significância de 1%, ou seja, com 99% de confiança, pode-se afirmar que as rendibilidades do índice X não seguem uma distribuição normal.

## 4.2 Estimação do modelo

### 4.2.1. Verificação dos pressupostos

Antes de estimar o modelo, é fundamental verificar os pressupostos necessários para garantir resultados confiáveis. Em particular, é essencial avaliar a Estacionariedade da série temporal e a Ausência de autocorrelação nos resíduos, uma vez que esses pressupostos asseguram a validade dos resultados obtidos pelo modelo. Além disso, considerando que estamos a aplicar modelos heterocedásticos, torna-se indispensável verificar a presença de heterocedasticidade condicional, o que pode ser feito através do teste ARCH-LM (*Autoregressive Conditional Heteroskedasticity- Lagrange Multiplier Test*). A confirmação desses pressupostos é um passo crucial para a robustez do modelo e para a validade das inferências realizadas.

### 4.2.2. Testes de estacionariedade

Na tabela 2 apresentam-se os resultados dos testes de estacionariedade ADF (Augmented Dickey Fuller) e KPSS (Kwiatowski, Phillips, Shin e Schmidt).

Tabela 2 - Testes de estacionariedade

Estatísticas	
ADF	-410.3055 **
KPSS	0.3519

**Notas:** ADF significa Augmented Dickeu-Fuller e KPSS representa Kwiatkowski, Phillips, Schmidt and Shin valores críticos de Mackinon (1996) para a constante e tendência -3.960241 (1%) e -3.410883 (5%); número de *lags* em ambos os casos: 0.

Valores críticos do teste KPSS para a constante e tendência 0,216 (1%) e 0,146 (5%).

Testes de raízes unitárias.

\*\* Denota um nível de significância de 1%.

Fonte: Elaboração própria

**ADF: Neste teste a hipótese nula  $H_0$  é a de que a série é não estacionária;**

O teste ADF é uma extensão do teste de Dickey-Fuller, amplamente empregue na análise de séries temporais para verificar a presença de uma raiz unitária, o que é essencial para determinar a estacionariedade de uma série. A estacionariedade é uma propriedade fundamental na modelagem de séries temporais, dado que a maioria dos

métodos econométricos pressupõe que a média, a variância e a covariância da série se mantêm constantes ao longo do tempo.

Para interpretar os resultados do teste ADF, considera-se o nível de significância dos valores estatísticos obtidos. Se o valor do teste for estatisticamente significativo (geralmente a um nível de significância de 1%, indicado por “\*\*\*”), rejeita-se a hipótese nula, sugerindo que não há raiz unitária e, portanto, que a série é estacionária. Por outro lado, se os resultados não forem significativos, não se pode rejeitar a hipótese nula, indicando que a série é não estacionária e requer diferenciação ou outros métodos para alcançar a estacionaridade.

Uma vez que os resultados do teste são estatisticamente significativos ao nível de significância de 1% (indicado por “\*\*\*”), rejeita-se a hipótese nula. Assim, conclui-se que as séries de rendibilidades são estacionárias.

#### **KPSS: Neste teste a $H_0$ significa que a série é estacionária**

Para comprovar os resultados obtidos no teste ADF, é aplicado um segundo teste de estacionaridade – o teste KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin). A utilização de ambos os testes em conjunto é recomendada porque eles avaliam a estacionaridade a partir de hipóteses nulas opostas, permitindo uma análise mais robusta. Enquanto o teste ADF assume como hipótese nula ( $H_0$ ) a presença de uma raiz unitária (sugerindo não estacionaridade), o teste KPSS considera como hipótese nula que a série é estacionária. Dessa forma, se os dois testes fornecerem resultados congruentes, podemos concluir com maior confiança sobre a estacionaridade ou não estacionaridade da série em análise.

No contexto do teste KPSS, a não rejeição da hipótese nula indica que a série não possui raiz unitária e, portanto, é estacionária. Assim, se os resultados do teste KPSS não rejeitarem a hipótese nula, isto reforça as conclusões do teste ADF, no qual a hipótese nula foi rejeitada, indicando estacionaridade. De acordo com os resultados apresentados na tabela acima, o teste KPSS não rejeita a hipótese nula, o que confirma que as séries das rendibilidades são estacionárias.

Dado que ambos os testes, ADF e KPSS, sugerem que as séries são estacionárias, estamos assegurados da validade desta condição. A estacionaridade das séries temporais permite a aplicação dos modelos econométricos desejados, uma vez que esta propriedade é fundamental para evitar problemas de inferência e garantir a fiabilidade dos resultados. Contudo, é necessário ainda verificar a existência de autocorrelação e

de heterocedasticidade condicional nos resíduos do modelo. Estas verificações são essenciais, pois a presença de autocorrelação pode indicar que o modelo está a omitir informação relevante, enquanto a heterocedasticidade, caso não seja tratada, pode levar a erros padrão incorretos, comprometendo a precisão das inferências.

### 4.2.3. Testes de autocorrelação

Nas tabelas 3 e 4 apresentam-se os resultados dos testes de Ljung-Box e de Bresuch-Godfrey à inexistência de autocorrelação nas rendibilidades do índice X.

Tabela 3 - Correlograma (teste de Ljung-Box)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.003	0.003	0.0366	0.848
		2	0.002	0.002	0.0493	0.976
		3	-0.007	-0.007	0.2155	0.975
		4	0.001	0.001	0.2219	0.994
		5	-0.006	-0.006	0.3372	0.997
		6	0.000	0.000	0.3373	0.999
		7	0.004	0.004	0.3759	1.000
		8	-0.002	-0.002	0.3852	1.000
		9	0.008	0.008	0.5885	1.000
		10	-0.000	-0.001	0.5892	1.000
		11	0.004	0.004	0.6291	1.000
		12	0.000	0.000	0.6295	1.000
		13	-0.003	-0.003	0.6595	1.000
		14	-0.003	-0.002	0.6800	1.000
		15	-0.002	-0.002	0.6978	1.000
		16	-0.005	-0.005	0.7655	1.000
		17	-0.003	-0.003	0.7879	1.000
		18	-0.003	-0.003	0.8127	1.000
		19	0.001	0.001	0.8191	1.000
		20	-0.000	-0.000	0.8192	1.000
		21	-0.000	-0.000	0.8195	1.000
		22	0.003	0.003	0.8534	1.000
		23	0.001	0.001	0.8577	1.000
		24	-0.008	-0.008	1.0393	1.000
		25	-0.003	-0.003	1.0621	1.000
		26	-0.004	-0.004	1.1034	1.000
		27	-0.005	-0.005	1.1905	1.000
		28	-0.000	-0.000	1.1909	1.000
		29	0.005	0.005	1.2747	1.000
		30	-0.001	-0.001	1.2784	1.000
		31	-0.001	-0.001	1.2803	1.000
		32	-0.002	-0.002	1.2927	1.000
		33	-0.003	-0.003	1.3134	1.000

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4 - Resultados do teste à inexistência de autocorrelação nas rendibilidades

Estatísticas	
BG	0.0589

**Notas:** BG é a estatística do teste de autocorrelação de Breusch-Godfrey.

\*\* significa rejeição de  $H_0$  com um nível de 1%

e \* rejeição de  $H_0$  com um nível de 5%

Fonte: Elaboração própria

A verificação da ausência de autocorrelação nas rendibilidades do índice X é realizada através da análise do correlograma e da aplicação de dois testes estatísticos: o teste de Ljung-Box e o teste de Breusch-Godfrey. Ambos os testes têm como hipótese nula ( $H_0$ ) a ausência de autocorrelação nos resíduos, o que é fundamental para garantir que as observações da série temporal sejam independentes ao longo do tempo – uma condição necessária para a validade de muitos modelos econométricos.

O teste de Ljung-Box examina a autocorrelação até várias defasagens (*lags*) de modo a detetar padrões de dependência temporal que possam existir na série. Esse teste calcula uma estatística de qui-quadrado para avaliar se os coeficientes de autocorrelação conjunta são significativamente diferentes de zero. Por outro lado, o teste de Breusch-Godfrey é particularmente útil para verificar a autocorrelação de ordem superior nos resíduos, especialmente em modelos de regressão onde o teste de Durbin-Watson pode ser insuficiente. O teste de Breusch-Godfrey permite testar a presença de autocorrelação até uma ordem especificada, oferecendo uma análise mais abrangente dos resíduos.

De acordo com os resultados obtidos, tanto o teste de Ljung-Box quanto o teste de Breusch-Godfrey indicam que não se rejeita a hipótese nula de ausência de autocorrelação. Esta conclusão sugere que os dados não apresentam autocorrelação significativa, confirmando a independência das observações ao longo do tempo e, portanto, satisfazendo este importante pressuposto do modelo.

A ausência de autocorrelação nas rendibilidades do índice X valida a aplicabilidade dos modelos econométricos que assumem independência temporal nos resíduos. Esta condição é fundamental para assegurar que o modelo não omita efeitos dinâmicos relevantes e que os estimadores dos parâmetros sejam consistentes e eficientes. Com

este pressuposto verificado, o modelo ajustado sobre os dados poderá produzir inferências fiáveis e previsões robustas.

#### 4.2.4. Testes de Heterocedasticidade

Para avaliar a presença de heterocedasticidade condicional nas rendibilidades, aplicam-se dois testes específicos: o teste de Ljung-Box aos quadrados dos resíduos ( $Q^2$ ) e o teste ARCH-LM (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity – Lagrange Multiplier). Ambos os testes são amplamente utilizados para detetar a presença de variância condicional nos dados, uma característica comum em séries financeiras que exibem clusters de volatilidade, onde períodos de alta e baixa volatilidade tendem a agrupar-se ao longo do tempo.

Tabela 5 - Resultados do teste à inexistência de autocorrelação nas rendibilidades

Estatísticas		
$Q^2$	87,1256	**
ARCH-LM	95,4325	**

$Q^2$  e ARCH-LM (10) representam os resultados dos testes de heterocedasticidade condicionada.

\*\* significa rejeição de  $H_0$  com um nível de 1%

e \* rejeição de  $H_0$  com um nível de 5%

Fonte: Elaboração própria

A confirmação de heterocedasticidade condicional nos dados sugere que a variância dos erros não é constante, mas sim dependente da variância de períodos anteriores, validando assim o uso de modelos ARCH para a estimação da volatilidade. Modelos deste tipo são eficazes para capturar a natureza agrupada da volatilidade em dados financeiros, permitindo previsões de risco mais precisas e inferências robustas.

#### 4.2.5. Resultados da estimação do modelo

Na Tabela 6 apresentam-se os resultados da estimação do modelo GARCH(1,1) para as rendibilidades do índice X. Visto os dados não seguirem uma distribuição normal e haver evidência de *fat tails* usamos a distribuição t de *Student* na estimação deste modelo.

~

Tabela 6 - Estimativas do modelo GARCH(1,1)

	Índice X	
<b>Equação da média</b>		
$\hat{c}$	-0.0082	**
<b>Equação da variância</b>		
$\hat{\omega}$	1.26E-05	**
$\hat{\alpha}$	0.2357	**
$\hat{\beta}$	0.6738	**

**Notas:** \*\* significativo a 1%.  
\* significativo a 5%

Fonte: Elaboração própria

Os resultados da estimação mostram que a constante na equação da média é estatisticamente significativa a um nível de significância de 1%, assim como todos os coeficientes da equação da variância. Esta descoberta confirma a presença de clusters de volatilidade no índice, uma característica frequentemente observada em séries financeiras, onde períodos de alta volatilidade tendem a ser seguidos por outros períodos de alta volatilidade, e períodos de baixa volatilidade são seguidos por períodos semelhantes.

Os coeficientes estimados na equação da variância sugerem que a volatilidade presente depende tanto dos erros passados quanto dos valores históricos da própria volatilidade, uma característica que é precisamente capturada pelo modelo GARCH(1,1). Esta dependência da variância em relação aos valores passados dos resíduos e da própria variância implica que a volatilidade tem memória, ou seja, o efeito de choques passados persiste e influencia a volatilidade futura.

Além disso, a soma dos coeficientes de variância ( $\alpha+\beta$ ) é próxima de um, sugerindo a possibilidade de memória longa ou persistência na volatilidade, um comportamento típico em séries financeiras e que pode indicar que a volatilidade reage lentamente aos

choques. Esta característica é frequentemente associada a processos de longa memória, onde o impacto de um choque decai de forma gradual ao longo do tempo.

Por fim, são realizados testes aos resíduos para verificar o seu comportamento e se este modelo foi efetivamente capaz de capturar a heterocedasticidade presente nos dados. Estes testes ajudam a confirmar se o modelo conseguiu eliminar a autocorrelação e a heterocedasticidade dos resíduos, como esperado num modelo bem ajustado. Na Tabela 7, apresentam-se as estatísticas descritivas dos resíduos do modelo GARCH(1,1), que incluem valores de média, variância, e outras medidas que permitem avaliar o comportamento dos resíduos. Se os resíduos não apresentarem heterocedasticidade e forem aproximadamente independentes e identicamente distribuídos (id), isto sugere que o modelo GARCH capturou com sucesso a estrutura de variância condicional dos dados.

Tabela 7 - Estatísticas descritivas dos resíduos do modelo GARCH(1,1)

Estatísticas descritivas	
Média	-0.0534
Desvio-padrão	0.9893
Assimetria	-0.3610
Curtose	3.9580
Teste de Jarque-Bera	185.2680**

Notas: \*\* Denota um nível de significância de 1%

Fonte: Elaboração própria

Verifica-se que os resíduos apresentam um valor baixo para a média, mas negativo, sendo o desvio-padrão mais elevado quando comparado com a média. Para além disso os resíduos apresentam assimetria negativa e curtose superior a 3, iniciando que não seguem uma distribuição normal que é comprovada pela rejeição da hipótese nula do teste de Jarque-Bera. A não normalidade da distribuição dos resíduos pode ser comprovada graficamente através do seu histograma conforme a Figura 3.

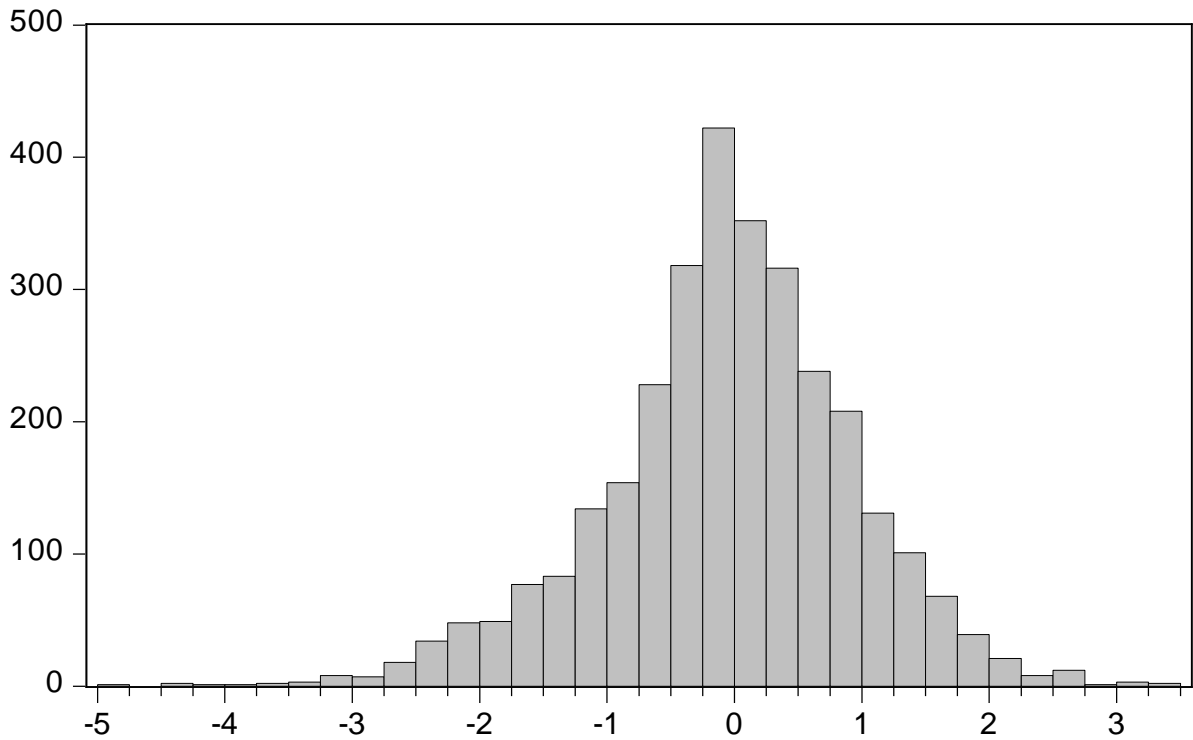


Figura 3 - Histograma dos resíduos do modelo GARCH(1,1)

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 8 são apresentados os resultados dos testes à heterocedasticidade dos resíduos do modelo estimado.

Table 8 - Resultados dos testes à inexistência de heterocedasticidade condicionada nos resíduos do modelo GARCH(1,1)

Estatísticas	
$Q^2$	9,7451
ARCH-LM	1,0438

$Q^2$  e ARCH-LM (10) representam os resultados dos testes de heterocedasticidade condicionada.

\*\* significa rejeição de  $H_0$  com um nível de 1%  
e \* rejeição de  $H_0$  com um nível de 5%

Fonte: Elaboração própria

Conforme se pode verificar em ambos os testes não rejeita a hipótese nula de inexistência de heterocedasticidade já que os valores não são estatisticamente significativos, o que nos permite concluir que o modelo GARCH(1,1) é apropriado para

modelar a volatilidade da série de rendibilidades, capturando tanto a dependência temporal da variância quanto a presença de clusters de volatilidade.

## 5. Conclusão

A presente dissertação demonstrou, com base em análise econométrica, a existência de clusters de volatilidade no índice STOXX Global Video Gaming & eSports Gross Return USD Index, confirmando a presença de padrões significativos de flutuações nos retornos deste mercado emergente. Utilizando o modelo GARCH(1,1), foi possível identificar a persistência na volatilidade, onde choques passados influenciam diretamente a variância condicional futura, característica marcante dos mercados financeiros de ativos com alta incerteza.

A análise mostrou que o índice passou por períodos de crescimento sustentado, interrupções abruptas e recuperações marcantes. O período entre 2012 e 2019 foi caracterizado por uma expansão consistente, impulsionada pelo aumento da popularidade dos videogames, pela profissionalização das competições de e-sports e pela diversificação de plataformas digitais, como o Twitch e o YouTube Gaming. Esses fatores atraíram investidores e patrocínios, refletindo-se no aumento de valor das empresas presentes no índice.

No entanto, a partir de 2020, o índice sofreu oscilações mais acentuadas. A pandemia de COVID-19 gerou uma crise global de incerteza econômica, levando a quedas abruptas nas cotações devido à venda de ativos por investidores mais conservadores. Curiosamente, o setor demonstrou resiliência ao adaptar-se ao entretenimento doméstico e à digitalização, recuperando rapidamente com o aumento do consumo de videogames e o lançamento de novas consolas, como a PlayStation 5 e a Xbox Series X.

Entre 2022 e 2023, o índice voltou a enfrentar desafios devido a fatores como o aumento das taxas de juros pelos bancos centrais e as tensões geopolíticas, como a guerra na Ucrânia. Estes eventos exacerbaram a volatilidade, reforçando a natureza dinâmica e sensível do setor de e-sports. A análise estatística evidenciou que os retornos do índice apresentam características de não-normalidade, com assimetria positiva e caudas grossas, indicando maior probabilidade de eventos extremos, sejam eles positivos ou negativos.

A análise das estatísticas descritivas mostrou que os retornos do índice não seguem uma distribuição normal, apresentando assimetria positiva e caudas grossas. Esses resultados destacam a maior probabilidade de eventos extremos e a necessidade de

ferramentas robustas, como o modelo GARCH, para capturar essas dinâmicas e fornecer previsões mais precisas.

Adicionalmente, queria frisar a grande dificuldade na obtenção de bibliografia sobre o setor dos *e-sports* associado à área das finanças, devido a ser ainda um tema muito recente e pouco estudado. Este setor foi mais aprofundado na área da psicologia e do desporto e, por isso, existiu uma grande dificuldade em efetuar o cruzamento da informação para o tema desta dissertação.

Do ponto de vista prático, as descobertas desta dissertação têm implicações significativas para investidores e gestores de risco. A identificação de clusters de volatilidade pode melhorar a previsão de períodos de maior instabilidade, permitindo a adoção de estratégias de mitigação, como diversificação de portfólios ou uso de instrumentos de hedge. Para investidores com maior tolerância ao risco, momentos de alta volatilidade podem oferecer oportunidades de retornos superiores, desde que acompanhados de uma análise criteriosa do mercado.

Por fim, este trabalho contribui para a literatura acadêmica sobre volatilidade financeira em setores emergentes, como os *e-sports*, e enfatiza a importância de estudos contínuos para acompanhar as rápidas transformações desta indústria. Com a constante evolução tecnológica e a crescente integração de soluções financeiras, como blockchain e NFTs (Non-fungible token), novos desafios e oportunidades continuarão a surgir, exigindo abordagens inovadoras e informadas.

O estudo sugere, ainda, que futuras pesquisas podem expandir a análise, incorporando modelos mais avançados, como o EGARCH (Exponential General Autoregressive Conditional Heteroskedastic) ou TGARCH (Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity), ou explorando outros índices e ativos relacionados ao setor dos *e-sports*. Essas investigações podem aprofundar a compreensão dos determinantes da volatilidade e contribuir para o desenvolvimento de práticas financeiras mais eficientes e sustentáveis neste mercado em rápida ascensão.

## 6. Referências bibliográficas

Li, R. (2016). *Good Luck Have Fun: The Rise of eSports*. Nova Iorque, NY: Skyhorse Publishing.

Borowy, M., & Jin, D. Y. (2013). "Pioneering e-sport: The role of South Korea in the development of competitive gaming". *International Journal of Digital Media & Culture*, 4(1), 31-45.

Taylor, T. L. (2012). *Raising the Stakes: E-Sports and the Professionalization of Computer Gaming*. The MIT Press.

Jin, D. Y. (2010). *Korea's Online Gaming Empire*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Taylor, T. L. (2018). *Watch Me Play: Twitch and the Rise of Game Live Streaming*. Princeton, Nova Jersey: Princeton University Press.

Hamari, J., & Sjöblom, M. (2017). "What is eSports and why do people watch it?". *Internet Research*, 27(2), 211-232.

Scholz, T. M. (2019). *eSports is Business: Management in the World of Competitive Gaming*. Cham: Springer.

Holden, J. T., Kaburakis, A., & Rodenberg, R. M. (2017). "The future is now: Esports policy considerations and potential litigation". *Journal of Legal Aspects of Sport*, 27(1), 46-78.

Martončík, M. (2015). "e-Sports: Playing just for fun or playing to satisfy life goals?". *Computers in Human Behavior*, 48, 208-211.

Gawrysiak, J., Burton, R., Jenny, S., & Williams, D. (2020). "The sportification of esports: A comparative analysis of esports and traditional sports organizations". *Sport Management Review*, 23(4), 551-566.

NewZoo. (2022). *Global Esports & Live Streaming Market Report*. Acedido em 19 de julho de 2024, em <https://newzoo.com/resources/trend-reports/newzoo-global-esports-market-report-2020-light-version>.

NewZoo. (2023). *Newzoo's Global Games Market Report 2023 | May 2024 Update*. Acedido em 25 de julho de 2024, em <https://newzoo.com/resources/trend-reports/newzoo-global-games-market-report-2023-free-version>.

Wagner, M. (2006). *On the scientific Relevance of eSports*. Em *Proceedings of the 2006 International Conference on Internet Computing & Conference on Computer Games Development*. Las Vegas, Nevada, Estados Unidos da América.

- Niculaescu C., Sangiorgi I., Bell A. (2023). Venture Capital financing in the eSports industry. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0275531923000776>.
- Bollerslev T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304407686900631>.
- Eagle R. (1982). Autoregressive Condition Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. Disponível em <http://www.econ.uiuc.edu/~econ536/Papers/engle82.pdf>.
- Bera A. e Higgins M. (1993). ARCH MODELS: PROPERTIES, ESTIMATION AND TESTING. *Journal of Economic Surveys*. Volume 7, 305-366.
- Brooks C. (2002). *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Nelson, D.B. e Cao, C.Q. (1992). Inequality Constraints in the Univariate Garch Model. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10, 229-235.
- Rabemananjara R. e Zakoian J. (1993). Threshold Arch Models and Asymmetries in Volatility. *Journal of Applied Econometrics*. Volume 8, 31-49.
- MacKinnon, J.G. (1996). Numerical Distribution Functions for Unit Root and Cointegration Tests. *Journal of Applied Econometrics*. Volume 11, 601-618.
- PwC. (2022). *Global Entertainment & Media Outlook 2022-2026*. Disponível em: [www.pwc.com](http://www.pwc.com)
- Statista. (2023). *E-Sports Market Report 2023*. Disponível em: [www.statista.com](http://www.statista.com)
- Forbes. (2022). *How Blockchain Is Changing the E-Sports Industry*. Disponível em: [www.forbes.com](http://www.forbes.com)
- Constine, J. (2014). Amazon Buys Twitch For \$970 Million In Cash, Will Keep It Independent. *TechCrunch*. Disponível em: <https://techcrunch.com/2014/08/25/amazon-buys-twitch/>
- Twitch. (2021). *Our Story*. Disponível em: <https://www.twitch.tv/p/en/about/>
- Boston Consulting Group. (2019). *Unpacking the US-China Tech Trade War*. Disponível em: <https://www.bcg.com>.
- Calcalistech. (2023). *The Semiconductor Showdown: US-China trade war escalates with export restrictions*. Disponível em: <https://www.calcalistech.com>.

Kotaku. (2019). Blizzard Suspends Hearthstone Player For Supporting Hong Kong Protesters. Disponível em: <https://www.kotaku.com>.

Reuters. (2023). Tencent Hit By China's Gaming Crackdown. Disponível em: <https://www.reuters.com>.

Statista. (2021). Video game industry revenue worldwide during COVID-19 pandemic. Retrieved April 26, 2025, from <https://www.statista.com/statistics/1107572/covid-19-impact-video-game-industry-worldwide/>