

**NOVA**

**IMS**

Information  
Management  
School

# MEGI

Mestrado em

**Estatística e Gestão de Informação**

**Integração do mercado de ações na SADC**

Determinantes de integração do mercado de ações na SADC

José Eduardo Nganga Pinto

Dissertação

apresentada(o) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Estatística e Gestão de Informação

**NOVA Information Management School**  
**Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação**

Universidade Nova de Lisboa

**NOVA Information Management School**  
**Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação**  
Universidade Nova de Lisboa

**Integração do mercado de ações na SADC**  
Determinantes de integração do mercado de ações na SADC

por

José Eduardo Nganga Pinto

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Estatística e Gestão de Informação, com especialização em Análise e Gestão de Risco

**Orientado por:**

Professor Doutor Jorge Miguel Ventura Bravo, PhD

NOVA IMS Universidade Nova de Lisboa & Université Paris-Dauphine PSL

Julho de 2025

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter realizado o presente trabalho académico com integridade. Confirmando que não recorri à prática de plágio ou de qualquer outra forma de utilização indevida de informação ou de falsificação de resultados durante o processo de elaboração deste trabalho. Declaro ainda que tenho conhecimento das Regras de Conduta e do Código de Honra da NOVA Information Management School.

*José Eduardo Nganga Pinto*

*Lisboa, Julho de 2025*

## RESUMO

**Contexto e objetivo:** A integração dos mercados de ações é um desafio central para o desenvolvimento económico regional. Este estudo avalia o grau de integração do mercado de ações na SADC no período 2014–2019 para 5 dos 16 Estados-Membros.

**Métodos:** Estima-se um modelo DCC-GARCH com rendibilidades diárias, assumindo distribuição t-Student para acomodar caudas pesadas e eventos extremos. Avaliam-se volatilidades condicionais dinâmicas e correlações condicionais dinâmicas como métricas de integração.

**Dados:** São usadas séries diárias de rendibilidades de mercados de 5 dos 16 países na SADC no período 2014–2019.

**Resultados principais:** São identificadas volatilidades condicionais dinâmicas elevadas e persistentes na generalidade dos mercados; As correlações condicionais dinâmicas são baixas e, por vezes, negativas, sugerindo ausência de integração ao nível regional; O par África do Sul–Namíbia destaca-se com  $\beta > 0,95$  (forte persistência da volatilidade) e correlação média  $\approx 0,90$ , indicando maior integração bilateral face aos restantes mercados.

**Conclusões:** No período analisado, o mercado de ações dos cinco países analisados pertencentes à SADC não se encontram integrados como bloco, embora existam núcleos de maior integração (p.ex., África do Sul–Namíbia) que ajudam a identificar determinantes relevantes.

**Implicações de política:** A integração efetiva requer compromisso político, institucional e económico entre Estados-Membros, incluindo: (i) concretização de uma zona de livre comércio; (ii) harmonização fiscal, cambial e regulatória; (iii) reforço de um enquadramento jurídico independente; (iv) cooperação técnica; e (v) investimento em infraestrutura tecnológica para mercados financeiros.

**Implicações para investidores:** Identificam-se oportunidades tanto em mercados com elevada correlação e estabilidade (integração maior) como em mercados com baixa correlação, que podem oferecer diversificação e arbitragem de risco.

**Limitações e investigação futura:** Resultados circunscritos a 2014–2019 para apenas 5 Estados-Membros a um único enquadramento (DCC-GARCH com t-Student). Investigações futuras poderão alargar o horizonte temporal, testar especificações alternativas, incorporar mais Estados-Membros e choques macroeconómicos e institucionais.

## PALAVRAS-CHAVE

Integração financeira; Mercados de ações; SADC; DCC-GARCH; Volatilidade; Correlação dinâmica.



## ABSTRACT

**Background and objective:** Equity market integration is a central challenge for regional and global economic development. This study assesses the degree of integration in the Southern African Development Community (SADC) equity market over 2014–2019 for five of the sixteen member states.

**Methods:** We estimate a DCC-GARCH model on daily returns, assuming a Student's  $t$  distribution to accommodate fat tails and extreme events. Dynamic conditional volatilities and dynamic conditional correlations are used as integration metrics.

**Data:** Daily equity market return series for five of the sixteen SADC member states, 2014–2019.

**Main findings:** Dynamic conditional volatilities are high and persistent across most markets; dynamic conditional correlations are low and at times negative, indicating a lack of regional integration; the South Africa–Namibia pair stands out with  $\beta > 0.95$  (strong volatility persistence) and a mean correlation of approximately 0.90, evidencing greater bilateral integration relative to other markets.

**Conclusions:** For 2014–2019, the SADC equity market is not integrated as a bloc, although pockets of greater integration (e.g. South Africa–Namibia) help identify potential determinants of integration.

**Policy implications:** Effective integration requires robust political, institutional, and economic commitment among member states, including: (i) implementation of a free-trade area; (ii) harmonisation of fiscal, exchange-rate, and regulatory policies; (iii) an independent legal/judicial environment; (iv) technical co-operation; and (v) investment in technological infrastructure for financial markets.

**Implications for investors:** There are opportunities both in markets with higher correlation and stability (greater integration) and in markets with lower correlation, which may offer diversification and risk-arbitrage potential.

**Limitations and future research:** Findings are specific to the period 2014–2019, to five member states, and to a single framework (DCC-GARCH with a Student's  $t$  distribution). Future work could extend the time horizon, test alternative specifications, and incorporate more member states, as well as macroeconomic and institutional shocks.

## KEYWORDS

Financial integration; Equity markets; SADC; DCC-GARCH; Volatility; Dynamic correlation

# ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	3
3. METODOLOGIA .....	6
3.1. Descrição do Modelo.....	6
3.2. Estrutura do Modelo .....	6
3.3. Formulação Matemática.....	6
3.4. Vantagens e limitações do Modelo .....	8
4. ESTUDO EMPÍRICO .....	9
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5.1. Análise dos pares de correlação condicional dinâmica.....	16
5.2. Limitações identificadas no processo de estimação .....	18
5.3. Principais determinantes da integração.....	18
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	19
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21
Anexo.....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Histograma da rendibilidade diária entre 2014 e 2019.....	10
<b>Figura 2:</b> Correlações condicionais dinâmicas entre 2014 e 2019 .....	15

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens e limitações do modelo DCC-GARCH .....	8
Tabela 2 - Lista de Índices de ações .....	9
Tabela 3 - Sumário estatístico da rendibilidade diária .....	10
Tabela 4 - Coeficientes principais da volatilidade condicional.....	12
Tabela 5 - Coeficientes secundários da volatilidade condicional .....	13
Tabela 6 - Parâmetros DCC (Correlação dinâmica) .....	13
Tabela 7 - Correlações médias condicionais dos mercados de ações dos cinco países .....	14
Tabela 8 – Análise das correlações entre os mercados .....	16

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>AIC</b>	Akaike Information Criterion
<b>ARMA</b>	Autoregressive Moving Average
<b>BCE</b>	Banco Central Europeu
<b>BSE</b>	Botswana Stock Exchange
<b>BIC</b>	Bayesian Information Criterion
<b>CoSSE</b>	Committee of SADC Stock Exchange
<b>CCC</b>	Constant Conditional Correlation
<b>DCC</b>	Dynamical Conditional Correlation
<b>GARCH</b>	Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
<b>HQIC</b>	Hannan–Quinn Information Criterion
<b>IC</b>	Intervalo de Confiança
<b>ICAPM</b>	International Capital Asset Pricing Model
<b>GJR</b>	Glosten, Jagannathan and Runkle
<b>JSX</b>	Johannesburg Stock Exchange
<b>LASILZ</b>	Lusaka All Share Index
<b>MALSMV</b>	Malawi All Share Index
<b>NSX</b>	Namibian Stock Exchange
<b>SADC</b>	Southern African Development Community (Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral)
<b>SSA</b>	Sub-Saharan Africa Index
<b>SIC</b>	Shibata Criterion
<b>VAR</b>	Vector Autoregressive

# 1. INTRODUÇÃO

Em 2006 os Estados-Membros da SADC-Southern African Development Community celebraram um protocolo sobre finanças e investimentos com o objetivo de promover a harmonização das políticas nestas áreas e assegurar que quaisquer alterações nas políticas de um Estado-Membro não necessite de ajustamentos indesejáveis nos outros Estados-Membros da SADC (2006). Encontra-se disposto neste protocolo um capítulo relacionado com o desenvolvimento do mercado de capitais e mercado financeiro regional, que tende a ser alcançado através da facilitação da integração regional, da cooperação e da coordenação nos setores das finanças e do investimento, permitindo diversificar e expandir os setores produtivos da economia e reforçar o comércio na região, a fim de alcançar um desenvolvimento económico sustentável, o crescimento e a erradicação da pobreza da população dos Estados-Membros que na sua maioria apresentam economias emergentes com uma diversidade de recursos naturais mas com um grau reduzido de industrialização e fortemente dependentes de importações de produtos de outros países fora da SADC.

Este trabalho tem como objetivo determinar o nível de integração do mercado de ações de 5 dos 16 Estados-Membros que apresentam mercados consolidados e com alguma profundidade histórica nos seus dados, através da análise das correlações condicionais dinâmicas utilizando o modelo DCC-GARCH proposto por R. Engle (2002), bem como, na identificação de determinantes com implicações na integração financeira na SADC. Tendo em consideração a insuficiência e dificuldade na obtenção de dados e inexistência de mercado de ações para alguns Estados-Membros, foram considerados apenas 5 países para efeito deste trabalho. Importa realçar que esta limitação não compromete a robustez e fiabilidade do trabalho e os dados utilizados permitem alcançar o objetivo deste estudo.

Considera-se a definição de integração financeira introduzida pelo Banco Central Europeu que se baseia na ideia de que a integração num determinado mercado é alcançada quando todos os participantes do mercado com as mesmas características relevantes: (i) enfrentam as mesmas regras quando decidem negociar os instrumentos financeiros deste mercado; (ii) têm igual acesso ao mercado e (iii) são tratados da mesma maneira quando ativos no mercado. Face ao exposto, um grau elevado de correlação, tende a indicar uma maior integração dos mercados, o que significa que estes aspetos mencionados na definição estão a ser cumpridos. Entende-se que esta definição se enquadra para o mercado de ações na SADC por abranger características amplamente utilizadas a nível da literatura para avaliar a integração financeira e que podem ser explicadas por metodologias robustas e eficientes.

Este trabalho é de extrema relevância devido aos desafios que as economias apresentam, permitirá avaliar o grau de integração e identificar determinantes da integração regional para os países na SADC, permitindo contribuir para o alcance dos objetivos deste órgão que entende que o desenvolvimento dos Estados-Membros depende, entre outros fatores, da integração financeira regional. Adicionalmente, contribuirá para a literatura referente a integração financeira em África e a nível global com base nos resultados obtidos, na medida em que existem poucos estudos relacionados com os países africanos e ainda existem acentuadas divergências sobre a melhor forma de determinar a integração e os fatores que influenciam a integração na literatura internacional até a data atual.

Comparando com os outros estudos que analisaram a integração do mercado na SADC, tal como Ncube & Mingiri (2015) e Bundoo (2017), cujos resultados obtidos têm subjacente a utilização de modelos como o VAR (Vector Autoregressive) e o modelo de Cointegração de Johansen e Julius, o modelo DCC-

GARCH proposto por Engle (2002) permite a análise de correlações ao longo do tempo entre variáveis financeiras considerando uma distribuição das rendibilidades diferente da distribuição normal, como é o caso da distribuição t-Student, que permite efetuar uma modelação melhor das caudas pesadas ou eventos extremos e os parâmetros estimados pelo modelo permitem uma melhor interpretação. Trata-se de uma abordagem nova utilizada para avaliar a integração financeira na SADC quando comparado com estudos com o mesmo objetivo.

Este trabalho encontra-se estruturado em seis seções onde a seguir a esta seção, é apresentada na segunda seção a revisão da literatura, na terceira seção é feita uma breve referência da abordagem metodológica considerada para responder aos objetivos do trabalho, na quarta seção são apresentados os resultados empíricos da integração dos Estados-Membros na SADC, na quinta seção são analisados os resultados e efetuada uma discussão e na sexta seção são apresentadas as conclusões do trabalho e recomendações para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Sharma & Seth (2011) definem integração de mercado como uma condição em que os mercados de ações ou bolsas de valores de diferentes países evoluem em conjunto e apresentam os mesmos rendimentos esperados ajustados ao risco. Estes autores referem ainda que este conceito ganhou importância durante os anos 80 mas a maior parte do trabalho foi desenvolvido durante os últimos 16 ou 17 anos.

Ao analisar a literatura existente sobre a integração do mercado de ações, a maior parte dos estudos examinou a integração entre os mercados de ações ou bolsa de valores apenas num quadro linear, utilizando o habitual teste de correlação linear como instrumento de análise de dados, tais como Hamao et al. (1990) que encontrou evidências de efeitos colaterais da volatilidade dos preços dos mercados de ações dos Estados Unidos da América e do Reino Unido para o mercado japonês e dos Estados Unidos da América para o mercado britânico no período posterior a outubro de 1987.

Markellos & Siriopoulos (1997) encontraram evidências de interdependências e integração entre os mercados europeus e o mercado norte-americano, mas não encontraram nenhuma tendência comum significativa partilhada entre os mercados europeus e os mercados norte-americano e japonês. Masih & Masih (1999) constataram a existência de uma relação significativa a curto e longo prazo entre os mercados desenvolvidos e emergentes.

Chen et al. (2002) verificaram que o vetor de cointegração explicava as dependências nos preços e existia uma relação de equilíbrio de longo prazo entre os mercados analisados. Boujir & Lahrech (2008) verificaram falta de integração do mercado norte americano e marroquino devido a barreiras como tarifas, impostos, restrições ao comércio de ativos estrangeiros ou custos de informação. Mukhopadhyay (2009) verificou integração financeira através de análise de setores económicos, concluindo que o setor de serviços indiano apresentava maior integração em relação aos outros.

Por outro lado, estudos feitos por Hassan & Naka (1996) que encontraram resultados contraditórios e que não podiam fornecer evidências sobre a eficiência do mercado de ações internacional e Chang & Nieh (2001) constataram que os mercados dos Estados Unidos da América e do Japão desempenhavam papéis de liderança na condução das flutuações nos mercados de Taiwan e Hong Kong.

Karim & Chan (2006) analisaram o grau de integração entre a Malásia e os seus principais parceiros comerciais, concluído pela existência de maior cointegração no período da crise, concentraram-se principalmente em técnicas econométricas mais recentes, como o teste de cointegração de Johansen, mecanismo de correção de erros, teste de causalidade de Granger, função de decomposição de variância (VDC), função de resposta a impulsos (IRF), etc.

O conceito de integração do mercado de ações ou bolsa de valores encontra-se implícito no conceito de integração do mercado financeiro, que apesar de não existir um único conceito, vários estudos têm abordado sobre esse tema. Baele et al. (2004) mensuram a integração financeira na zona euro e consideram que um mercado para um determinado conjunto de instrumentos financeiros e/ou serviços é totalmente integrado se todos os potenciais participantes no mercado com as mesmas características relevantes (1) enfrentam um único conjunto de regras quando decidem lidar com esses instrumentos financeiros e/ou serviços, (2) têm igual acesso ao conjunto de instrumentos financeiros e/ou serviços e (3) são tratados em pé de igualdade quando estão ativos no mercado, definição que se

encontra alinhada com a apresentada pelo Banco Central Europeu. Assim, a definição de integração encontra-se estritamente ligada à lei de um preço, que estabelece que os ativos que têm riscos e rendibilidades idênticos devem ter um preço idêntico, independentemente do local onde são transacionados.

Guesmi & Teulon (2014), analisam a integração dos mercados financeiros de alguns países selecionados do Oriente Médio através da utilização do ICAPM (Internacional Capital Asset Pricing Model), versão que permite alterações dinâmicas no grau de integração dos mercados regionais, no prémio de risco global, no prémio de risco cambial e no prémio de risco do mercado local, o que permitiu concluir que os mercados de ações destes países se encontram bem integrados no mercado regional.

G. Ncube & Mingiri (2015) analisam a integração entre a Bolsa de Joanesburgo e a Bolsa de alguns países africanos selecionados através da utilização de dois modelos, nomeadamente o Vector Autoregressive (VAR), para determinar em que medida os mercados de ações em África estão integrados através da utilização de técnicas de estimação como Johansen Cointegration Approach e o teste de casualidade de Granger. Estes autores concluíram que apesar de existir uma relação positiva de curto prazo entre a Bolsa de Valores da África do Sul e a Bolsa de Valores do Botswana, o mercado de ações de África encontra-se segmentado, principalmente devido à diferença de capacidade operacional e de eficiência dos mercados, existindo oportunidades de arbitragem.

Bundoo (2017) analisa o grau de integração dos mercados de ações dos países na SADC, inicialmente pela análise do (i) *beta* para determinar a velocidade de convergência das rendibilidades das séries subjacentes do mercado de ações, (ii) *sigma convergence* de forma a calcular o grau de dispersão transversal do diferencial da rentabilidade das ações como medida do grau de integração, e de seguida através da (iii) análise de cointegração pela técnica de Johansen e Juselius, utilizando separadamente o mercado dos Estados Unidos e o índice dos países da África Subsariana como benchmark, conclui que não existe uma cointegração entre os mercados na SADC e o mercado dos Estados Unidos e que apesar de ser identificado um vetor de cointegração entre os mercados de cada Estado-Membro, quando comparados com o índice SSA, a cointegração existente é muito fraca.

Nardo et al. (2022) referem que a ideia de que os co-movimentos das rendibilidades dos mercados bolsistas são indicadores de integração remonta à década de 1990 com King et al. (1994); Lin et al. (1994), e mais tarde com Longin & Solnik (2001) e Kearney & Lucey (2004).

Desde então, uma grande parte da literatura apresenta resultados que demonstram que as medidas de co-movimento, como a correlação entre mercados, são, de facto, uma má medida da integração financeira. Carrieri et al. (2007); Pukthuanthong & Roll (2009); Billio et al. (2017) mostram que o coeficiente de correlação tende a subestimar o grau de integração. Carrieri et al. (2007) utiliza, em vez disso, um método de heteroscedasticidade condicional autoregressiva generalizada (GARCH) para estudar a evolução da integração dos mercados.

As correlações entre as rendibilidades nacionais e mundiais são significativamente inferiores aos índices de integração estimados com base na atividade real. Em vez disso, Pukthuanthong & Roll (2009) fornecem uma medida de integração baseada no poder explicativo de um modelo multifatorial. Estes propõem a identificação de um conjunto de fatores comuns que podem ser interpretados como fatores de integração num conjunto de países. Com esta abordagem, a integração dos mercados

financeiros é medida como a proporção das rendibilidades nacionais que podem ser explicadas por fatores comuns. Se esta proporção for pequena, então a rendibilidade nacional é dominada por influências locais e caso contrário, considera-se que o país está integrado. Esta definição de integração permite separar as componentes de risco que afetam as rendibilidades dos ativos.

Como resposta às limitações apresentadas por modelos que analisam a integração tendo subjacente correlações simples, Engle (2002) propôs uma extensão ao modelo CCC-GARCH (Constant Conditional Correlation - Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), proposto por Bollerslev (1990), atribuindo a este novo modelo a denominação DCC-GARCH (Dynamic Conditional Correlation - Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), permitindo aumentar a capacidade de ajustar dinamicamente as correlações condicionais ao longo do tempo.

Ye (2016), utilizou este modelo para analisar o comportamento das ações internacionais e as obrigações governamentais e a correlação entre as rendibilidades das ações do mercado chinês e o mercado americano, tendo concluído pela identificação de assimetria nas ações, mas não nas obrigações e que a correlação do mercado dos EUA e de Hong Kong é mais forte do que a correlação verificada entre o mercado dos EUA e o mercado da China.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para este trabalho diz respeito ao modelo DCC-GARCH. Este modelo é significativamente utilizado em estudos financeiros para modelar a volatilidade e as correlações dinâmicas entre múltiplos ativos ou mercados.

#### 3.1. DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo DCC-GARCH, foi proposto por Engle (2002) e é uma extensão dos modelos GARCH multivariados que permite estimar correlações dinâmicas entre séries temporais financeiras. Este modelo combina a modelagem da volatilidade condicional com a estimativa de correlações que variam ao longo do tempo, sendo particularmente útil para analisar interdependências entre mercados financeiros, permite que as correlações entre ativos variem ao longo do tempo, capturem mudanças estruturais e choques económicos no curto prazo e reduz o número de parâmetros estimados em comparação com modelos GARCH multivariados tradicionais. Este modelo é utilizado em diversas áreas de pesquisa financeira, incluindo, análise de integração de mercados financeiros, estudo de transmissão de volatilidade entre mercados, avaliação de risco em portfólios internacionais e identificação de períodos de alta correlação durante crises financeiras.

#### 3.2. ESTRUTURA DO MODELO

O modelo DCC-GARCH é composto por duas etapas principais, nomeadamente:

##### **Etapa 1: Modelação da Volatilidade Condicional**

Nesta etapa, cada série temporal é modelada individualmente utilizando um modelo GARCH univariado, como o GARCH(1,1). A volatilidade condicional de cada ativo é estimada com base em suas próprias rendibilidades históricas.

##### **Etapa 2: Estimativa das Correlações Dinâmicas**

Após a estimativa das volatilidades, o modelo calcula as correlações dinâmicas entre os ativos, utilizando o DCC(1,1), ou seja, assumindo que as correlações são calculadas com base em dois parâmetros ( $\alpha_1$  e  $\beta_1$ ) e consideram apenas os choques mais recentes, reduzindo o risco de sobre ajuste e instabilidade ou uma difícil convergência. A matriz de correlação condicional  $R_t$  é obtida a partir de uma matriz de covariância condicional  $Q_t$ , que é atualizada ao longo do tempo.

#### 3.3. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

Este modelo tem como principal referência o modelo CCC (Constant Conditional Correlation model) proposto por Bollerslev (1990), em que:

$$H = D_t \cdot R \cdot D_t, \quad (1)$$

onde  $D_t$  representa uma matriz diagonal com os desvios padrão condicionais de cada série estimados pelo GARCH univariados estimados na diagonal, e  $R$  é a matriz de correlação que contém as correlações condicionais. A principal diferença para o modelo DCC encontra-se no  $R$ , que no modelo DCC permite

umentar a capacidade de ajustar dinamicamente as correlações ao longo do tempo transformando-se na matriz de correlações dinâmicas ( $R_t$ ).

$$H_t = D_t \cdot R_t \cdot D_t \quad (2)$$

$$R_t = \text{diag}\{Q_t\}^{-1} \cdot \text{diag}\{Q_t\}^{-1} \quad (3)$$

$$Q_t = S(1 - \alpha - \beta) + \alpha \varepsilon_{t-1} \varepsilon'_{t-1} + \beta Q_{t-1}, \quad (4)$$

onde  $\alpha$  e  $\beta$  são os parâmetros de DCC e  $\varepsilon_t = D_t^{-1} r_t$  são os resíduos padronizados, mas correlacionados, ou seja, as variâncias condicionais das componentes de  $\varepsilon_t$  são iguais a 1, mas as correlações condicionais são dadas por  $R_t$ . O  $\text{diag}\{Q_t\}$  é uma matriz diagonal com os mesmos elementos diagonais que  $Q_t$ , e  $S$  é a matriz de correlação amostral de  $\varepsilon_t$ , que é um estimador consistente da matriz de correlação incondicional. Se  $\alpha$  e  $\beta$  forem zero, obtém-se o modelo CCC acima descrito. Se forem diferentes de zero, obtém-se uma espécie de estrutura ARMA para todas as correlações. Note-se, no entanto, que todas as correlações seguiriam o mesmo tipo de dinâmica, uma vez que os parâmetros ARMA são os mesmos para todas as correlações.

A verosimilhança logarítmica para o apuramento da estimativa do modelo pode ser maximizada sobre os parâmetros do modelo. No entanto, um dos objetivos de esta formulação é permitir que o modelo seja estimado mais facilmente, mesmo quando a matriz de covariância é muito grande.

$$L_c = -\frac{1}{2} + \sum_{t=1}^T (n \log(2\pi) + \log |D_t R_t D_t| + r_t' D_t^{-1} R_t^{-1} D_t^{-1} r_t) \quad (5)$$

Por outro lado, a verosimilhança logarítmica pode ser escrita como a soma de uma parte da volatilidade e de uma parte da correlação

$$[L(\theta, \phi) = L_v(\theta) + L_c(\theta\phi)] \quad (6)$$

onde a volatilidade é um termo de:

$$L_v(\theta) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (n \log(2\pi) + \log |D_t^2| + r_t' D_t^{-2} r_t) \quad (7)$$

e a correlação é determinada através de:

$$L_c(\theta, \phi) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (\log |R_t| + \varepsilon_t' R_t^{-1} \varepsilon_t - \varepsilon_t' \varepsilon_t) \quad (8)$$

### 3.4. VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MODELO

Apresentamos abaixo algumas vantagens e limitações do modelo, tal como se segue:

Tabela 1 – Vantagens e limitações do modelo DCC-GARCH

Vantagens	Limitações
Capta a dinâmica temporal das correlações, permitindo observar correlações que mudam ao longo do tempo.	Assume parâmetros iguais ( $a_1$ , $b_1$ ) para todas as séries, o que pode ser demasiado restritivo.
Reduz o número de parâmetros estimados em comparação com modelos GARCH multivariados tradicionais.	Capta apenas correlações lineares, não modelando assimetrias ou não-linearidades complexas.
Analisa interdependências entre mercados financeiros e permite que as correlações entre ativos variem ao longo do tempo, capturem mudanças estruturais e choques económicos no curto prazo.	Torna-se computacionalmente exigente e instável em alta dimensão (muitos ativos).
Possibilidade de usar distribuições mais realistas (ex.: t-Student) que capturam caudas pesadas.	A escolha da distribuição é limitada (normal ou t-Student) e pode gerar má especificação.
Tem ampla aceitação na literatura e é aplicado em diversas áreas (finanças, economia, energia).	Não captura mudanças de regime (ex.: crises vs períodos normais) e não identifica a origem ou natureza estrutural dos choques.
Permite análise útil para investidores e decisores de política económica.	Não incorpora variáveis exógenas macroeconómicas nem indicadores de política económica que expliquem os choques.

**Fonte:** preparado pelo autor.

Não obstante as limitações apresentadas, este modelo tem se revelado muito útil para a análise de integração financeira e tem permitido a obtenção de resultados que refletem a realidade para muitos casos, aumentando o grau de confiança dos investigadores e outros agentes para a tomada de melhores decisões.

#### 4. ESTUDO EMPÍRICO

Neste capítulo será apresentada a abordagem de calibração do modelo e os resultados obtidos sobre o grau de integração do mercado de ações dos cinco países na SADC selecionados. Para se estimar os parâmetros foram obtidas as rendibilidades diárias dos índices de ações (Tabela 2), abrangendo o período de entre 06 de Janeiro de 2014 e 31 de Dezembro de 2019 dos países na SADC com uma bolsa de valores já estabelecida e consolidada. Estes dados foram extraídos da aplicação Refinitiv Eikon e cruzados com informações, sempre que disponíveis do *Committee of SADC Stock Exchange (CoSSE)* e dos sites oficiais das bolsas de cada país considerado.

Tabela 2 - Lista de Índices de ações

<b>Índice</b>	<b>País</b>
BSE	Botswana
JSE	África do Sul
LASILZ	Zâmbia
MALSMV	Malawy
NSX	Namíbia

Após a obtenção das rendibilidades diárias dos índices de ações (valores de fecho), abrangendo o período de entre Janeiro de 2014 e Dezembro de 2019, tendo em consideração que o modelo apenas é funcional para a comparação referente aos mesmos períodos (ou seja, o número de dados para cada índice deve ser igual), foram excluídas da análise as rendibilidades das datas não comuns de forma a garantir a comparabilidade da informação e funcionamento do modelo.

Ribeiro & Castro (2022) referem que quando ocorrem dados ausentes em séries temporais, o problema pode abranger séries temporais univariadas ou multivariadas, diferentes mecanismos de ausência de dados e diferentes naturezas de séries temporais. Uma boa compreensão desses fatores pode ser útil na escolha do método de imputação adequado. Também é importante escolher métodos que levem em consideração as informações temporais intrínsecas aos dados de séries temporais. Tendo em consideração o fato de não existirem elevados dados em falta e as interpolações puderem criar rendibilidades artificiais, não refletir o risco real do mercado e distorcer a volatilidade nestes períodos, optou-se por não se interpolar os dados para a obtenção de rendibilidades nos períodos em falta.

Tabela 3 - Sumário estatístico da rentabilidade diária  
(Fonte: preparado pelo autor)

Descrição	BSE	JSE	LASILZ	MALSMV	NSX
Mean	-0.000199	0.000236	-0.000747	-0.000016	0.000413
Standard Error	0.000213	0.000435	0.000389	0.000333	0.000557
Median	0.000032	0.000327	-0.000878	0.000045	0.000482
Standard Deviation	0.007120	0.014534	0.012969	0.011113	0.018579
Kurtosis	7.023847	0.864972	17.394283	20.864394	1.915814
Skewness	-0.125482	-0.176675	-0.659671	-2.248990	-0.252424
Range	0.091138	0.105977	0.228146	0.157427	0.180987
Minimum	-0.044646	-0.055782	-0.137777	-0.108205	-0.109491
Maximum	0.046492	0.050195	0.090369	0.049223	0.071496
Confidence Level (95%)	0.000419	0.000854	0.000762	0.000653	0.001092
Count	1 114	1 114	1 114	1 114	1 114

Fonte: preparado pelo autor.

A **tabela 3** apresenta o sumário estatístico das rentabilidades diárias dos índices de ações dos cinco países na SADC, compreendido entre 06 de Janeiro de 2014 e 31 de Dezembro de 2019, contém um número de observações de 1 114, após serem excluídos os períodos não comuns para todos os índices.

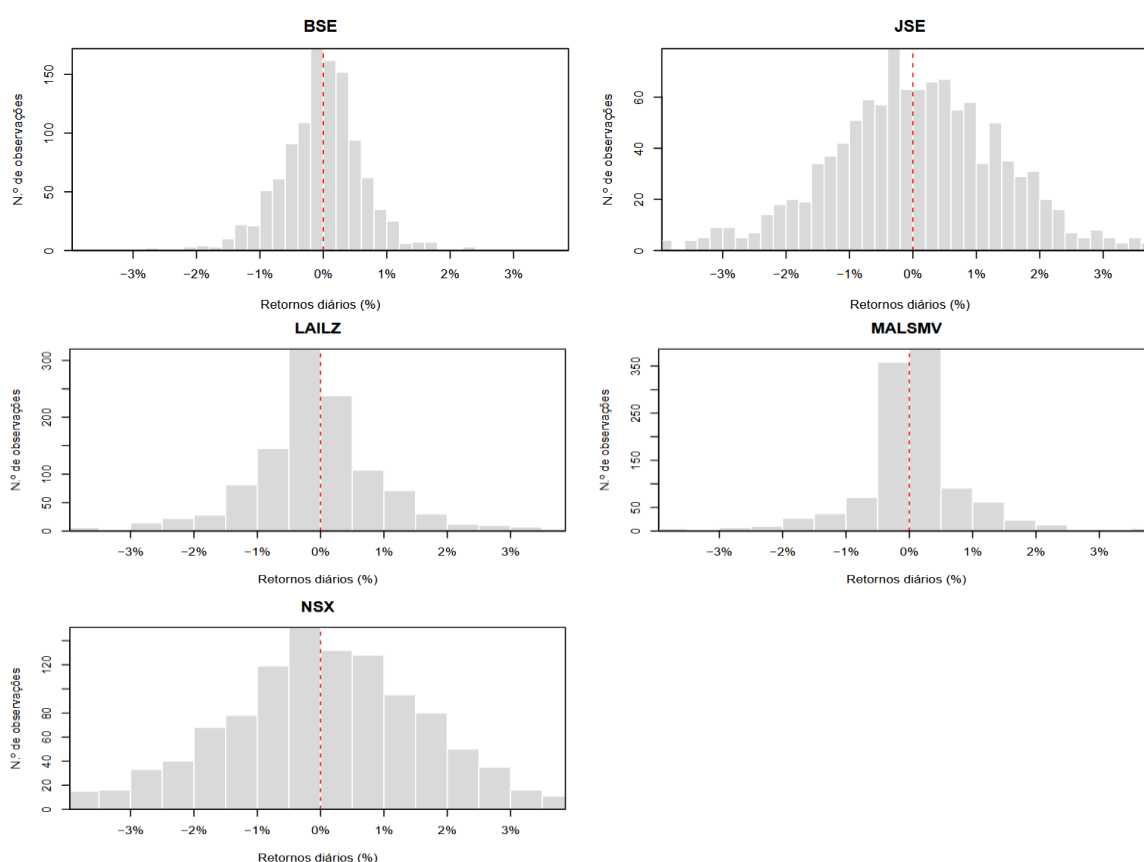


Figura 1: Histograma da rentabilidade diária entre 2014 e 2019.

(Fonte: preparado pelo autor)

Estes histogramas mostram-nos a distribuição da rendibilidade diária dos índices de ações, evidenciando para a maior parte dos mercados distribuições distintas. A rendibilidade das ações das bolsas da Zâmbia (LASILZ), Malawi (MALSMV) e Botswana (BSE) apresentam curtoses elevadas, o que significa que a maior parte da rendibilidade diária se encontram concentradas em torno da média, confirmando que para a rendibilidade financeira, as caudas tendem a ser mais pesadas e maior probabilidade de eventos extremos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a obtenção dos resultados esperados recorreu-se a utilização da ferramenta *Rstudio* onde foi escrito um código, que tem subjacente a função principal “*rmgarch*”, função correspondente ao modelo selecionado, nomeadamente, o modelo DCC-GARCH.

Na primeira etapa é definido o modelo GARCH (1,1) univariado para cada série, assumindo uma média constante e a utilização da distribuição t-Student para os resíduos, de forma a capturar a volatilidade dinâmica de cada índice de ações individualmente.

$$\left\{ \begin{array}{l} r_t = \mu_t + \epsilon_t \\ \epsilon_t = \sigma_t r_t \\ \sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \\ r_t \sim t - student \end{array} \right. \quad (9)$$

Apesar de Engle considerar uma distribuição normal, tendo em consideração a especificidade dos dados financeiros e conforme evidenciado acima na análise estatística, assumimos uma distribuição t-Student, devido a volatilidade da rendibilidade, caldas mais largas e apetência para aderência do modelo a valores extremos. Adicionalmente, no contexto de séries financeiras, a hipótese de normalidade frequentemente não se verifica, uma vez que as rendibilidades apresentam assimetria e curtose excessiva e podem levar a declarações incorretas. Neste sentido, os testes de normalidade propostos por Jarque & Bera (1980) e Shapiro & Wilk (1965) são amplamente utilizados para avaliar a aderência dos dados à distribuição normal mas para efeito deste estudo foram avaliados os critérios de avaliação dos modelos para suportar a utilização da distribuição t-Student.

Na segunda etapa, são agrupados os modelos univariados em uma especificação multivariada com uma estrutura do modelo DCC (1,1) de forma a calcular as correlações condicionais dinâmicas ao longo do tempo, assumindo uma distribuição t-Student multivariada.

$$Q_t = S(1 - \alpha - \beta) + \alpha \epsilon_{t-1} \epsilon'_{t-1} + \beta Q_{t-1} \quad (4)$$

Uma vez determinadas as correlações condicionais dinâmicas, o modelo DCC-GARCH é ajustado às séries temporárias e são estimados os parâmetros, os resíduos, a volatilidade e as matrizes de correlação dinâmica, conforme apresentado abaixo.

Tabela 4 - Coeficientes principais da volatilidade condicional

Índice	alpha1			beta1		
	Estimate	Std. Error	IC (95%)	Estimate	Std. Error	IC (95%)
BSE	0.009876	0.002112	[0.004338; 0.015414]	0.987360	0.003394	[0.978461; 0.996259]
JSE	0.044824	0.014504	[0.006794; 0.082854]	0.944756	0.018823	[0.895402; 0.994110]
LASILZ	0.342126	0.101376	[0.076316; 0.607936]	0.656873	0.107718	[0.374434; 0.939312]
MALSMV	0.823385	0.192437	[0.318811; 1.327959]	0.175615	0.357768	[-0.762460; 1.113690]
NSX	0.040753	0.037217	[-0.056831; 0.138337]	0.950542	0.046737	[0.827997; 1.073087]

Fonte: preparado pelo autor.

A **tabela 4** apresenta os resultados dos parâmetros  $\alpha_1$  ( $\alpha$ ) e  $\beta_1$  ( $\beta$ ), onde o parâmetro  $\alpha_1$  ( $\alpha$ ) representa o impacto dos choques passados (resíduos) na volatilidade atual de cada índice e  $\beta_1$  ( $\beta$ ) representa a persistência da volatilidade ao longo do tempo. Sempre que os valores forem altos, significa que a volatilidade é altamente persistente. Com exceção do índice NSX, os restantes índices apresentam parâmetros estatisticamente significativos assumindo um grau de confiança de 95%. Por outro lado, com exceção do índice MALSMV, os restantes apresentam volatilidades persistentes e altas, sendo possível verificar que são estatisticamente significativos assumindo um grau de confiança de 95%. O modelo foi melhor ajustado com a utilização de apenas dois parâmetros (ver Anexo).

Tabela 5 - Coeficientes secundários da volatilidade condicional

Índice	mu			omega			shape		
	Estimate	Std. Error	IC 95%	Estimate	Std. Error	IC 95%	Estimate	Std. Error	IC 95%
BSE	-0.000033	0.000203	[-0.000565; 0.000499]	0.000000	0.000001	[-0.000003; 0.000003]	3.665227	2.094462	[-1.826494; 9.156948]
JSE	0.000338	0.000387	[-0.000677; 0.001353]	0.000002	0.000003	[-0.000006; 0.000010]	12.206149	3.765024	[2.334180; 22.078118]
LASILZ	-0.000810	0.000218	[-0.001382; -0.000238]	0.000019	0.000010	[-0.000007; 0.000045]	2.923221	0.238382	[2.298179; 3.548263]
MALSMV	0.000294	0.000111	[0.000003; 0.000585]	0.000059	0.000036	[-0.000035; 0.000153]	2.289041	0.062421	[2.125372; 2.452710]
NSX	0.000506	0.000477	[-0.000745; 0.001757]	0.000003	0.000010	[-0.000023; 0.000029]	8.074245	2.816861	[0.688379; 15.460111]

Fonte: preparado pelo autor.

A **tabela 5** apresenta o parâmetro  $\mu$  que representa a média condicional das rendibilidades, sendo que se espera que seja próxima de zero para rendibilidades financeiras, o que se verifica na tabela acima. O parâmetro  $\omega$  é uma constante do modelo GARCH e o parâmetro  $\text{shape}$  representa o nível de peso das caudas, sendo que os valores reduzidos indicam caudas pesadas na distribuição da rendibilidade.

Tabela 6 - Parâmetros DCC (Correlação dinâmica)

Parameter	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	IC 95%
dcca1	0.023987	0.007266	3.30109	0.000963	[0.004935; 0.043039]
dccb1	0.903664	0.041841	21.59773	0.000000	[0.793956; 1.013372]
mshape	4.692851	0.267660	17.53286	0.000000	[3.991041; 5.394661]

Fonte: preparado pelo autor.

É possível verificar na **tabela 6** os principais parâmetros do modelo DCC–GARCH, nomeadamente, o  $dcca1$  ( $dcc\alpha$ ), parâmetro que mede a sensibilidade das correlações dinâmicas aos choques passados e o parâmetro  $dccb1$  ( $dcc\beta$ ), que mede a persistência das correlações dinâmicas ao longo do tempo. Sempre que os valores forem altos indica que as correlações mudam lentamente ao longo do tempo. Com base nos resultados obtidos a soma dos dois parâmetros é de cerca de 0.93, muito próximo de 1, indicando assim que as correlações são persistentes e dinâmicas.

Importa referir que além dos parâmetros normais do modelo, tendo em consideração a utilização da distribuição t-Student, foram estimados os parâmetros shape para cada mercado, tendo se verificado de forma geral valores reduzidos, indicando assim caudas pesadas na distribuição das rendibilidades.

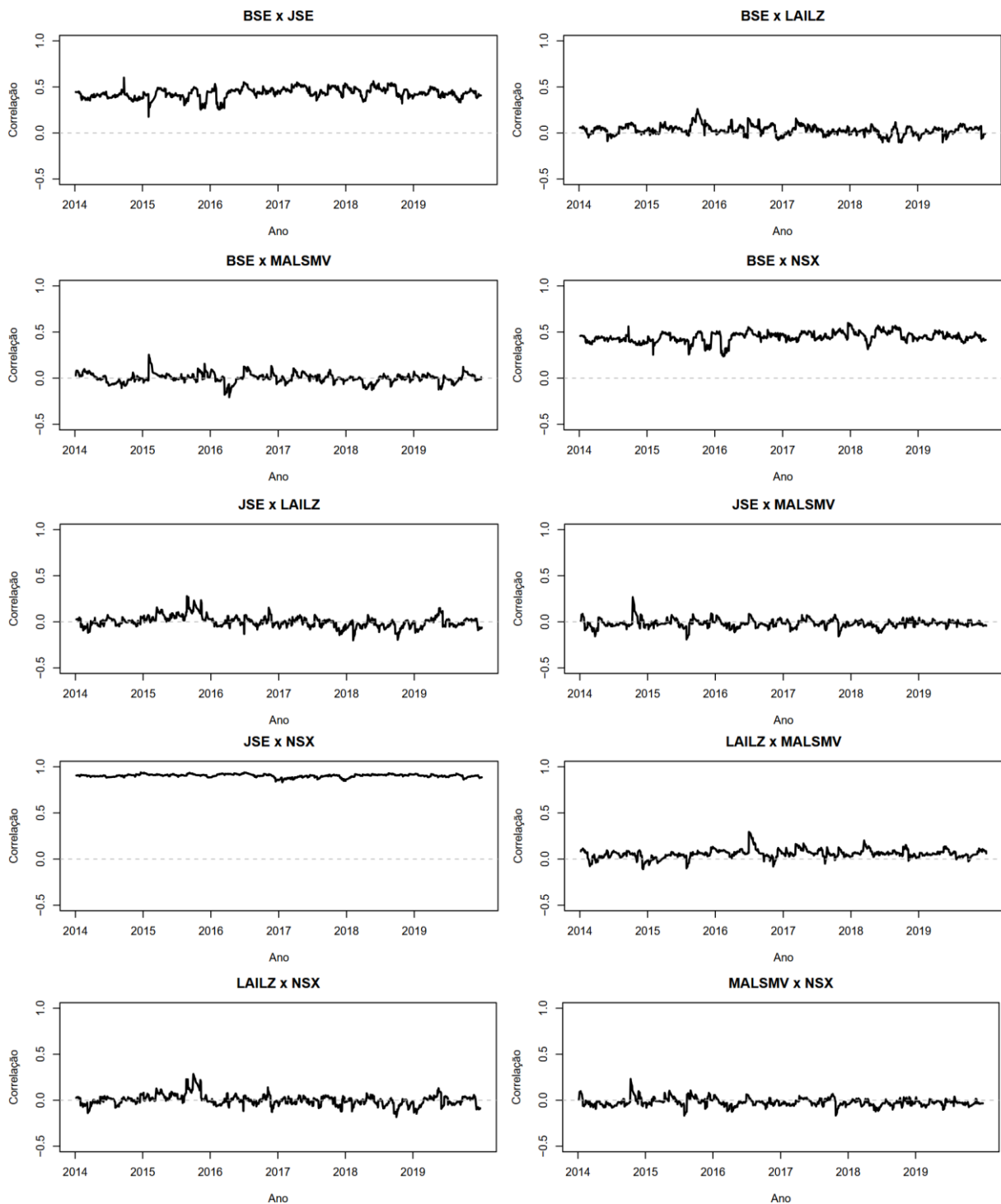
Verificou-se que o critério Shibata se ajusta melhor ao modelo, a diferença face aos outros critérios é reduzida, que indica que todos os critérios estão relativamente alinhados, o que valida a robustez do ajuste do modelo aos dados (maior log-verossimilhança). Estes critérios indicam que a distribuição t-Student apresenta um melhor desempenho na calibração do modelo em relação a distribuição normal (ver Anexo).

Tabela 7 - Correlações médias condicionais dos mercados de ações dos cinco países

Descrição	BSE	JSE	LASILZ	MALSMV	NSX
BSE	1.000000000	0.4331745649	0.0303239960	0.002136071	0.4463474855
JSE	0.433174565	1.0000000000	0.0002631505	-0.016950046	0.9035580050
LASILZ	0.030323996	0.0002631505	1.0000000000	0.055926194	0.0006399845
MALSMV	0.002136071	-0.0169500456	0.0559261943	1.0000000000	-0.0205878835
NSX	0.446347486	0.9035580050	0.0006399845	-0.020587884	1.0000000000

**Fonte:** preparado pelo autor.

A **Tabela 7** apresenta as correlações médias condicionais entre os cinco índices de ações em que é possível verificar diferentes valores de correlação entre esses mercados, mas com um destaque positivo para a correlação entre as bolsas JSE e NSX. De forma geral, estes dados fornecem informações relevantes para analisar o nível de integração destes mercados.



**Figura 2:** Correlações condicionais dinâmicas entre 2014 e 2019  
(Fonte: preparado pelo autor)

Estes gráficos mostram-nos a correlação (linha escura) entre os mercados dos cinco países selecionados durante o período compreendidos entre 2014 e 2019. A análise foi efetuada tendo em consideração todas as comparações possíveis entre as bolsas (totalizando 10 visualizações), onde no eixo y é apresentada a correlação e o eixo x o horizonte temporal.

## 5.1. ANÁLISE DOS PARES DE CORRELAÇÃO CONDICIONAL DINÂMICA

Apesar das correlações condicionais dinâmicas variarem entre os mercados, a figura 2 mostra-nos que de forma geral a volatilidade nas rendibilidades diárias das ações destes mercados é elevada e persistente (elevado  $\beta$ ), mas sem impacto dos choques mais recentes (reduzido  $\alpha$ ), o que significa que a volatilidade é influenciada por situações verificadas no passado. Não obstante, apresentamos abaixo as seguintes análises:

Tabela 8 – Análise das correlações entre os mercados

#	Pares de mercado	Correlação média	Análise
1	JSE x NSX (África do Sul x Namíbia)	0.9036	Maior correlação condicional do estudo. Elevado nível de integração que pode ser explicado pelo fato da economia destes dois países estarem fortemente ligadas, sendo que a moeda sul-africana (Rand) é uma moeda vinculada ao dólar namibiano e consequentemente aceite nas transações dentro da Namíbia, as principais empresas sul africanas possuem filiais e ou subsidiárias em território namibianos, beneficiando das mesmas decisões estratégicas.
2	BSE x NSX (Botswana x Namíbia)	0.4463	Correlação condicional moderada, indicando que apesar destes mercados responderem a choques de maneiras opostas, podem em determinados períodos apresentarem correlação positiva a choques ou fatores comuns.
3	BSE x JSE (Botswana x África do Sul)	0.4332	
4	LAILZ x MALSMV (Zâmbia x Malawi)	0.0559	Correlação condicional reduzida e com períodos em que a correlação é negativa, indicando que estes mercados respondem a choques de maneiras opostas, sugerindo ausência de integração
5	BSE x LAILZ (Botswana x Zâmbia)	0.0303	
6	BSE x MALSMV (Botswana x Malawi)	0.0021	Correlação muito baixa, por vezes negativa. Os mercados reagem de forma oposta a choques, sugerindo ausência de integração.
7	LAILZ x NSX (Zâmbia x Namíbia)	0.0006	
8	JSE x LAILZ (África do Sul x Zâmbia)	0.0003	
9	JSE x MALSMV (África do Sul x Malawi)	-0.0170	
10	NSX x MALSMV (Namíbia x Malawi)	-0.0206	

**Fonte:** preparado pelo autor.

Face ao exposto, foi possível verificar que os coeficientes da média ( $\mu$ ) para a maioria dos mercados analisados não foram estatisticamente significativos ( $p > 0.1$ ), indicando que as rendibilidades médias diárias são estatisticamente nulos, consistente com a literatura financeira, que geralmente assume

rendibilidades com média próxima de zero em séries estacionárias de curto prazo, R. F. Engle & Sheppard (2001). Uma exceção relevante nos resultados verifica-se no índice MALSMV, cuja média apresentou significância abaixo de 1% ( $p = 0.0083$ ), sugerindo um rendimento médio positivo estatisticamente relevante. A maioria dos parâmetros  $\alpha_1$  e  $\beta_1$ , que representam os efeitos do modelo GARCH respectivamente, são altamente significativos, indicando forte persistência da volatilidade condicional, especialmente nos índices BSE, JSE, LAILZ e NSX. O índice BSE apresenta um  $\alpha_1 = 0.0099$  ( $p < 0.01$ ) e  $\beta_1 = 0.9874$  ( $p < 0.01$ ), confirmando a persistência das correlações dinâmicas ao longo do tempo. Para o índice MALSMV, o parâmetro  $\alpha_1$  é altamente significativo ( $p < 0.01$ ), mas o  $\beta_1$  não, o que pode sugerir que a volatilidade nesse mercado responde fortemente a choques recentes, mas com menor persistência ao longo do tempo.

Os parâmetros shape que refletem os graus de liberdade da distribuição t-Student para cada ativo, foram estatisticamente significativos para todos os índices ( $p < 0.1$ ), confirmando a presença de caudas pesadas nas rendibilidades. Isso reforça a escolha adequada da distribuição t-Student para o modelo, uma vez que mercados emergentes como os da SADC apresentam maior frequência de eventos extremos, Hafner & Franses (2003).

Os parâmetros do modelo DCC estimados globalmente,  $dcca_1 = 0.024$  e  $dccb_1 = 0.904$ , são ambos estatisticamente significativos ( $p < 0.01$ ), confirmando que as correlações variam ao longo do tempo com elevada persistência. Esse comportamento é consistente com trabalhos de referência que identificam estrutura dinâmica das correlações em mercados financeiros e rendibilidades de obrigações, Cappiello et al. (2003).

Em síntese, os resultados confirmam que o modelo DCC-GARCH com distribuição t-Student é estatisticamente robusto para capturar as principais características das séries de rendibilidades analisadas, como volatilidade persistente, caudas pesadas e correlação dinâmica entre mercados. A significância estatística da maioria dos coeficientes reforça a fiabilidade do modelo e justifica a sua utilização em contextos de mercados emergentes. Os resultados indicam que o modelo DCC-GARCH com distribuição t-Student configura-se como a especificação mais indicada para modelação das rendibilidades dos mercados financeiros, que além de capturar eficiência estatística superior, reflete características reais de mercado, como se verifica nos resultados obtidos para a África do Sul e para Namíbia. Apesar de existirem correlações positivas e elevadas para os mercados da África do Sul e da Namíbia e correlações moderadas entre o mercado do Botswana e os mercados da África do Sul e da Namíbia e o Mercado da Zâmbia e Malawi, verifica-se que de forma geral os mercados na SADC não se encontram integrados devido a reduzida correlação verificada e em alguns casos negativas, indicando relação inversa, ou seja, a medida que um mercado varia para uma direção o outro varia na direção oposta, mas que apesar de não indicar integração, poderá ajudar na verificação de padrões consistentes que podem ser relevantes para a identificação de determinantes de integração.

Estes resultados encontram-se alinhados com os obtidos em estudos mais recentes, Bundoo (2017), analisa a cointegração através da utilização do índice da África subsariana (SSA Index) como benchmark, com a aplicação dos procedimentos de Johansen, tendo identificado apenas um vetor de cointegração, indicando uma fraca cointegração nestes mercados. G. Ncube & Mingiri (2015), com a aplicação do método de integração de Johansen e Julius sobre os dados entre 2000-2008, concluindo que as bolsas africanas se encontram segmentadas ou não integradas.

## 5.2. LIMITAÇÕES IDENTIFICADAS NO PROCESSO DE ESTIMAÇÃO

Apesar dos resultados positivos, algumas limitações devem ser consideradas, tal como se segue:

- São considerados apenas 5 dos 16 Estados-Membros pertencentes à SADC.
- O modelo assume uma estrutura paramétrica fixa ao longo do tempo que pode não capturar mudanças estruturais nos mercados.
- A distribuição t-Student, embora flexível, ainda é simétrica e pode não captar adequadamente assimetrias nas rendibilidades.
- O modelo não inclui variáveis macroeconómicas exógenas que poderiam melhorar a explicação da variabilidade conjunta entre os mercados.
- A ausência de efeitos de alavancagem, tal como no modelo GJR-GARCH (Glosten, Jagannathan and Runkle GARCH) pode limitar a capacidade do modelo de capturar reações assimétricas a choques negativos.

## 5.3. PRINCIPAIS DETERMINANTES DA INTEGRAÇÃO

Uma vez verificada a não integração do mercado de ações na SADC para os cinco Estados-Membros analisados, procurou-se determinar com base nas evidências de um elevado grau de correlação entre os mercados da África do Sul e da Namíbia e na revisão da literatura determinantes de integração. Bekaert & Harvey (1997), indicam fatores como concentração de ativos, capitalização de mercado sobre o PIB, taxa de câmbio, notações de crédito, fatores macroeconómicos, fatores políticos e liberalização do mercado.

Fatores como (i) Ambiente institucional e político, indicam que países com governos estáveis e com ambiente regulatórios sólidos, aumentam a confiança dos investidores; Bekaert and Harvey (1995) referem que apesar de ser difícil quantificar, o risco político influencia a volatilidade nos mercados; (ii) Fatores macroeconómicos, o crescimento do PIB, altas taxas de inflação, geram incertezas e influenciam a volatilidade nos mercados. Estes fatores ajudam a interpretar os fatores político; (iii) Informações disponíveis e pesquisas locais sobre as alterações locais nos mercados; (iv) Integração comercial, mercados abertos ou liberalizados permitem um maior fluxo financeiro e intercâmbio empresarial, Bekaert & Harvey (1995) afirmam que a liberalização dos mercados aumenta frequentemente a correlação entre os mercados locais e o mercado mundial, não aumentando a volatilidade do mercado local; (v) Proximidade geográfica, mercados mais próximos tendem naturalmente a ser mais conectados e convergirem para instituições e estruturas semelhantes; e (vi) Desenvolvimento do sistema financeiro e dos sistemas de proteção social complementares, nível tecnológico e de infraestruturas que garantam uma comunicação eficaz e que produzam informações em tempo real ou num curto espaço de tempo, permite aos investidores tomarem decisões mais acertadas (Bravo et al., 2018, 2020, 2021, 2022, 2023, 2025; Ayuso et al. 2021; Culotta et al. 2021).

Sugere-se neste estudo que os fatores acima mencionados explicam substancialmente a elevada correlação entre os mercados da África do Sul e da Namíbia e indicam os caminhos que a SADC deve percorrer para conseguir a integração dos mercados dos seus Estados-Membros. Os fatores acima mencionado encontram-se parcialmente previstos no protocolo financeiro da SADC, deste modo, um reduzido grau de correlação poderá ser explicado pela não implementação efetiva das medidas definidas, que normalmente é influenciada pela instabilidade política nestes países, que acaba por ser o fator capaz de condicionar os restantes.

## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho está focado na determinação da integração do mercado de ações na SADC tendo em consideração a análise de 5 de 16 Estados-Membros, considerando o modelo DCC-GARCH. Após a obtenção das rendibilidades diárias dos índices de ações destes cinco países, procedeu-se ao cálculo das volatilidades e dos coeficientes de correlação condicionais dinâmicas ao longo do período compreendido entre 2014 e 2019, onde foi possível demonstrar que estes cinco mercados na SADC não se encontram integrados através da análise dos valores de correlação muito reduzidos (em alguns casos negativos) e que as correlações são persistentes e dinâmicas, através de valores elevados de  $\beta$ . Conseguiu-se demonstrar uma boa robustez dos resultados obtidos através da avaliação dos critérios com a comparação dos resultados obtidos ao se considerar a distribuição t-Student e da distribuição normal para as rendibilidades diárias.

A elevada correlação entre os mercados da África do Sul e da Namíbia, mostram-nos que o modelo consegue explicar a realidade económica de ambos os países, uma vez que fatores como a vinculação do Rand ao dólar namibiano, consequentemente aceite nas transações dentro da Namíbia e o facto das principais empresas sul africanas possuírem filiais e ou subsidiárias em território namibianos, consubstanciam-se, entre outros, como fortes determinantes de integração.

O estudo sugere que a integração efetiva dos mercados dos países na SADC depende de um compromisso político, institucional e económico sólido entre os Estados-Membros. Para que os objetivos definidos sejam alcançados é essencial a promoção de políticas coordenadas que reforcem a abertura dos mercados e confiança mútua. Estas ações passam por garantir a concretização da zona de livre comércio, harmonização de políticas fiscais, cambiais e regulatórias, e um ambiente jurídico independente e eficaz que reduza barreiras à circulação de capitais e investimentos entre os agentes económicos pertencentes aos Estados-Membros. Adicionalmente, a cooperação técnica e o investimento em tecnologia, inclusive a financeira, devem ser vistos como pilares estratégicos, garantido o fortalecimento das infraestruturas digitais, dos sistemas de pagamentos regionais e das plataformas de negociação integradas nos mercados de forma a estimular eficiência nos mercados e reduzir os custos de transação, tornando a região mais atrativa para investidores privados.

Do ponto de vista institucional, torna-se imperativo a criação de equipas multidisciplinares e independentes junto da SADC, livre de interferências políticas e capaz de assegurar a implementação de medidas para que se atinja a integração financeira.

Para os investidores privados, os resultados deste estudo sugerem oportunidades relevantes em mercados com elevada correlação e estabilidade, como é o caso dos mercados da África do Sul e Namíbia que refletem um grau mais avançado de integração e maturidade financeira. Por outro lado, os mercados com menor correlação podem oferecer potencial de diversificação e arbitragem de risco, desde que acompanhados com políticas locais que reforcem a transparência e a segurança jurídica.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma amostra maior para o cálculo das correlações e a inclusão de períodos de crise, como por exemplo, o período da Covid-19 e período pós Covid-19, a fim de avaliar os efeitos das crises regionais e globais recentes sobre a integração e a dinâmica das correlações entre os mercados na SADC, o que poderá oferecer uma visão mais realista e temporalmente abrangente das correlações condicionais. Sugere-se igualmente a aplicação de modelos alternativos como o GJR-GARCH ou outros modelos, que permitem captar efeitos assimétricos da volatilidade, podendo

identificar períodos de instabilidade e oferecer estimativas mais robustas, a inclusão de variáveis macroeconómicas exógenas, como taxas de juros, taxa de inflação, taxa de câmbio e o Produto Interno Bruto, permitindo uma análise mais abrangente destes determinantes sobre o grau de integração financeira.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayuso, M., Bravo, J. M. & Holzmann, R. (2021). Getting Life Expectancy Estimates Right for Pension Policy: Period versus Cohort Approach. *Journal of Pension Economics and Finance*, 20(2), 212–231.
- Ayuso, M., Bravo, J. M., Holzmann, R. & Palmer, E. (2021). Automatic indexation of pension age to life expectancy: When policy design matters. *Risks*, 9(5): 96.
- Baele, L., Ferrando, A., Hördahl, P., Krylova, E., & Monnet, C. (2004, April). Measuring financial integration in the euro area. (*Research Report No. 14*). *ECB Occasional Paper*.  
<https://www.econstor.eu/handle/10419/154467>
- Bekaert, G., & Harvey, C. R. (1997). Emerging equity market volatility. *Journal of Financial Economics*, 43(1), 29–77. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(96\)00889-6](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(96)00889-6)
- Billio, M., Donadelli, M., Paradiso, A., & Riedel, M. (2017). Which market integration measure? *Journal of Banking & Finance*, 76, 150–174. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2016.12.002>
- Boujir, A., & Lahrech, A. (2008). Morocco & US Equity Markets Linkage After FTA Signature Implications for International Portfolio Diversification. *International Research Journal of Finance and Economics ISSN Issue*, 21, 1450–2887.  
<https://www.researchgate.net/publication/228639391>
- Bravo, J. M., & El Mekkaoui de Freitas, N. (2018). Valuation of longevity-linked life annuities: *Insurance: Mathematics and Economics*, 78, 212–229.  
<https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2017.09.009>
- Bravo, J. M. (2020). Longevity-Linked Life Annuities: A Bayesian Model Ensemble Pricing Approach. CAPSI 2020 Proceedings. 29. (Atas da 20ª Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação 2020). ISSN 2183-489X (Online). <https://aisel.aisnet.org/capsi2020/29>
- Bravo, J. M., & Ayuso, M. (2021) Forecasting the Retirement Age: A Bayesian Model Ensemble Approach. In: Rocha Á., Adeli H., Dzemyda G., Moreira F., Ramalho Correia A.M. (eds) Trends and Applications in Information Systems and Technologies. WorldCIST 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing, Volume 1365 AIST, pp. 123 – 135. Springer, Cham.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-72657-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-72657-7_12).
- Bravo, J. M., & Nunes, J. P. V. (2021). Pricing longevity derivatives via Fourier transforms. *Insurance: Mathematics and Economics*, 96, 81–97. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2020.10.008>
- Bravo, J. M., & Ayuso, M. (2021). Linking Pensions to Life Expectancy: Tackling Conceptual Uncertainty through Bayesian Model Averaging. *Mathematics*, 9(24): 3307, p. 1–27.
- Bravo, J. M., Ayuso, M., Holzmann, R. & Palmer, E. (2021). Addressing the Life Expectancy Gap in Pension Policy. *Insurance: Mathematics and Economics*, 99, 200–221.

- Bravo, J. M., & Herce, J. A. (2022). Career Breaks, Broken Pensions? Long-run Effects of Early and Late-career Unemployment Spells on Pension Entitlements. *Journal of Pension Economics and Finance*, 21(2): 191–217.
- Bravo, J. M. (2022). Pricing participating longevity-linked life annuities: a Bayesian Model Ensemble approach. *European Actuarial Journal*, 12(1), 125–159. <https://doi.org/10.1007/s13385-021-00279-w>
- Bravo, J. M., Ayuso, M., Holzmann, R., and Palmer, E. (2023). Intergenerational Actuarial Fairness when Longevity Increases: Amending the Retirement Age. *Insurance: Mathematics and Economics* 113, 161-184.
- Bravo, J. M., & Gonçalves, J. (2025). Bravo, J.M., Gonçalves, J. (2025). Financing Long-Term Care in Portugal: Is There a Role for Home Equity Release Schemes?. In: Gaspar, P.M., Facal, D., Navarro-Pardo, E., Ramadani, V. (eds) *Demographic Transitions, Health, and Well-Being. ICDTHT 2025. Springer Proceedings in Business and Economics*. Chapter 9, 107-120. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-94487-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-94487-1_9)
- Bravo, J. M., Ayuso, M. & El Mekkaoui, N. (2025). Assessing the Effectiveness of Recent Pension Reforms: The French Experiment. *Socio-Economic Planning Sciences*. Vol. 102, December 2025, 102335, <https://doi.org/10.1016/j.seps.2025.102335>.
- Bundoo, S. K. (2017). Stock market development and integration in SADC (Southern African Development Community). *Review of Development Finance*, 7(1), 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.rdf.2017.01.005>
- Cappiello, L., Engle, R. F., & Sheppard, K. K. (2003). Asymmetric Dynamics in the Correlations of Global Equity and Bond Returns. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.376223>
- Carrieri, F., Errunza, V., & Hogan, K. (2007). Characterizing world market integration through time. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 42(4), 915–940. <https://doi.org/10.1017/s0022109000003446>
- Chang, T., & Nieh, C. (2001). International Transmission of Stock Price Movements among Taiwan and Its Trading Partners: Hong Kong, Japan and the United States. *Review of Pacific Basin Financial Markets and Policies*, 04, 379–401. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:39351200>
- Chen, G., Firth, M., & Meng Rui, O. (2002). Stock market linkages: Evidence from Latin America. *Journal of Banking & Finance*, 26(6), 1113–1141. [https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(01\)00160-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(01)00160-1)
- Culotta, F., Alaimo, L. S., Bravo, J. M., di Bella, E., & Gandullia, L. (2021). Total-employed longevity gap, pension fairness and public finance: Evidence from one of the oldest regions in EU. *Socio-Economic Planning Sciences*, Volume 82, Part A, August 2022, 101221.
- Engle, R. (2002). Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339–350. <https://doi.org/10.1198/073500102288618487>

- Engle, R. F., & Sheppard, K. (2001). Theoretical and Empirical properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH (No. w8554). *National Bureau of Economic Research*.  
<https://doi.org/10.3386/w8554>
- Guesmi, K., & Teulon, F. (2014). The determinants of regional stock market integration in middle east: A conditional ICAPM approach. *International Economics*, *137*, 22–31.  
<https://doi.org/10.1016/j.inteco.2013.10.006>
- Hafner, C. M., & Franses, P. H. (2003). A Generalized Dynamic Conditional Correlation Model for Many Asset Returns. *Econometric Reviews*, *28*(6), 612–631.  
<https://doi.org/10.1080/07474930903038834>
- Hamao, Y., Masulis, R. W., & Ng, V. (1990). Correlations in Price Changes and Volatility across International Stock Markets. *The Review of Financial Studies*, *3*(2), 281–307.  
<http://www.jstor.org/stable/2962024>
- Hassan, M. K., & Naka, A. (1996). Short-run and long-run dynamic linkages among international stock markets. *International Review of Economics & Finance*, *5*(4), 387–405.  
[https://doi.org/10.1016/S1059-0560\(96\)90025-8](https://doi.org/10.1016/S1059-0560(96)90025-8)
- Jarque, C. M., & Bera, A. K. (1980). Efficient Tests for Normality, Homoscedasticity and Serial Independence of Regression. *Economics Letters*, *6*(3), 255–259. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(80\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0165-1765(80)90024-5)
- Karim, M. Z. A., & Chan, S.-G. (2006). Stock Market Integration Between Malaysia and its Major Trading Partners (1994-2002). *Applied Econometrics and International Development*, *6*.  
<https://www.researchgate.net/publication/4810914>
- Kearney, C., & Lucey, B. M. (2004). International equity market integration: Theory, evidence and implications. *International Review of Financial Analysis*, *13*(5), 571–583.  
<https://doi.org/10.1016/j.irfa.2004.02.013>
- King, M., Sentana, E., & Wadhvani, S. (1994). Volatility and Links between National Stock Markets. *Econometrica*, *62*(4), 901–933. <https://doi.org/10.2307/2951737>
- Lin, W.-L., Engle, R. F., & Ito, T. (1994). Do bulls and bears move across borders? International transmission of stock returns and volatility. *Review of Financial Studies*, *7*(3), 507–538.  
<https://doi.org/doi.org/10.1093/rfs/7.3.507>
- Longin, F., & Solnik, B. (2001). Extreme Correlation of International Equity Markets. *The Journal of Finance*, *56*(2), 649–676. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00340>
- Mara Ribeiro, S. I., & Leite de Castro, C. I. (2022). Missing Data in Time Series: A Review of Imputation Methods and Case Study. In *Journal of the Brazilian Society on Computational Intelligence (SBIC)* (Vol. 20, Issue 1). <https://doi.org/10.21528/Inlm-vol20-no1-art3>
- Markellos, R. N., & Siriopoulos, C. (1997). Diversification benefits in the smaller European stock markets. *International Advances in Economic Research*, *3*(2), 142–153.  
<https://doi.org/10.1007/BF02294935>

- Masih, A. M. M., & Masih, R. (1999). Are Asian stock market fluctuations due mainly to intra-regional contagion effects? Evidence based on Asian emerging stock markets. *Pacific-Basin Finance Journal*, 7(3), 251–282. [https://doi.org/10.1016/S0927-538X\(99\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S0927-538X(99)00013-X)
- Mukhopadhyay, Bappaditya. (2009). Financial Market Integration: The Indian Experience. *Review of Market Integration*, 1(1), 37–60. <https://doi.org/10.1177/097492920900100103>
- Nardo, M., Ossola, E., & Papanagiotou, E. (2022). Financial integration in the EU28 equity markets: Measures and drivers. *Journal of Financial Markets*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2021.100633>
- Ncube, G., & Mingiri, K. F. (2015). Stock Market Integration in Africa: The Case of the Johannesburg Stock Exchange and Selected African Countries. In *International Business & Economics Research Journal* (Vol. 14, Issue 2). <https://doi.org/10.19030/iber.v14i2.9169>
- Pukthuanthong, K., & Roll, R. (2009). Global market integration: An alternative measure and its application. *Journal of Financial Economics*, 94(2), 214–232. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2008.12.004>
- SADC. (2006). *Protocol on Finance and Investment*.
- Shapiro, S. S., & Wilk, ; M B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). In *Biometrika* (Vol. 52). <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Sharma, A., & Seth, N. (2011). Literature review of stock market integration: a global perspective. In *Qualitative Research in Financial Markets* (Vol. 4, Issue 1, pp. 84–122). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/17554171211213568>
- Ye, S. (2016). Dynamic Conditional Correlation: an Application of DCC GARCH model. *New York University*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12829.52962>

## ANEXO

Anexo 1 – Resultados da aplicação do Modelo DCC – GARCH sobre as rendibilidades diárias -  
Distribuição t-Student

(Fonte: preparado pelo autor)

### Dados do modelo

```
*-----*
*DCC GARCH Fit*
*-----*

Distribution :mvt
Model:DCC(1,1)
No. Parameters :38
[VAR GARCH DCC UncQ] : [0+25+3+10]
No. Series :5
No. Obs. :1114
Log-Likelihood :18474.51
Av.Log-Likelihood:16.58
```

Index	Parameter	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	IC 95%
BSE	mu	-0.000033	0.000203	-0.16212	0.871211	[-0.000565; 0.000499]
BSE	omega	0.000000	0.000001	0.15699	0.875254	[-0.000003; 0.000003]
BSE	alpha1	0.009876	0.002112	4.67524	0.000003	[0.004338; 0.015414]
BSE	beta1	0.987360	0.003394	290.93668	0.000000	[0.978461; 0.996259]
BSE	shape	3.665227	2.094462	1.74996	0.080125	[-1.826494; 9.156948]
JSE	mu	0.000338	0.000387	0.87315	0.382579	[-0.000677; 0.001353]
JSE	omega	0.000002	0.000003	0.80171	0.422723	[-0.000006; 0.000010]
JSE	alpha1	0.044824	0.014504	3.09040	0.001999	[0.006794; 0.082854]
JSE	beta1	0.944756	0.018823	50.19065	0.000000	[0.895402; 0.994110]
JSE	shape	12.206149	3.765024	3.24198	0.001187	[2.334180; 22.078118]
LASILZ	mu	-0.000810	0.000218	-3.71779	0.000201	[-0.001382; -0.000238]
LASILZ	omega	0.000019	0.000010	1.90304	0.057035	[-0.000007; 0.000045]
LASILZ	alpha1	0.342126	0.101376	3.37481	0.000739	[0.076316; 0.607936]
LASILZ	beta1	0.656873	0.107718	6.09806	0.000000	[0.374434; 0.939312]
LASILZ	shape	2.923221	0.238382	12.26277	0.000000	[2.298179; 3.548263]
MALSMV	mu	0.000294	0.000111	2.63813	0.008336	[0.000003; 0.000585]
MALSMV	omega	0.000059	0.000036	1.64576	0.099812	[-0.000035; 0.000153]
MALSMV	alpha1	0.823385	0.192437	4.27873	0.000019	[0.318811; 1.327959]
MALSMV	beta1	0.175615	0.357768	0.49086	0.623522	[-0.762460; 1.113690]
MALSMV	shape	2.289041	0.062421	36.67092	0.000000	[2.125372; 2.452710]
NSX	mu	0.000506	0.000477	1.05947	0.289388	[-0.000745; 0.001757]
NSX	omega	0.000003	0.000010	0.32709	0.743599	[-0.000023; 0.000029]
NSX	alpha1	0.040753	0.037217	1.09503	0.273503	[-0.056831; 0.138337]
NSX	beta1	0.950542	0.046737	20.33810	0.000000	[0.827997; 1.073087]
NSX	shape	8.074245	2.816861	2.86640	0.004152	[0.688379; 15.460111]

dcca1 ( $dcc\alpha$ )	0.023987	0.007266	3.30109	0.000963	[0.004935; 0.043039]
dccb1 ( $dcc\beta$ )	0.903664	0.041841	21.59773	0.000000	[0.793956; 1.013372]
mshape	4.692851	0.267660	17.53286	0.000000	[3.991041; 5.394661]

Information Criteria

-----

Akaike	-33.100	AIC
Bayes	-32.929	BIC
Shibata	-33.102	SIC
Hannan-Quinn	-33.035	HQIC

Anexo 2 – Resultados da aplicação do Modelo DCC – GARCH sobre as rendibilidades diárias -  
Distribuição normal  
(Fonte: preparado pelo autor)

**Dados do modelo**

```
*-----*
*DCC GARCH Fit*
*-----*

Distribution :mvnorm :
Model:DCC(1,1)
No. Parameters :32
[VAR GARCH DCC UncQ] : [0+20+2+10]
No. Series :5
No. Obs. :1114
Log-Likelihood :18156
Av.Log-Likelihood:16.3
```

Index	Parameter	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
BSE	mu	-0.000291	0.000212	-1.37254	0.169895
BSE	Ómega	0.000018	0.000000	82.42965	0.000000
BSE	alpha	0.090166	0.010420	8.65332	0.000000
BSE	beta1	0.552479	0.041601	13.28049	0.000000
JSE	mu	0.000298	0.000392	0.76002	0.447241
JSE	omega	0.000003	0.000017	0.15566	0.876303
JSE	alpha1	0.044183	0.099609	0.44357	0.657356
JSE	beta1	0.943593	0.126490	7.45983	0.000000
LASILZ	mu	-0.000464	0.000329	-1.40822	0.159066
LASILZ	omega	0.000019	0.000010	1.91229	0.055839
LASILZ	alpha1	0.380995	0.134638	2.82978	0.004658
LASILZ	beta1	0.573956	0.133409	4.30223	0.000017
MALSMV	mu	0.000205	0.000492	0.41652	0.677027
MALSMV	omega	0.000020	0.000019	1.03510	0.300623
MALSMV	alpha1	0.250594	0.204744	1.22394	0.220975
MALSMV	beta1	0.622572	0.285322	2.18200	0.029110
NSX	mu	0.000393	0.000491	0.80066	0.423329
NSX	omega	0.000004	0.000003	1.12556	0.260351
NSX	alpha1	0.039306	0.009943	3.95307	0.000077
NSX	beta1	0.949993	0.013208	71.92539	0.000000
	dcca1(dcc $\alpha$ )	0.023992	0.009774	2.45470	0.014100
	dccb1(dcc $\beta$ )	0.904483	0.063329	14.28236	0.000000

### Information Criteria

Akaike -32.539

Bayes-32.395

Shibata -32.540

Hannan-Quinn -32.484

Anexo 3 – Resumo da comparação dos modelos considerando a distribuição t-Student e a distribuição normal (Fonte: preparado pelo autor)

Critério	DCC - Normal	DCC - t-Student	Melhor Modelo
Akaike (AIC)	-32.539	-33.100	t-Student
Bayes (BIC)	-32.395	-32.929	t-Student
Shibata	-32.540	-33.102	t-Student
Hannan-Quinn	-32.484	-33.035	t-Student

Anexo 4 – Correlações médias condicionais dos mercados de ações dos cinco países – Distribuição normal  
(Fonte: preparado pelo autor)

Descrição	BSE	JSE	LASILZ	MALSMV	NSX
BSE	1.000000000	0.443169599	0.031224347	0.000680486	0.455102378
JSE	0.443169599	1.000000000	0.001068808	-0.017247738	0.903834044
LASILZ	0.031224347	0.001068808	1.000000000	0.052522430	0.001415392
MALSMV	0.000680486	-0.017247738	0.052522430	1.000000000	-0.022057327
NSX	0.455102378	0.903834044	0.001415392	-0.022057327	1.000000000

Anexo 5 – Avaliação da aderência do modelo com base no número de parâmetros  
(Fonte: preparado pelo autor)

Critério	DCC (1,1)- t-Student	DCC (2,1)- t-Student	Melhor Modelo
Akaike (AIC)	-33.100	-33.098	DCC (1,1)
Bayes (BIC)	-32.929	-32.922	DCC (1,1)
Shibata	-33.102	-33.100	DCC (1,1)
Hannan-Quinn	-33.035	-33.031	DCC (1,1)

Anexo 6 - Correlações condicionais dinâmicas entre 2014 e 2019 – Distribuição normal  
(Fonte: preparado pelo autor)

