



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO

ECONOMIA INTERNACIONAL E ESTUDOS EUROPEUS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

**O IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NOS PAÍSES
EM DESENVOLVIMENTO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE
ÍNDICES DE VULNERABILIDADE**

EDUARDO FRANCISCO PINÇÃO CARDOSO

OUTUBRO - 2023



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO

ECONOMIA INTERNACIONAL E ESTUDOS EUROPEUS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

**O IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NOS PAÍSES
EM DESENVOLVIMENTO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE
ÍNDICES DE VULNERABILIDADE**

EDUARDO FRANCISCO PINÇÃO CARDOSO

ORIENTAÇÃO:

PROFESSOR DOUTOR ALEXANDRE ABREU

OUTUBRO - 2023



**Lisbon School
of Economics
& Management**
Universidade de Lisboa

GLOSSÁRIO

CDP - Comité para a Política de Desenvolvimento

EVI - Economic and Environmental Vulnerability Index

GEE - Gases com Efeito de Estufa

IDE – Investimento Direto Estrangeiro

IFHV - Instituto para o Direito Internacional da Paz e dos Conflitos Armados

INFORM - Index for Risk Management

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

JRC - Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia

ND-GAIN - Notre Dame Global Adaptation Index

ONU - Organização das Nações Unidas

PIB - Produto Interno Bruto

PMD - Países Menos Desenvolvidos

RNB - Rendimento Nacional Bruto

SPSS - Statistical Package for the Social Sciences

UNFCCC - Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

UNU-EHS - Instituto para o Ambiente e Segurança Humana da Universidade das Nações Unidas.

WRI - World Risk Index

RESUMO

Para se tomarem decisões no âmbito do financiamento e políticas climáticas, tem sido cada vez mais reconhecida a necessidade de se desenvolver um índice para avaliar o grau de vulnerabilidade dos países às alterações climáticas. No entanto, a diversidade de conceitos e metodologias na produção dos mesmos traduz-se em resultados diferentes relativamente aos países mais vulneráveis à crise climática e, por conseguinte, quem deveria receber mais apoio financeiro internacional. Esta dissertação tem como objetivo compreender se os índices mais relevantes na área da ciência climática são coerentes na classificação de vulnerabilidade dos países às perturbações do clima. Assim, começa-se por caracterizar o impacto das alterações climáticas nos países em desenvolvimento através de uma revisão de literatura de referência. Posteriormente, é realizada uma análise comparativa dos índices *EVI*, *ND-GAIN*, *INFORM* e *WRI* com o intuito de avaliar se existem pontos de concordância nos resultados de vulnerabilidade atribuídos a países em desenvolvimento, para o período de 2014 a 2020. Em conclusão, a análise dos índices de vulnerabilidade associados às alterações climáticas indica a sua relevância como ferramentas para compreender e monitorizar a vulnerabilidade dos países, no entanto, a diversidade na composição das componentes da vulnerabilidade dos índices tem um peso substancial na divergência dos resultados. Além disso, o significado da vulnerabilidade em cada índice incorpora quadros conceptuais distintos. Esta investigação sublinha a importância de uma abordagem holística da avaliação da vulnerabilidade às alterações climáticas e apela ao uso de índices de vulnerabilidade com base em objetivos e contextos específicos.

PALAVRAS-CHAVE: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS; VULNERABILIDADE; ÍNDICES; DESENVOLVIMENTO; RISCO; IMPACTO.

CÓDIGOS DO JEL: C43; O19; Q54.

ABSTRACT

In order to make decisions on climate finance and policies, the need to develop an index to assess the degree of vulnerability of countries to climate change has been increasingly recognised. However, the diversity of concepts and methodologies used to produce them has resulted in different views regarding which countries are more vulnerable to the climate crisis and, therefore, who should receive more international financial support. The aim of this dissertation is to understand whether the most relevant Indexes in the field of climate science are consistent in classifying countries' vulnerability to climate disruption. It begins by characterising the impact of climate change on developing countries through a review of the reference literature. Subsequently, a comparative analysis of the *EVI*, *ND-GAIN*, *INFORM* and *WRI* indexes is carried out to assess whether there are points of agreement in the results of the scores and vulnerability classifications of developing countries, during the period from 2014 to 2020. In conclusion, the analysis of the vulnerability indices associated with climate change indicates their relevance as tools for understanding and monitoring the vulnerability of countries; however, the diversity in the composition of the vulnerability components of the indexes plays a key role in determining the divergence of the results. Furthermore, the meaning of vulnerability in each index incorporates different conceptual frameworks. This research emphasises the importance of a holistic approach to assessing vulnerability to climate change and calls for an informed selection of vulnerability indices based on specific objectives and contexts.

KEYWORDS: CLIMATE CHANGE; VULNERABILITY; INDEXES; DEVELOPMENT; RISK; IMPACT.

JEL CODES: C43; O19; Q54.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor Alexandre Abreu, o meu agradecimento pela sua disponibilidade, pelos seus valiosos comentários e sugestões apresentadas ao longo deste trabalho sem os quais não teria sido possível terminar esta dissertação.

Obrigado à minha família por todo o amor e apoio incondicional que me deram não só no decorrer do processo de realização da Dissertação de Mestrado como ao longo de toda a minha vida.

Aos meus amigos, a minha gratidão pela incrível capacidade de me motivarem a seguir os meus sonhos e a lutar por aquilo em que acredito.

ÍNDICE

Glossário	iv
Resumo	v
Abstract.....	vi
Agradecimentos	vii
Índice	viii
Índice de Figuras e Tabelas	ix
1. Introdução.....	10
2. O impacto das alterações climáticas no ambiente, economia e sociedade	12
2.1. Nível de desenvolvimento: um fator diferenciador na resposta à crise climática	15
3. Determinantes de vulnerabilidade nos países em desenvolvimento.....	17
4. Mapeamento de índices associados às alterações climáticas.....	20
5. Análise comparativa dos índices de vulnerabilidade.....	27
5.1. Metodologia e dados.....	27
5.2. Análise de resultados	29
6. Conclusão	39
Referências Bibliográficas.....	42
Anexos	48

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 - Principais Interações e Tendências (Adaptado de <i>Summary for Policymakers – IPCC</i> , 2022, p.8).....	13
Figura 2 - Composição dos índices de vulnerabilidade (Adaptado de CDP & UN DESA, 2021; ND-GAIN Index Country Index Technical Report, 2023; Marin-Ferrer et al., 2017; World Risk Report, 2022).	25
Figura 3 - Gráfico de dispersão entre o índice <i>WRI</i> (<i>eixo y</i>) e o índice <i>INFORM</i> (<i>eixo x</i>) para o período 2014-2020.....	32
Figura 4 - Gráfico de dispersão entre o índice ND-GAIN (<i>eixo y</i>) e o índice <i>INFORM</i> (<i>eixo x</i>) para o período 2014-2020.....	32
Figura 5 – Mapeamento das classificações de vulnerabilidade dos índices <i>EVI</i> , <i>ND-GAIN</i> , <i>INFORM</i> e <i>WRI</i>	34
Figura 6 – Análise cartográfica da dispersão das classificações de vulnerabilidade dos índices de vulnerabilidade.	35
Figura 7 - Distribuição de frequências das variáveis “Índice <i>EVI</i> ”, “Índice <i>ND-GAIN</i> ”, “Índice <i>INFORM</i> ” e “Índice <i>WRI</i> ”.	56
Figura 8 - Variação dos dados observados das variáveis “Índice <i>EVI</i> ”, “Índice <i>ND-GAIN</i> ”, “Índice <i>INFORM</i> ” e “Índice <i>WRI</i> ”.	56
Figura 9 - Gráficos de Dispersão entre os índices de vulnerabilidade	57
Tabela I. Mapeamento dos índices associados às alterações climáticas.....	22
Tabela II. Análise de correlação entre os índices de vulnerabilidade para o período 2014-2020.	31
Tabela III - Levantamento índices de vulnerabilidade associados às alterações climáticas.	48
Tabela IV. Métodos de Construção e Tratamento de Dados dos índices associados às alterações climáticas.	51
Tabela V. Composição do <i>EVI</i> – Índice de Vulnerabilidade Económica e Ambiental..	51
Tabela VI. Composição da dimensão de vulnerabilidade do Índice <i>ND-GAIN</i>	52
Tabela VII. Composição da dimensão de vulnerabilidade do Índice <i>INFORM</i>	53
Tabela VIII. Composição da dimensão de vulnerabilidade do Índice <i>WRI</i>	54
Tabela IX. Base de Dados utilizada no presente Trabalho Final de Mestrado.....	55
Tabela X. Estatísticas descritivas das variáveis “Índice <i>EVI</i> ”, “Índice <i>ND-GAIN</i> ”, Índice <i>INFORM</i> ” e “Índice <i>WRI</i> ”.	55
Tabela XI. Teste de Normalidade <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	57

1. INTRODUÇÃO

Na teoria económica, as alterações climáticas são tratadas como uma questão de bem público, o que exige esforços de cooperação internacional para uma resposta eficaz (Harris et al., 2007). Nos últimos anos, a cooperação no combate às alterações climáticas tem-se direcionado para a criação de fundos e outras estruturas económicas internacionais para apoiar financeiramente os países mais afetados por este problema global (Kocharekar, 2023; Michonski & Levi, 2010). Assim, compreender as consequências das alterações climáticas na trajetória de desenvolvimento das diversas regiões do planeta, bem como as medidas e alternativas políticas para abordar este fenómeno, está a tornar-se cada vez mais importante para os setores público e privado (Miola & Simonet, 2014). Desta forma, para se tomarem decisões no âmbito do financiamento e políticas climáticas, tem sido cada vez mais reconhecida a necessidade de se desenvolver um índice multidimensional com o objetivo de avaliar a vulnerabilidade das várias regiões do nosso planeta às alterações climáticas (UN-OHRLLS, 2021).

No entanto, o debate em torno dos critérios e metodologias utilizados na construção deste tipo de instrumentos tem resultado na falta de consenso sobre quem são os países mais vulneráveis ao impacto das alterações climáticas e, por conseguinte, quem deveria receber apoio da comunidade internacional (Birkmann et al., 2022; Edmonds et al., 2020; Garschagen et al., 2021; Malone & Engle, 2011; Miola & Simonet, 2014; UN-OHRLLS, 2021). Devido a esta controvérsia, é vital clarificar quais são as nações que seriam mais afetadas pela crise climática, mas também perceber se os índices reconhecidos pela ciência climática e pelas instituições internacionais classificam os países de forma coerente relativamente à sua vulnerabilidade às perturbações do clima. De seguida, é apresentada a questão de investigação a que este trabalho pretende responder:

- ❖ *Em que medida os índices multidimensionais associados às alterações climáticas são consistentes entre si na classificação de vulnerabilidade dos países em desenvolvimento?*

Esta dissertação tem três objetivos: primeiro, (1) caracterizar o impacto das alterações climáticas nas economias, assim como descrever os fatores que contribuem para o aumento da vulnerabilidade nas regiões em desenvolvimento, através da revisão de literatura sobre esta temática; de seguida, (2) analisar as relações estatísticas das

dimensões de vulnerabilidade dos índices selecionados, ou seja, estudar o comportamento das distribuições das pontuações e das classificações de vulnerabilidade para os países em desenvolvimento e, por último, (3) estudar a dispersão das classificações de vulnerabilidade e os fatores que mais contribuem para a divergência de resultados.

Explanados os pontos mais relevantes desta Dissertação de Mestrado, importa descrever alguns conceitos no âmbito do objeto de estudo. As alterações climáticas são definidas no Artigo 1º da Convenção-Quadro Das Nações Unidas Sobre Alterações Climáticas (1992) como "Uma alteração do clima atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera global e que se soma à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos de tempo comparáveis" (p. 3). As mudanças climáticas a nível global resultam da elevada concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera (GEE) e podem ser demonstradas a nível da precipitação, da temperatura, das alterações nos ciclos de carbono e, por fim, da frequência da ocorrência e intensidade de tempestades (Harris et al., 2007). Segundo o Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC, 2022), a vulnerabilidade é definida como a "propensão ou predisposição a ser-se afetado negativamente" (p.43), abrangendo uma variedade de elementos. A vulnerabilidade varia dentro e entre civilizações, regiões e nações, bem como ao longo do tempo (J. B. Smith et al., 2001). Os três elementos fundamentais da vulnerabilidade são a adaptação, a exposição e a sensibilidade (Brooks, 2003). A adaptação refere-se à capacidade de um sistema diminuir a sua exposição e a vulnerabilidade às alterações climáticas através de "ações que ajudam a reduzir a vulnerabilidade aos impactos atuais ou esperados das alterações climáticas, como condições meteorológicas extremas e catástrofes naturais, subida do nível do mar, perda de biodiversidade ou insegurança alimentar e hídrica" (UNDP, 2023). Segundo o I.P.C.C. (2014), nos sistemas humanos "a adaptação visa moderar ou evitar danos ou explorar oportunidades benéficas" (p. 5). Já em sistemas naturais, refere-se ao processo de adaptação às condições climáticas atuais e aos seus impactos, sendo que, em determinados sistemas naturais, "o contexto humano pode facilitar a adaptação às condições climáticas futuras e aos seus efeitos" (Field et al., 2014, p.5; Laitonjam, 2018). Por outro lado, a exposição é definida como "a presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções ambientais, serviços e recursos, infraestruturas ou bens económicos, sociais ou culturais em locais e cenários que

poderiam ser afetados adversamente" (IPCC, 2014, p.5). A exposição é a ocorrência de eventos ou estímulos num sistema, refere-se, portanto, à extensão e intensidade da exposição do sistema a grandes danos provenientes das alterações climáticas, medindo o grau em que um sistema está exposto a flutuações climáticas, como a precipitação, a temperatura, por exemplo. Já a componente da sensibilidade é a resposta do sistema à medida que é afetado, isto é, a magnitude de ter sido afetado após a exposição ao impacto, ou seja, avalia o grau em que um sistema é afetado positiva ou negativamente pela variabilidade climática (Brooks, 2003; Gumel, 2022; Luers, 2005; Paavola, 2008).

O contributo desta investigação centra-se na produção de uma nova visão holística da vulnerabilidade associada às alterações climáticas, através da explicitação dos aspetos conceptuais e metodológicos que mais contribuem para a divergência dos resultados dos índices. A dissertação está estruturada da seguinte forma: nos capítulos 2 e 3 apresenta-se o enquadramento teórico sobre o impacto das alterações climáticas no ambiente, economia e sociedade e as determinantes de vulnerabilidade nos países em desenvolvimento. No capítulo 4, é realizado o mapeamento de índices multidimensionais mais relevantes para o objeto de análise deste trabalho. No capítulo 5, é explicada a metodologia adotada para esta investigação e, de seguida, é realizada a análise de resultados com o objetivo de comparar os índices de vulnerabilidade selecionados. As conclusões deste estudo são apresentadas no capítulo 6.

2. O IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO AMBIENTE, ECONOMIA E SOCIEDADE

As alterações climáticas envolvem uma maior frequência e intensidade de fenómenos meteorológicos extremos ou, por outras palavras, um aumento do risco climático, que se traduz em consequências socioeconómicas graves. Do impacto universal destes eventos têm resultado várias discussões de cariz social e político, que reconhecem a importância de sistematizar os efeitos presentes e futuros da crise climática. A crise climática tem provocado uma deterioração generalizada da capacidade de resiliência¹ e adaptação

¹ Resiliência consiste no processo de recuperação da adversidade e de retoma do estado anterior (Smith et al., 2001), ou seja, a capacidade dos sistemas sociais, económicos e ambientais para responder ou reorganizar-se de forma a preservar a sua função, identidade e estrutura fundamentais (Smith et al., 2012).

natural dos ecossistemas, pondo em risco o acesso a elementos básicos e meios de subsistência de todas as pessoas no nosso planeta. A hélice de risco exibida na Figura 1 mostra que o risco emerge da sobreposição do perigo, da vulnerabilidade e da exposição.

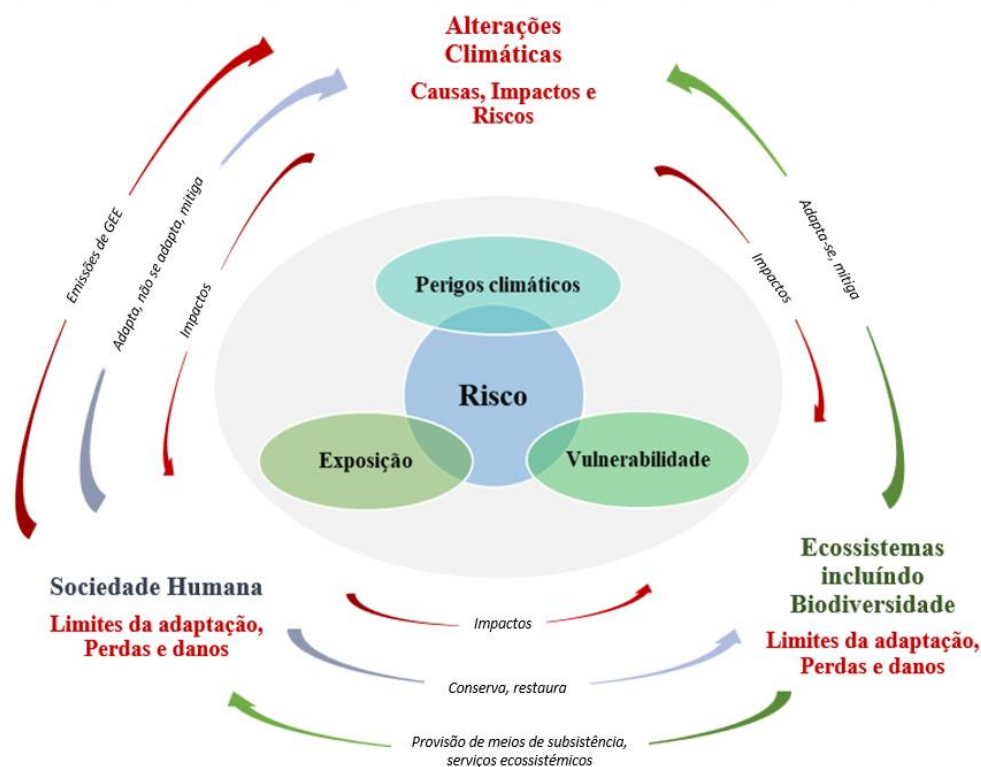


Figura 1 - Principais Interações e Tendências (Adaptado de *Summary for Policymakers* – IPCC, 2022, p.8).

Na verdade, alguns eventos climáticos extremos como, por exemplo, ciclones tropicais, deslizamentos de terra, secas, inundações ou incêndios de longa duração, têm reduzido o crescimento económico a curto prazo de vários países (IPCC, 2022). As perdas causadas por eventos climáticos extremos refletem-se em diversas esferas, a saber, a produtividade do trabalho, onde se estima um aumento de dias de trabalho perdidos devido a temperaturas elevadas em várias regiões africanas, e principalmente, ao nível das condições de vida básicas para o ser humano (Baarsch et al, 2020). Os setores mais expostos ao clima, como a agricultura, a silvicultura, a pesca, a energia e o turismo são os que mais sofrem. Em contraste, existem alguns efeitos económicos positivos em regiões que beneficiam de uma menor procura de energia, bem como vantagens relativas para certas atividades agrícolas e turísticas em geografias específicas (IPCC, 2022).

Apesar de existirem efeitos positivos nas atividades agrícolas em algumas regiões de alta latitude do planeta, e apesar do facto do nível da produtividade agrícola global ter aumentado nas últimas cinco décadas, as alterações climáticas abrandaram este crescimento, com os efeitos negativos a atingir com maior intensidade regiões de latitude média e baixa (IPCC, 2022).

Com o aumento da variabilidade climática, também se assiste a uma crescente degradação direta nas principais infraestruturas, incluindo transportes, água, saneamento e sistemas energéticos, não apenas devido a eventos climáticos extremos, como também das alterações climáticas graduais, dos quais resultam impactos negativos conjunturais, principalmente, no bem-estar das populações. Por exemplo, as alterações no clima afetam negativamente a saúde física e mental das populações, matando e ferindo diretamente pessoas e aumentando a propagação de doenças (McMichael et al., 2012), com destaque para as regiões mais urbanas, onde as alterações climáticas observadas têm tido um impacto maior na saúde humana. Observando o aumento das despesas em saúde, esta problemática acaba também por influenciar indiretamente o bem-estar social devido ao impacto financeiro adverso sobre os agregados familiares (IPCC, 2022).

Por fim, os crescentes eventos climáticos extremos têm exposto milhões de pessoas à insegurança alimentar aguda e reduziram a segurança sobre a disponibilidade de água, com maior impacto nas comunidades localizadas nos continentes africano e asiático e também em determinadas zonas da América Central e do Sul, em pequenas ilhas e na região do Ártico (IPCC, 2022). Desta forma, pode esperar-se que as alterações climáticas reforcem as desigualdades existentes e que dêem um impulso às dinâmicas e incentivos que conduzem os migrantes para locais urbanos e costeiros (Castells-Quintana et al., 2018). Muitos dos fluxos migratórios para as grandes cidades dos países em desenvolvimento, dirigem-se para zonas com condições de vida precárias, com acesso limitado a água potável e ao saneamento básico, e com habitação em zonas propensas a inundações, o que reforça a situação de vulnerabilidade destas pessoas. De facto, as alterações climáticas estão a contribuir para crises humanitárias, no sentido em que os fenómenos meteorológicos extremos, associados a uma elevada vulnerabilidade de determinadas populações, obrigam-nas a deslocarem-se e integrarem fluxos migratórios involuntários (IPCC, 2022).

2.1. Nível de desenvolvimento: um fator diferenciador na resposta à crise climática

Os efeitos das alterações climáticas apresentam uma enorme variabilidade em todo o mundo. As particularidades de cada país - a sua geografia e caracterização climática, as condições socioeconómicas e as perspetivas de crescimento - moldam a escala do impacto na sociedade, na economia e no ambiente. A relação entre vulnerabilidade e desenvolvimento económico é complexa. Por um lado, Tol (2018) defende que, geralmente, os impactos relativos das alterações climáticas diminuem à medida que o PIB *per capita* aumenta. Arent et al. (2015) defendem que numa economia avançada caracterizada por atividades económicas que ocorrem principalmente em condições controladas – como a indústria transformadora e os serviços – estas não são significativamente afetadas pelas alterações climáticas, enquanto a agricultura, a silvicultura e a pesca - exemplos de sectores económicos dependentes das condições meteorológicas – são, por conseguinte, mais suscetíveis às mudanças do clima. No mesmo sentido, as sociedades mais avançadas não só são capazes de manter o bem-estar, mas também têm uma maior produtividade no setor agrícola, devido à inovação tecnológica, e são capazes de importar os stocks alimentares necessários em caso de carência. As comunidades mais ricas também estão mais aptas a garantir uma rede de segurança social para os grupos mais vulneráveis da sociedade (Ward & Shively, 2012). No entanto, os países mais desenvolvidos não se excluem de quaisquer consequências das alterações climáticas. Pelo contrário, é importante considerar que a utilização de energia é diretamente necessária para que a indústria transformadora, os serviços e o comércio funcionem. Por conseguinte, se a produção de energia tiver de diminuir para mitigar os impactos do aquecimento global – através da redução do uso de combustíveis fósseis –, o PIB também diminuirá (Keen, 2022).

Num ponto de partida diferente, os países em desenvolvimento adaptar-se-ão às mudanças no clima na medida em que os seus recursos o permitam. Alguns dos fatores fulcrais para uma capacidade de adaptação e resposta efetiva, incluem as condições das infraestruturas, a capacidade inovadora e tecnológica de uma economia, a maior preparação para catástrofes e a existência de fundos de crise (UNDP, 2015). Muitas nações carecem de infraestruturas, meios financeiros e serviços públicos eficientes que,

de outra forma, as ajudariam no processo supracitado (Stern, 2006). Neste sentido, as regiões mais empobrecidas são estruturalmente mais vulneráveis às alterações climáticas, pois têm uma dependência maior dos recursos disponíveis nos ecossistemas em que estão inseridas, desde o fornecimento de produtos de subsistência e rendimentos de mercado, até à segurança alimentar e serviços de saúde. Por exemplo, mais de metade das pessoas extremamente pobres vivem na África Subariana, não sendo instruídas e dependendo essencialmente dos recursos naturais e dos produtos florestais para satisfazer as suas necessidades diárias (Sarkodie & Strezov, 2019).

Infere-se, assim, que a vulnerabilidade climática está fortemente associada à pobreza. De facto, segundo os autores Ward & Shively (2012), os efeitos das alterações climáticas não estão uniformemente distribuídos por todo o mundo, sendo que, na maioria dos estudos, espera-se que sejam as regiões mais pobres a assumir o peso da crescente frequência destes fenómenos. Nicholas Stern (2006), no seu trabalho sobre a economia das alterações climáticas, refere mesmo que são as populações mais vulneráveis, principalmente nos países mais pobres, as que mais sofrerão com as alterações no clima, devido à sua alta sensibilidade, exposição e baixa capacidade adaptativa. Considera-se, assim, que os efeitos negativos das mudanças do clima ocorrem predominantemente em países mais pobres e têm um impacto desproporcionado nas pessoas desfavorecidas (Castells-Quintana et al., 2018) – ainda que sejam estas as regiões do globo que menos contribuíram para as suas causas –, reforçando o ciclo negativo entre a incidência da pobreza e a vulnerabilidade climática (Castells-Quintana et al, 2018; Sarkodie & Strezov, 2019).

Devido à vulnerabilidade estrutural das regiões mais pobres do mundo, existem aspetos que representam ameaças mais imediatas, comparativamente aos riscos presentes causados pelas alterações climáticas. Atualmente, devido à incerteza associada a um clima futuro, os potenciais efeitos adversos das alterações climáticas podem nem sequer ser registados como os perigos ambientais mais prementes para a saúde e o bem-estar humanos nos países em desenvolvimento (Ward & Shively, 2012). Devido à escassez de recursos para de adaptarem à mudança do clima, que leva à baixa capacidade dos governos dos países em desenvolvimento em fornecer apoio ao nível da segurança social ou investir em infraestruturas básicas destinadas à preparação para catástrofes e alívio das

mesmas, os cidadãos destes países reconhecem que o desenvolvimento económico é a principal prioridade política (Beckerman, 1992).

3. DETERMINANTES DE VULNERABILIDADE NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

A vulnerabilidade económica e ambiental de um país às alterações do clima varia com base na sua exposição e capacidade de adaptação (Ward & Shively, 2012). O estudo desenvolvido por Baarsch et al (2020) prevê que os efeitos mais severos ocorram com maior incidência em regiões com elevada vulnerabilidade socioeconómica, na sua maioria caracterizadas por elevadas taxas de pobreza e densidade populacional. Assim, importa descrever o peso de variáveis como o crescimento económico, o investimento, a demografia e o grau de urbanização, entre outros, na determinação da vulnerabilidade ao risco climático nestas regiões.

Em primeiro lugar, os países mais pobres tendem a localizar-se em geografias mais expostas ao risco climático. Nas últimas décadas, enquanto a população mundial cresceu 87% entre 1970 e 2010, a população nas planícies aluviais aumentou 114% e, nas zonas costeiras propensas a ciclones, 192% (Hallegatte et al., 2016). Estudos recentes desenvolvidos pelo Banco Mundial descobriram também que as populações mais empobrecidas estão desproporcionalmente expostas ao risco de inundações, particularmente em áreas urbanas, ou em áreas onde a temperatura média é elevada (Castells-Quintana et al., 2018).

Em segundo lugar, os países mais pobres são mais vulneráveis a eventos climáticos extremos, devido ao papel central da agricultura e dos recursos hídricos na economia (Castells-Quintana et al., 2018). Ademais, muitos dos Estados em desenvolvimento não dispõem de seguros de colheitas para proteger os agricultores contra eventos climáticos extremos, o que, na sua ocorrência, resulta num impacto catastrófico nos meios de subsistência da população (Baloch et al., 2020; Ward & Shively, 2012). Segundo Nicholas Stern, a concentração de atividades num sector também limita a flexibilidade para mudar para atividades menos sensíveis ao clima, tais como a indústria e os serviços. Por exemplo, uma grande percentagem da população dos países mais pobres depende de atividades económicas no sector primário, maioritariamente caracterizadas por uma

especialização na produção agrícola. O sector agrícola, para além de estar associado a baixos níveis de rendimento, é um dos mais ameaçados pelas alterações climáticas nos países em desenvolvimento (Stern, 2006). Na África Subsaariana, a maioria do emprego situa-se no sector agrícola, que representa cerca de 57% da força de trabalho, mas apenas 16% do PIB da região. Esta discrepância sublinha a vulnerabilidade e a pobreza endémica do sector, que apresenta um valor acrescentado per capita 6 a 7 vezes inferior ao dos outros sectores da economia (Banco Mundial, 2018).

As economias em desenvolvimento são altamente dependentes da água - o recurso económico mais sensível ao clima - para o seu crescimento e desenvolvimento. Sendo a água um contributo essencial para a agricultura, indústria, energia, transportes e para fins domésticos, a sua gestão não tem sido eficaz nestas regiões, havendo um investimento relativamente pequeno em sistemas de irrigação, barragens e águas subterrâneas (Stern, 2006). Posto isto, as dinâmicas inerentes à pobreza e à vulnerabilidade climática são ainda mais incisivas nos países semiáridos. De facto, as populações mais pobres do mundo vivem em áreas que já são limitadas, do ponto de vista do clima e da produtividade agrícola (com níveis de precipitação muito baixos), e muitas dessas áreas são precisamente aquelas que sofrem mais com as alterações climáticas (Castells-Quintana et al, 2018).

A este contexto acrescenta-se ainda o facto destas economias terem ligações “frágeis” aos mercados financeiros mundiais, as quais limitam a capacidade de diversificar o risco ou de obter ou redistribuir recursos financeiros (Stern, 2006). O acesso ao financiamento é ainda muito limitado na generalidade dos países menos desenvolvidos. As populações mais pobres não só carecem de recursos próprios, como também são frequentemente excluídas dos mercados de crédito, uma vez que não têm as garantias necessárias para obter empréstimos, o que limita a sua capacidade de enfrentar o risco. A falta de reservas financeiras torna os países mais vulneráveis a choques ao nível dos rendimentos dos agregados, traduzindo-se em consequências diretas para a saúde, educação, investimento e produtividade (Castells-Quintana et al., 2018).

A vulnerabilidade climática dos pobres é ainda agravada pela desigualdade e marginalização em várias esferas sociais, incluindo a discriminação de género, étnica, política e geográfica. Relativamente aos meios de subsistência individuais, estes foram

afetados pelas alterações na produtividade agrícola, na saúde humana e segurança alimentar, na destruição de casas e infraestruturas, perda de bens e rendimentos, com efeitos destoantes por género e estratos sociais. Por exemplo, uma elevada proporção de cidadãos em estado de pobreza, nas regiões rurais do continente africano, vive em zonas secas pastoris e agro-pastoris, sendo a pobreza nestas regiões atribuída à variabilidade climática e à vulnerabilidade à seca (Turrall et al., 2011). Assim, várias medidas de bem-estar humano também se deterioraram com a aridez, por exemplo, a mortalidade infantil, a desnutrição infantil, os cuidados maternos, a alfabetização de adultos e o acesso à educação (Castells-Quintana et al, 2018).

Há um forte contraste entre a qualidade das infraestruturas e urbanização dos países desenvolvidos e das sociedades mais pobres, denotando-se que a falta de habitação adequada é, provavelmente, uma das barreiras mais críticas para uma adaptação positiva e para o desenvolvimento sustentável. Enquanto a maioria dos cidadãos dos países industrializados têm estruturas de habitação bem reforçadas a partir de materiais mais resistentes, nos países em desenvolvimento o acesso às infraestruturas básicas é ainda muito limitado. As cidades dos países desenvolvidos têm níveis elevados de saneamento e filtragem de água, enquanto as nações em desenvolvimento têm um fornecimento de água desprotegido e pouco fiável e, muitas vezes, carecem de saneamento adequado. Paralelamente, as infraestruturas de apoio ao transporte, comunicação e saúde são, muitas vezes, extremamente fracas (Ward & Shively, 2012). Em comparação com o resto do mundo, o acesso aos serviços básicos nos países de baixos rendimentos é ainda muito deficiente. Por exemplo, o saneamento básico e a eletricidade cobrem menos de um terço da população total destes países (Castells-Quintana et al., 2018). Em 2000, a Organização Mundial de Saúde atribuiu 1,7 milhões de mortes ao consumo de água não potável, falta de saneamento e higiene, tendo a maioria das mortes ocorrido nas regiões mais pobres e vulneráveis do mundo, principalmente em África e no Sudeste Asiático (Ward & Shively, 2012).

Importa destacar que os países mais pobres tendem a ter uma capacidade adaptativa limitada, que depende de uma série de fatores, tais como a disponibilidade de tecnologia inovadora e a capacidade de pagar por patentes (Tol, 2018). Estes carecem, frequentemente, de acesso aos meios financeiros e avanços tecnológicos que podem ajudar a proteger contra as intempéries, nomeadamente o ar condicionado, os

medicamentos contra a malária e os seguros de colheitas. Uma resposta adaptativa eficiente depende de decisões informadas por parte da sociedade. Os cidadãos respondem adequadamente às condições em mudança quando têm informação adequada, incentivos e um ambiente conducente ao investimento nas mudanças necessárias (Castells-Quintana et al., 2018). Tendo em conta a relevância da sensibilização sobre as alterações climáticas, nas comunidades mais pobres pode faltar a capacidade e, por vezes, a vontade política de mobilizar os recursos para infraestruturas de grande escala.

4. MAPEAMENTO DE ÍNDICES ASSOCIADOS ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

À medida que a sociedade se debate com as complexidades da mitigação² e adaptação às alterações climáticas, decisores políticos, investigadores académicos e organizações internacionais procuram ferramentas fiáveis e abrangentes para avaliar os níveis de vulnerabilidade dos países a esta problemática (Garschagen et al., 2021; Miola & Simonet, 2014; UN-OHRLLS, 2021). A maioria dos estudos que se dedicam à análise científica da vulnerabilidade tem-se centrado na utilização de índices enquanto abordagem metodológica que permite quantificar os fatores estruturais e exógenos que mais contribuem para vulnerabilidade dos países aos fenómenos climáticos extremos (Blasiak et al., 2017; Debortoli et al., 2019; Nguyen et al., 2016; Roukounis & Tsihrintzis, 2022). Em geral, a construção de um índice assenta na operacionalização e ponderação de uma série de componentes que agregam um conjunto de variáveis observáveis, permitindo traduzir os diversos aspetos da vulnerabilidade de um país, zona, ou região num único valor (Ahsan & Warner, 2014; Below et al., 2012; Hinkel, 2011; McIntosh & Becker, 2019).

No entanto, a utilização de indicadores representativos tem alguns inconvenientes, tais como a possibilidade de as condições que pretendem medir não serem refletidas com exatidão, a possibilidade de as variáveis se sobreporem, a formação de lacunas devido à escassez de dados e o facto de os conjuntos de indicadores omitirem frequentemente as

² Mitigação é uma ação de resposta às alterações climáticas que consiste em reduzir as emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) na atmosfera e outros fatores que contribuem para o aquecimento global, tendo como objetivo evitar ou reduzir a exposição aos impactos negativos das mudanças climáticas (Mastrandrea et al., 2010).

interações que caracterizam os sistemas do mundo real (Malone & Engle, 2011; Nelson et al., 2007). Torna-se crucial, por estas razões, compreender o procedimento de integração dos fatores – o método de ponderação e de agregação - para determinar o grau de vulnerabilidade de um país (Angeon & Bates, 2014).

A quantidade e diversidade de índices multidimensionais associados às alterações climáticas disponíveis na comunidade científica representa um desafio e uma oportunidade para a investigação sobre a vulnerabilidade dos países à mesma, exigindo, por isso, um processo de seleção metódico e rigoroso (Miola & Simonet, 2014; Nguyen et al., 2016). Posto isto, este capítulo começa por propor um conjunto de critérios para se proceder à pesquisa e seleção de índices de vulnerabilidade económica e ambiental associada às alterações climáticas, garantindo a adequação e a eficácia dos índices escolhidos para responder à questão de investigação em causa e oferecer uma base para comparações objetivas e coerentes (Miola & Simonet, 2014; Roukounis & Tsihrintzis, 2022). Desta forma, pretende-se que os índices tenham em conta a natureza multidimensional da vulnerabilidade (Edmonds et al., 2020; Roukounis & Tsihrintzis, 2022; UN-OHRLLS, 2021), que captem as suas dinâmicas à escala nacional (Birkmann et al., 2022; Garschagen et al., 2021), que se baseiem em bases de dados cuja disponibilidade é alargada e de acesso livre (Malone & Engle, 2011; Miola & Simonet, 2014; Sheehan et al., 2023; UN-OHRLLS, 2021), que sejam atualizados periodicamente (Birkmann et al., 2022), que apresentem aplicabilidade universal (Malone & Engle, 2011; Miola & Simonet, 2014; Sheehan et al., 2023; UN-OHRLLS, 2021) e, por fim, que possam ser amplamente utilizados na investigação sobre as alterações climáticas (Garschagen et al., 2021).

Numa primeira fase, foi realizado um levantamento dos índices de vulnerabilidade mais frequentemente referenciados na literatura associada às alterações climáticas. Face ao exposto, dos trinta e cinco índices mapeados (consultar Tabela III, no anexo I), foram selecionados quatro índices que satisfazem todos os critérios de seleção apresentados anteriormente, garantindo uma avaliação coerente e transparente das dinâmicas associadas à vulnerabilidade dos países em desenvolvimento. Importa ressaltar que os índices selecionados não centram exclusivamente a sua aplicabilidade no fenómeno das alterações climáticas, mas são utilizados neste âmbito pela comunidade científica e por

várias instituições. A Tabela I resume as principais características de cada um destes índices:

Tabela I. Mapeamento dos índices associados às alterações climáticas.

Índice	Fonte	Racional	Ranking	Dimensões	Indicadores	Dados
Índice de Vulnerabilidade Económica e Ambiental (EVI)	<i>Comité de Política de Desenvolvimento (CDP) das Nações Unidas</i>	Medição da vulnerabilidade estrutural aos choques económicos e ambientais.	[0-100]	Vulnerabilidade económica	8 indicadores.	143 países
			Um valor mais elevado representa uma maior vulnerabilidade.	Vulnerabilidade ambiental		2000-2023
Índice de Adaptação Global de Notre Dame (ND-GAIN)	<i>Notre Dame Global Adaptation Initiative (ND-GAIN)</i>	Avaliação da vulnerabilidade de um país às alterações climáticas e a outros desafios globais, tendo em conta a sua capacidade de resiliência.	[0-1]	Vulnerabilidade - exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação.	45 indicadores.	192 países
			No topo da classificação está o país mais preparado e menos vulnerável.	Capacidade de Preparação - Preparação económica, de governação e social.		1995-2023.
Índice de Risco INFORM	<i>Centro Comum de Investigação (CCI) da Comissão Europeia</i>	Avaliação da dimensão do perigo e da exposição, por um lado, e das dimensões da vulnerabilidade e da falta de capacidade de resposta, por outro.	[0-10]	Perigo & Exposição	54 indicadores.	191 países
			Valores mais elevados representam maior risco e vulnerabilidade.	Vulnerabilidade Falta de capacidade de resposta.		2014-2023
Índice de Risco WRI	<i>Instituto do Meio Ambiente e da Segurança Humana, UNU-EHS & IFHV, Ruhr-University Bochum</i>	Avaliação do risco como uma interação entre perigos e vulnerabilidade, com foco na importância das capacidades sociais na preparação para catástrofes	[0-100]	Exposição.	100 indicadores.	193 países
			No topo da classificação, o país com o maior risco de catástrofe a nível mundial.	Suscetibilidade.		2000-2021.
				Falta de capacidade de resposta. Falta de capacidade de adaptação.		

O Índice de Vulnerabilidade Económica e Ambiental (*EVI*) desenvolvido pelo Comité para Políticas de Desenvolvimento das Nações Unidas (*CDP*) considera as dimensões económica e ambiental da vulnerabilidade na sua avaliação. O *EVI* centra-se na vulnerabilidade estrutural a choques económicos e ambientais, utilizando técnicas de normalização, como o procedimento *Mín-Máx*, para garantir uma distribuição coerente dos indicadores. Este índice atribuí pesos iguais aos indicadores e o seu método de agregação envolve o cálculo da média aritmética simples dos valores dos indicadores (consultar Tabela IV, no anexo I). O Índice *EVI* tem dados disponíveis a partir do ano

2000 para 143 países em desenvolvimento (Assa & Meddeb, 2021; CDP & UN DESA, 2021). O cálculo da pontuação do índice EVI baseia-se na soma da pontuação do “índice de vulnerabilidade económica” com a pontuação do “índice de vulnerabilidade ambiental” para cada país, resultando num valor de vulnerabilidade entre 0 e 100 (CDP & UN DESA, 2021), de acordo com a fórmula (1):

$$(1) \text{ EVI} = \frac{1}{2} \text{ Índice de Vulnerabilidade Económica} + \frac{1}{2} \text{ Índice de Vulnerabilidade Ambiental}$$

O Índice de Adaptação Global de Notre Dame (ND-GAIN) é o segundo índice selecionado para este estudo. O índice *ND-GAIN* avalia a capacidade de adaptação às mudanças do clima de 192 países da ONU, considerando as dimensões “exposição”, “sensibilidade” e “capacidade de adaptação” para a componente de “vulnerabilidade”. Apresenta também uma componente de “prontidão”, observando a “prontidão económica”, a “prontidão de governação” e a “prontidão social”. Ambas as construções compósitas utilizam procedimentos de normalização linear *Mín-Máx*, para ser possível comparar os indicadores para cada país. O método de ponderação do índice resume-se à utilização de pesos iguais e o método de agregação é a média aritmética. O cálculo (2) da pontuação do *ND-GAIN* corresponde à subtração da pontuação de “vulnerabilidade” e da pontuação de “prontidão” para cada país, tendo como resultado um valor de 0 a 1 (ND-GAIN Index Country Index Technical Report, 2023):

$$(2) \text{ ND-GAIN} = (\text{Pontuação de Prontidão} - \text{Pontuação de Vulnerabilidade} + 1) * 50$$

Por fim, o Índice de Risco *INFORM* e o Índice de Risco *WRI* são dois exemplos de índices baseados no risco. Estes índices colocam uma forte ênfase na determinação da vulnerabilidade com base nos riscos associados ao perigo³ e à exposição. Para normalizar os indicadores, estes índices utilizam abordagens de normalização linear *Mín-Máx*, tal como pesos iguais relativamente aos métodos de ponderação dos indicadores. O Índice de Risco *WRI* inclui 193 países e o Índice de Risco *INFORM* inclui 191 países (Marin-Ferrer et al., 2017; World Risk Report, 2022).

³O Perigo é definido como "a ocorrência potencial de um evento físico ou o efeito de uma tendência natural ou induzida pelo homem ou impactos físicos que possam causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos para a saúde, bem como perdas e danos nas propriedades, infraestruturas, meios de subsistência, prestação de serviços, ecossistemas e recursos ambientais" (IPCC, 2014, p.5).

O *INFORM* estabelece um equilíbrio entre as dimensões de “perigo”, “exposição”, “vulnerabilidade” e “falta de capacidade de resposta”. O cálculo deste instrumento de análise (3) centra-se na multiplicação da pontuação das dimensões “perigo e exposição”, “vulnerabilidade” e “falta de capacidade de adaptação” para cada país, resultando em pontuações de 0 a 10, utilizando a fórmula abaixo (Marin-Ferrer et al., 2017):

$$(3) \text{ INFORM} = \text{Perigo e Exposição } 1/3 * \text{Vulnerabilidade } 1/3 * \text{Falta de capacidade de adaptação } 1/3$$

O Índice de Risco *WRI* avalia a “exposição”, a “suscetibilidade”, a “falta de capacidade de resposta” e a “falta de capacidade de adaptação”. Para calcular a pontuação do mesmo, procede-se à multiplicação da pontuação de “exposição” com a pontuação de “vulnerabilidade” (resultante da soma das pontuações das dimensões de “suscetibilidade”, “capacidade de resposta” e “capacidade adaptativa”) para cada país, resultando num valor de 0 a 100, utilizando a fórmula abaixo (World Risk Report, 2022):

$$(4) \text{ WRI} = \text{Exposição} * [\text{Suscetibilidade } 33\% + \text{Capacidade de Resposta } 33\% + \text{Capacidade Adaptativa } 33\%]$$

Como foi apresentado inicialmente, este trabalho foca-se no estudo da vulnerabilidade associada às alterações climáticas nos países em desenvolvimento. Assim, tendo em conta o objeto de estudo em análise, a presente investigação utiliza como variáveis apenas as dimensões referentes ao conceito de vulnerabilidade de cada índice mapeado. A Figura 2 representa o processo de extração das dimensões de vulnerabilidade de cada índice que foram analisadas nesta investigação.

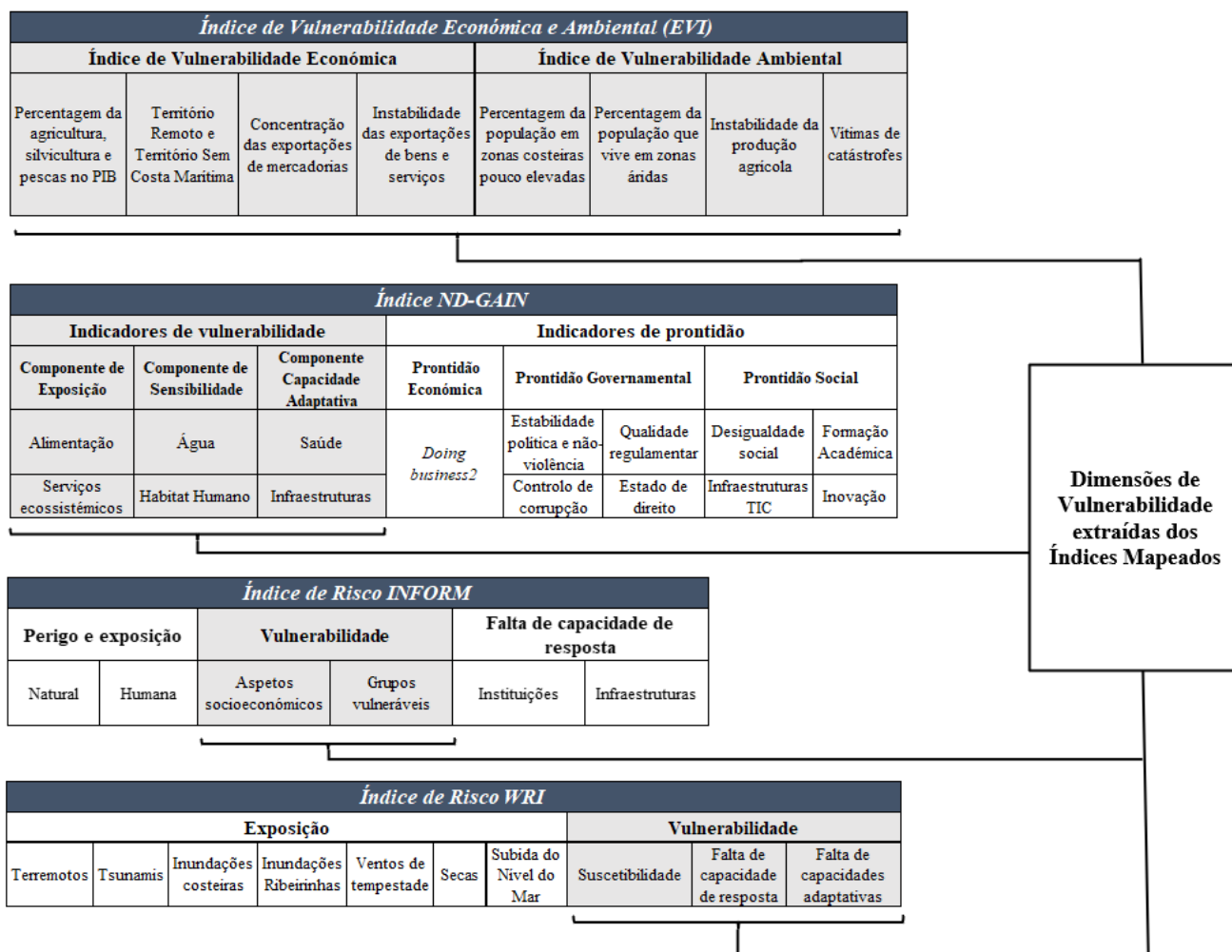


Figura 2 - Composição dos índices de vulnerabilidade (Adaptado de CDP & UN DESA, 2021; ND-GAIN Index Country Index Technical Report, 2023; Marin-Ferrer et al., 2017; World Risk Report, 2022).

Desta forma, para o *EVI* foram extraídos o “índice de vulnerabilidade económica” e “índice de vulnerabilidade ambiental”. Estas dimensões compreendem a vulnerabilidade estrutural dos países como o risco de serem prejudicados por choques exógenos, ou seja, grau em que um país está exposto a estes choques e a rapidez com que pode recuperar deles determinam a sua vulnerabilidade. Estes fatores dependem igualmente da dimensão e frequência dos choques em questão. A resiliência não é analisada no *EVI*, uma vez que alguns aspetos da resiliência estão relacionados com a implementação de medidas políticas e, por conseguinte, não são tratados como fatores estruturais (CDP & UN DESA,

2021). A Tabela V (ver anexo II) apresenta a composição do índice *EVI*, a partir da qual se pode observar que a sua estrutura se concentra nos choques comerciais, relativamente a choques económicos, e no que diz respeito aos choques ambientais, o *EVI* centra-se nos perigos naturais, como os choques meteorológicos e as alterações climáticas (CDP & UN DESA, 2021). Estes choques afetam potencialmente a atividade económica, o consumo, o emprego, o bem-estar da população e a base de recursos naturais do desenvolvimento económico e social. Embora a frequência e a amplitude dos choques comerciais e dos choques ambientais (como as alterações climáticas) sejam por vezes influenciadas por decisões políticas tomadas a nível internacional, são em grande medida exógenas, pelo menos na perspetiva dos países menos desenvolvidos (CDP & UN DESA, 2021).

No caso do índice *ND-GAIN*, que compreende a vulnerabilidade enquanto a “propensão ou predisposição das sociedades humanas para serem negativamente impactadas pelos riscos climáticos” (Chen et al., 2023, p.3), foram selecionados os indicadores de vulnerabilidade referentes aos setores “alimentação”, “água”, “saúde”, “serviços do ecossistema”, “habitat humano” e “infraestruturas”. Como é possível observar na Tabela VI (ver anexo II), cada sector é composto por seis indicadores que representam as três dimensões transversais: a exposição do sector a riscos relacionados com o clima ou agravados pelo clima; a sensibilidade desse sector aos impactos do risco e a capacidade de adaptação do sector para fazer face ou adaptar-se a esses impactos (Chen et al., 2023, p.3).

Relativamente ao índice *INFORM*, que analisa a dimensão da vulnerabilidade como “as predisposições intrínsecas de uma população exposta a ser afetada ou a ser suscetível aos efeitos nocivos de um perigo, ainda que a avaliação seja feita através de indicadores independentes do perigo” (Marin-Ferrer et al., 2017, p. 30), foram consideradas as categorias “aspetos socioeconómicos” e “grupos vulneráveis” que compõem a dimensão de vulnerabilidade deste índice (ver Tabela VII, no anexo II). Em contraste com a primeira categoria, que se concentra mais na demografia de uma nação como um todo, a categoria de grupos vulneráveis inclui grupos sociais que têm pouco acesso a sistemas sociais e de saúde (Marin-Ferrer, 2017).

Por fim, para o índice *WRI*, a vulnerabilidade é interpretada como “a predisposição das populações para serem vulneráveis a danos causados por fenómenos naturais

extremos ou impactos negativos das alterações climáticas” (World Risk Report, 2022, p. 40), tendo sido utilizadas para esta investigação as dimensões “susceptibilidade”, “falta de capacidade de resposta” e “falta de capacidade de adaptação” (ver Tabela VIII, no anexo II). Assim, a componente de vulnerabilidade deste índice climático considera a capacidade de pessoas, agregados familiares e sociedades serem desestabilizados, prejudicados ou mesmo destruídos por ocorrências catastróficas, englobando nessa análise aspetos económicos, políticos, sociais e ambientais (World Risk Report, 2022).

5. ANÁLISE COMPARATIVA DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE

5.1. Metodologia e dados

Neste capítulo, apresentam-se os métodos utilizados na pesquisa e seleção dos dados, na definição da amostra e, por fim, a metodologia adotada na análise estatística. Após a seleção dos índices empregues neste trabalho, procedeu-se à verificação da atualização das metodologias de construção dos mesmos ao longo dos anos. Esse pressuposto foi cumprido, verificando-se atualizações retroativas das classificações em relação aos anos anteriores por parte dos autores, a partir dos dados de base existentes. Este tratamento de dados por parte das entidades que publicam os mesmos é fundamental para compreender o impacto das alterações metodológicas nos resultados e garantir a coerência temporal dos mesmos. De seguida, foram selecionados os dados através das bases estatísticas de cada entidade responsável pela publicação do índice (de acesso público), estando devidamente identificadas neste trabalho. A base de dados que reúne a informação estatística trabalhada nesta Dissertação denomina-se “Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade”, sendo possível consultar a mesma na Tabela IX (disponível no anexo III).

Relativamente à definição das variáveis, foram extraídos os dados referentes aos resultados das dimensões de vulnerabilidade dos índices *EVI*, *ND-GAIN*, *INFORM* e *WRI*. Com o propósito de simplificar a interpretação das mesmas, foram criadas quatro variáveis quantitativas:

- As pontuações do Índice de Vulnerabilidade Económica e Ambiental (*EVI*) estão representadas pela variável “Índice *EVP*”;

- As pontuações da dimensão de vulnerabilidade do Índice de Adaptação Global de *Notre Dame (ND-GAIN)* estão representadas pela variável “Índice *ND-GAIN*”;
- As pontuações da dimensão de vulnerabilidade do Índice de Risco *INFORM* estão representadas pela variável “Índice *INFORM*”;
- Por fim, as pontuações da dimensão de vulnerabilidade do Índice de Risco *WRI* estão representadas pela variável “Índice *WRI*”.

De seguida, descreve-se o procedimento da definição da amostra. Com o objetivo de maximizar a dimensão dos casos em análise e obter uma amostra viável e representativa para atingir os objetivos da pesquisa, foram utilizando todos os anos e países com dados em comum para os quatro índices multidimensionais. Este método resultou numa população em estudo composta por 135 países em desenvolvimento e países menos desenvolvidos (PMD) para um período de sete anos - 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 e 2020. A principal razão que esteve na origem deste intervalo temporal foi a preocupação com a obtenção de uma amostra com uma dimensão razoável e suscetível de permitir alcançar os objetivos da pesquisa.

Com o intuito de possibilitar uma comparação adequada entre os resultados das dimensões de vulnerabilidade de cada índice, que possuem diferentes metodologias de construção e métodos de agregação, realizou-se uma normalização linear *Mín-Máx* das quatro distribuições em estudo. Através desta técnica, as classificações dos países foram normalizadas numa escala de 0 a 100, em que 0 é o resultado mínimo de vulnerabilidade e 100 o resultado máximo. Este procedimento de normalização permite que as pontuações de vulnerabilidade associadas às alterações climáticas da população e ao intervalo de tempo em análise possam ser comparadas de forma mais elucidativa. Apresenta-se, de seguida, a fórmula (5) empregue na normalização dos resultados de vulnerabilidade dos quatro índices em estudo:

$$(5) \text{valor_normalizado} = (\text{valor_original} - \text{valor_mínimo}) / (\text{valor_máximo} - \text{valor_mínimo}) * 100$$

A investigação utiliza uma metodologia quantitativa, apoiada no método estatístico. A análise empírica foi realizada essencialmente a partir do software *SPSS IBM Statistics* e do *Excel*. Primeiramente, foi realizada uma análise descritiva, calculando-se medidas de tendência central e de dispersão para explorar os dados e compreender sua distribuição.

Para avaliar a normalidade dos dados, foi aplicado o teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* (*K-S*). Além disso, foram feitas análises bivariadas com o objetivo de comparar os resultados dos diferentes índices, usando testes estatísticos como a análise de correlação de *Spearman* e a produção de diagramas de dispersão. Esta etapa permitiu verificar se há associações estatisticamente significativas entre as variáveis e identificar possíveis *outliers*. Por fim, de modo a complementar a análise e responder às questões de investigação propostas neste trabalho, foi realizada uma análise da discrepância das classificações (*rankings*) dos índices de vulnerabilidade, um método utilizado pelos autores Miola e Simonet (2014) no estudo “*Concepts and Metrics for Climate Change Risk and Development - Towards an index for Climate Resilient Development*” e pelos investigadores Garschagen et al (2021) no artigo “*Global patterns of disaster and climate risk—an analysis of the consistency of leading index-based assessments and their results*”. Esta análise permite identificar os países que apresentam grandes diferenças nas classificações entre os índices e destacar as inconsistências nos resultados dos mesmos e, paralelamente, considerar fatores contextuais que possam influenciar as mesmas.

5.2. Análise de resultados

Em primeiro lugar, apresentam-se as principais características relativas ao comportamento das variáveis relativas aos índices de vulnerabilidade mapeados neste estudo, ou seja, das variáveis “Índice *EVI*”, “Índice *ND-GAIN*”, “Índice *INFORM*” e “Índice *WRP*”. Cada uma das quatro variáveis quantitativas apresenta 945 casos válidos considerados para o desenvolvimento do estudo. Os valores de cada distribuição representam o grau de vulnerabilidade de um país, podendo-se assumir que 0 representa a classificação de vulnerabilidade mínima e 100 a classificação de vulnerabilidade máxima. Os valores dizem respeito a um grupo de 135 países pertencentes a regiões geográficas em desenvolvimento para os anos de 2014 a 2020.

Observando as estatísticas das quatro variáveis em análise, pode-se aferir que relativamente ao índice *EVI*, a sua média é de 34,05 e verifica-se que a distribuição é assimétrica positiva (0,37) ou seja, a distribuição das unidades estatísticas está enviesada ligeiramente do lado esquerdo do histograma. A curtose é de -0,73, indicando uma distribuição platicúrtica, isto é, uma distribuição relativamente achatada em comparação com a distribuição normal. Da mesma forma, a média do Índice *ND-GAIN* é de 47,64. A

assimetria é de 0,40, indicando uma ligeira assimetria positiva, ou seja, a distribuição das unidades estatísticas concentra-se ligeiramente do lado esquerdo do histograma. A curtose é de -0,58, indicando uma distribuição platicúrtica, isto é, relativamente achatada em comparação com a distribuição normal. A média do Índice *INFORM* é de 42,36. O valor da assimetria é próximo de 0, indicando que a mesma é irrelevante, com uma distribuição quase simétrica. A curtose é de -0,74, indicando uma distribuição platicúrtica, isto é, uma distribuição relativamente achatada em comparação com a distribuição normal. Por fim, o Índice *WRI* possui uma assimetria é de 0,98, indicando uma assimetria positiva mais pronunciada, ou seja, a distribuição das unidades estatísticas concentra-se do lado esquerdo do histograma e depois verifica-se uma longa cauda para a direita. Deve-se, por isso, privilegiar a análise da mediana enquanto medida de localização. Esta tem o valor de 24,51 e uma amplitude interquartil de 17,17, significando que metade dos países da nossa amostra tem uma classificação de vulnerabilidade relativamente baixa. Já o coeficiente de curtose apresenta o valor de 0,19. Este valor é superior a 0 logo a distribuição é leptocúrtica (ver Tabela X, no anexo III). Estas estatísticas revelam que há uma frequência muito concentrada em certos valores que graficamente têm barras mais elevadas no histograma considerado, indicando uma distribuição relativamente mais aguda em comparação com a distribuição normal. Desta maneira, verifica-se que as pontuações de vulnerabilidade elevadas representam uma proporção bastante diminuta da totalidade, nas quatro distribuições. Considera-se, assim, que nos quatro índices em análise, a maior parte das classificações dos países em relação à sua vulnerabilidade possuem valores relativamente baixos (<60). Dessa forma, as estatísticas que caracterizam as formas das distribuições revelam que existem menos observações de vulnerabilidade à medida que se considera um aumento da mesma (ver Figuras 7 e 8, no anexo III).

Aferiu-se também a relação linear entre as variáveis e a normalidade da distribuição das mesmas a partir do teste de normalidade *K-S* (consultar Tabela XI, anexo III). Neste caso, todas as estatísticas do teste são positivas e baixas, o que sugere uma discrepância entre as distribuições observadas e as distribuições teóricas de normalidade. Em todos os casos, os valores de significância são menores que 0,001 (ou seja, < 0,001), o que indica que os dados das variáveis não seguem uma distribuição normal. Assim, considera-se mais apropriado prosseguir a análise de dados utilizando testes não paramétricos, que não

assumem normalidade nos dados. Neste sentido, procedeu-se à realização de testes de correlação de *Spearman* para medir a correlação entre os índices de vulnerabilidade em análise neste trabalho de investigação. Observando os resultados na Tabela II, os *valores-p* são inferiores ao nível de significância de 0,01, o que indica que os coeficientes de correlação são estatisticamente significativos. Esses resultados indicam que existe uma relação significativa e positiva entre os índices de vulnerabilidade, sugerindo uma relação linear direta entre eles. Ou seja, em todos os testes estatísticos, a relação entre os índices significa que quanto mais elevados são os valores de vulnerabilidade do índice localizado no *eixo Y*, maiores são os valores de vulnerabilidade no índice presente no *eixo X*. No entanto, é importante lembrar que a correlação não implica causalidade e que outros fatores podem influenciar esta relação. Relativamente à relação linear entre as variáveis, os gráficos de dispersão demonstram que a mesma é evidente, tirando duas exceções – os gráficos de dispersão entre as variáveis “Índice *EVI*” e “Índice *INFORM*” e o correspondente à relação entre “Índice *EVI*” e “Índice *WRI*”.

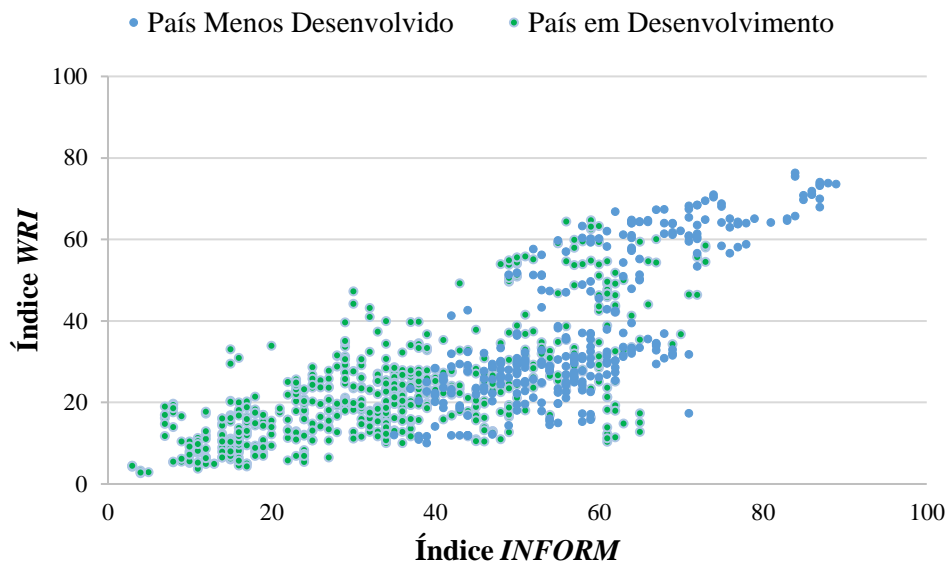
Tabela II. Análise de correlação entre os índices de vulnerabilidade para o período 2014-2020.

Coefficientes de Correlação rô de Spearman	Índice <i>EVI</i>	Índice <i>ND-GAIN</i>	Índice <i>INFORM</i>	Índice <i>WRI</i>
Índice <i>EVI</i>	1,000	0,451**	0,275**	0,153**
Índice <i>ND-GAIN</i>	0,451**	1,000	0,710**	0,533**
Índice <i>INFORM</i>	0,275**	0,710**	1,000	0,759**
Índice <i>WRI</i>	0,153**	0,533**	0,759**	1,000

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade.

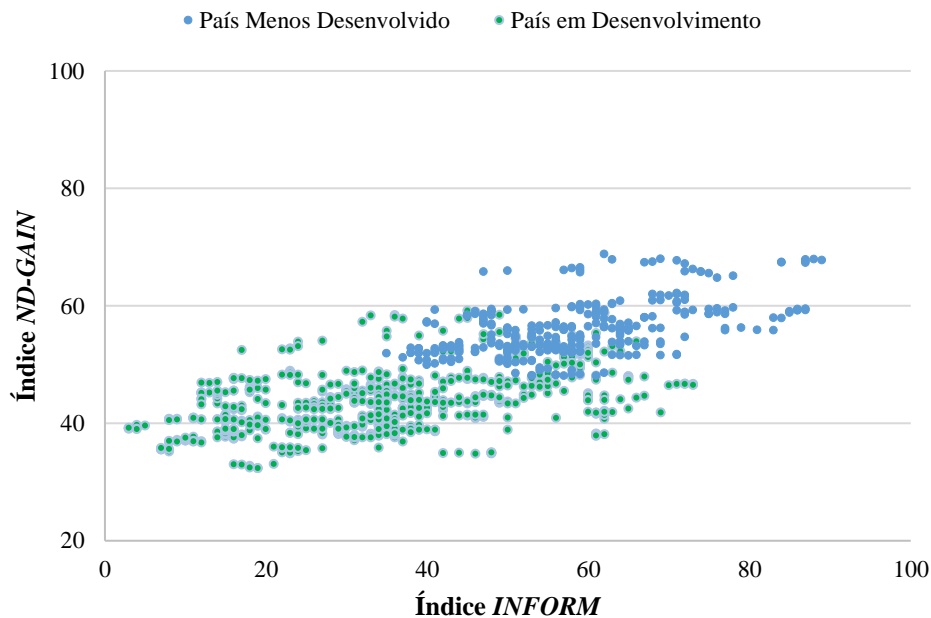
A intensidade de correlação varia entre os pares de índices, sendo a mais alta entre o índice *INFORM* e o índice *WRI*: 0,759**, o que, segundo a grelha de interpretação da correlação proposta por Cohen e Holliday (1983), significa que a correlação é positiva e alta. Ou seja, quanto mais elevadas as pontuações de vulnerabilidade do índice *INFORM*, maiores são as pontuações de vulnerabilidade do índice *WRI*.



Fonte: Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade.

Figura 3 - Gráfico de dispersão entre o índice *WRI* (*eixo y*) e o índice *INFORM* (*eixo x*) para o período 2014-2020.

Segue-se, por ordem de intensidade, a correlação entre o índice *ND-GAIN* e o índice *INFORM* (0,710**), uma correlação positiva e igualmente alta.



Fonte: Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade.

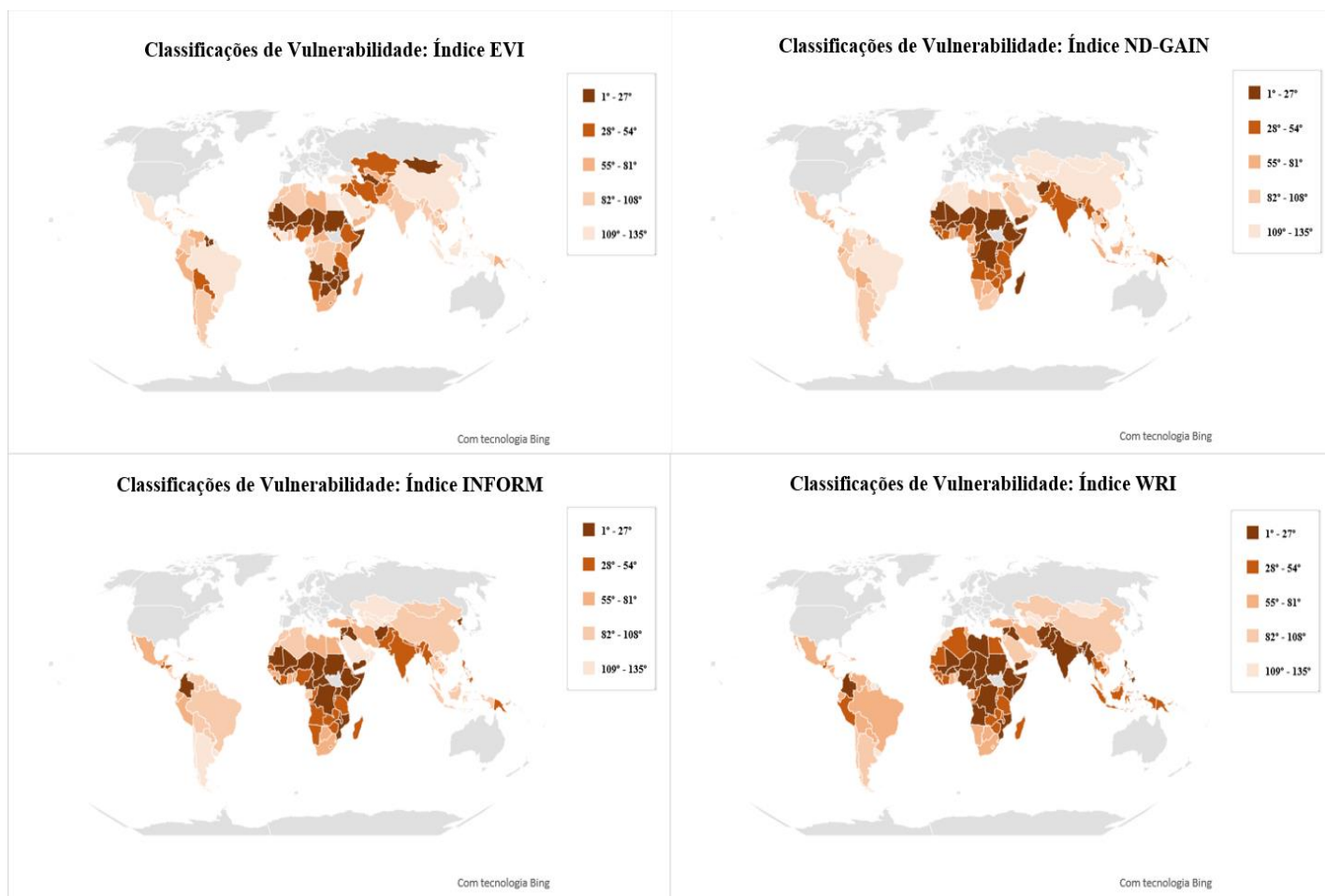
Figura 4 - Gráfico de dispersão entre o índice *ND-GAIN* (*eixo y*) e o índice *INFORM* (*eixo x*) para o período 2014-2020.

No que concerne à análise das restantes relações bivariadas, o teste de correlação entre o índice *ND-GAIN* e o índice *WRI* traduz-se num coeficiente de *Spearman* de $r = 0,533$. Segundo a grelha de interpretação da correlação proposta, a correlação é positiva e moderada. Desta forma, quanto mais elevadas as pontuações de vulnerabilidade do índice *ND-GAIN*, maiores são as pontuações de vulnerabilidade do índice *WRI*, ainda que a relação entre estes dois índices seja moderada. Da mesma forma, a correlação entre o índice *EVI* e o índice *ND-GAIN* ($r = 0,451$) é positiva e moderada. De seguida, a correlação entre o índice *EVI* e o índice *INFORM* tem o valor de $r = 0,275$, o que significa que a correlação é baixa ou fraca. Por fim, a correlação entre o índice *EVI* e o índice *WRI* ($r = 0,153$) é muito baixa.

De seguida, pretende-se medir a discrepância entre as pontuações de vulnerabilidade de cada um dos quatro índices. Para isso, procedeu-se ao cálculo da média das classificações dos sete anos (2014 a 2020) para cada país para se obter uma medida agregada de vulnerabilidade ao longo do tempo. Isso permite simplificar a análise e ter uma visão mais geral da classificação média de vulnerabilidade de cada país. Numa fase posterior, os valores médios de vulnerabilidade foram ordenados de forma decrescente e atribuiu-se *rankings* a cada país, permitindo identificar os países com as maiores e menores classificações de vulnerabilidade (1º a 135º), sendo que 1º representa o país mais vulnerável às alterações climáticas e 135º o país menos vulnerável da amostra.

A Figura 5 representa a distribuição cartográfica das classificações médias de vulnerabilidade de cada um dos índices de vulnerabilidade, para os 135 países em desenvolvimento da amostra. Em cada um dos mapas, os países são agrupados em cinco categorias, definidas por nível de vulnerabilidade a partir do cálculo dos quintis de cada distribuição em análise. Nesta primeira etapa da análise cartográfica, é possível identificar a partir da Figura 5 alguns *clusters* regionais de vulnerabilidade à escala global. Tendo em conta os resultados dos quatro índices, destaca-se, de forma unânime, uma grande parte dos países situados no continente africano, nomeadamente na região do Sahel e na parte ocidental e oriental de África. A maioria dos países destas regiões da África Subsaariana é muito vulnerável às alterações climáticas devido à sua alta sensibilidade e exposição à variabilidade climática e perigos relacionados, tendo em conta a dependência de setores sensíveis ao clima, tais como a agricultura e a energia hidroelétrica para a produção de energia, assim como a crescente irregularidade dos níveis de precipitação e

temperatura em todo o continente africano (Baarsch et al., 2020; Sarkodie & Strezov, 2019). A partir da observação de cada um dos Mapas em particular, conclui-se que o índice *EVI* destaca um grupo de países localizados na África Austral, na Ásia Central e determinados Estados Insulares na América Central e Oceânia como bastante vulneráveis, enquanto os índices *ND-GAIN*, *INFORM* e *WRI* mapeiam os países situados na África Central e Sul da Ásia como bastante vulneráveis.



Fonte: Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade.

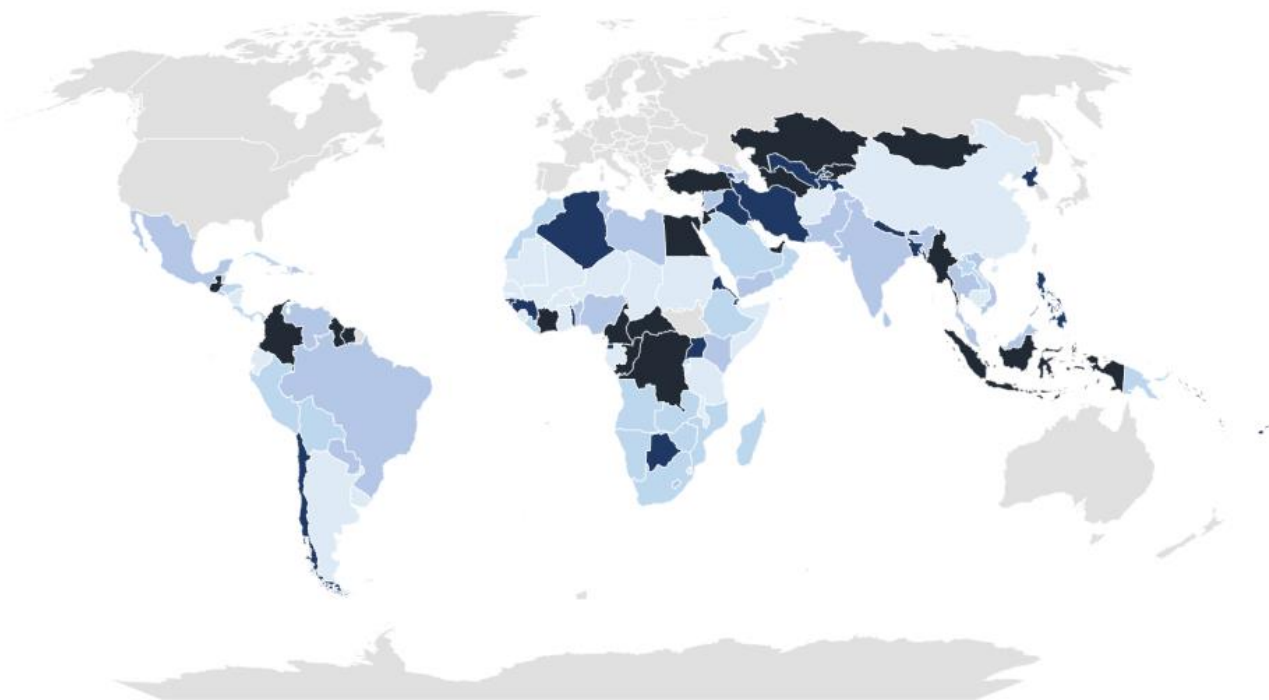
Figura 5 – Mapeamento das classificações de vulnerabilidade dos índices *EVI*, *ND-GAIN*, *INFORM* e *WRI*.

De seguida, foi calculado o desvio padrão entre as classificações dos índices para cada país, medindo o quão dispersas estão em relação à média (consultar Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade, na Tabela IX, no anexo III). Na Figura 6, apresenta-se um mapa no qual é possível observar o nível de dispersão entre os *rankings* dos índices de vulnerabilidade. Embora difiram nas definições, nos indicadores, nas

metodologias ou nos países em estágios de desenvolvimento distintos a que se referem, este exercício permite encontrar "pontos de concordância" relativamente à geografia.

Dispersão das classificações médias de vulnerabilidade

■ Muito alta ■ Alta ■ Média ■ Baixa ■ Muito baixa



Fonte: Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade.

Figura 6 – Análise cartográfica da dispersão das classificações de vulnerabilidade dos índices de vulnerabilidade.

Interpretando os resultados das duas Figuras, a homogeneidade de cores claras do mapa de dispersão reflete o facto de existir unanimidade entre os vários índices na classificação de uma grande parte de países menos desenvolvidos localizados na região africana do Sahel - Chade, Níger, Sudão, Mali, Burkina Faso, Mauritânia e Senegal – enquanto países altamente vulneráveis às alterações climáticas. Ainda no continente africano, é possível destacar o consenso dos quatro índices de vulnerabilidade ao posicionar países menos desenvolvidos como a Somália, Burundi, Malawi, Serra Leoa e Tanzânia como nações com um elevado nível de vulnerabilidade.

Observando o mapa, pode também identificar-se os casos do Afeganistão, um território sem litoral que atravessa atualmente a maior e mais grave crise humanitária do mundo (OCHA, 2023) e Camboja, uma das nações menos desenvolvidas do Sudeste Asiático, enquanto países classificados consensualmente como muito vulneráveis aos impactos da crise climática. Ambos os Estados são altamente vulneráveis aos efeitos das alterações climáticas devido a uma combinação de fatores naturais, sociais e económicos. O aquecimento global fez aumentar significativamente as temperaturas máximas e mínimas anuais em ambos os territórios, que resultaram num impacto ao nível dos ecossistemas, prejudicando também os meios de subsistência em populações que dependem da atividade agrícola⁴ (OCHA, 2023; Mendoza et al., 2014). Ademais, o contexto de enorme instabilidade social e económica no Afeganistão tem exercido pressão sobre os trabalhadores ao ar livre, nas zonas urbanas, na eficiência das infraestruturas energéticas do país e, por fim, na saúde humana, aumentando o risco de doenças e mortalidade relacionadas com o calor (WBG & ADB, 2021). No caso do Camboja, esta situação traduz-se num impacto na segurança alimentar e na saúde humana num país caracterizado por rendimentos baixos, elevadas taxas de mortalidade e capacidades de adaptação ineficientes (Mendoza et al., 2014). Relativamente aos países considerados consensualmente como menos vulneráveis às alterações climáticas pelos quatro índices, comparativamente à restante população em estudo, pode-se destacar o Catar e a China no continente asiático. Na região da África Central, caracterizada por uma elevada suscetibilidade aos perigos do aquecimento global, é possível observar que ao Gabão é atribuída uma baixa vulnerabilidade. Passando para o lado ocidental do mapa, na América Latina surgem a Argentina e o Uruguai com desvios-padrões pequenos. Por fim, pode-se distinguir ainda a Nicarágua, Jamaica, Trindade e Tobago e Barbados na América Central e Caraíbas.

Observando as áreas geográficas de cores escuras, o mapa sublinha a falta de consenso relativamente à vulnerabilidade de um bloco de países situados na África Central e Bacia do Congo - os Camarões, o Congo, a República Democrática do Congo, a República

⁴ O Afeganistão tem observado uma aridez crescente dos seus territórios, o que prejudica os meios de subsistência num país em que 60% da população depende da agricultura a céu aberto (OCHA, 2023). O Camboja é igualmente dependente da agricultura e muito vulnerável a secas e inundações (Mendoza et al., 2014).

Centro-Africana – assim como a Costa de Marfim, nação localizada na região ocidental africana. Ainda é possível observar, com um padrão semelhante, o caso do Mianmar, no sudeste asiático. O grande desvio padrão entre as classificações de vulnerabilidade deste *cluster* de países deve-se ao facto dos índices *WRI*, *INFORM* e *ND-GAIN* atribuírem classificações de alta vulnerabilidade, enquanto o Índice *EVI* não atribuiu um cenário de vulnerabilidade tão severo para a mesma região. Por fim, é possível identificar o *cluster* constituído pela Colômbia e a Guatemala, nações localizadas na América do Sul e América Central, respetivamente, e os casos do Líbano e Turquia, no Médio Oriente e Eurásia. Nestes casos, os índices *INFORM* e *WRI* classificam os países como altamente vulneráveis, enquanto os índices *EVI* e *ND-GAIN* não expressam o mesmo nível crítico de vulnerabilidade (consultar Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade, na Tabela IX, anexo III).

Na Ásia Central também é possível identificar um grupo de países com classificações de vulnerabilidade bastante discrepantes, como é o caso do Turquemenistão, do Quirguizistão, do Cazaquistão e, mais a oriente, a Mongólia. Pode-se ainda destacar, na península Arábica, o caso dos Emirados Árabes Unidos. Ao contrário dos casos descritos dos países situados no continente africano, o Índice *EVI* posiciona estas economias em contextos de vulnerabilidade alta enquanto os restantes índices presentes nesta investigação divergem desse cenário, considerando que a região asiática estará mais preparada para os mais diversos fenómenos climáticos. No mesmo sentido, pode-se realçar a variação de classificações de dois países a nordeste da América do Sul – Guiana e Suriname – com o índice *EVI* a atribuir posições de alta vulnerabilidade. Por fim, surge um conjunto de países que se destaca, como é o caso dos Estados Insulares como Micronésia, São Cristóvão e Neves, Antígua e Barbuda, Maldivas, Seicheles e Tonga. O índice *EVI* atribuiu classificações elevadas de vulnerabilidade a estes países, enquanto os índices *INFORM* e *WRI* colocam-nos entre os países em desenvolvimento menos vulneráveis da amostra. No caso das Maldivas, Tonga e o arquipélago da Micronésia, o índice *ND-GAIN* também posiciona estes Estados como bastante vulneráveis ao impacto das Alterações Climáticas (consultar Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade, na Tabela IX, anexo III).

Resumindo, a partir da análise dos resultados dos testes de correlação e do estudo da dispersão das classificações é possível identificar uma clara divergência entre o índice

EVI e os índices *ND-GAIN*, *INFORM* e *WRI*. Em primeiro lugar, observam-se baixos coeficientes de correlação entre o índice *EVI* e os restantes índices de vulnerabilidade, em comparação com os coeficientes de correlação elevadas entre os outros três índices. No que concerne à análise de dispersão das classificações, nos casos em que existe um grande desvio padrão entre os *rankings* de vulnerabilidade, este deve-se, na maioria dos casos, ao facto das classificações atribuídas pelo índice *EVI* serem muito discrepantes em relação às posições atribuídas pelos restantes índices, nomeadamente, em relação aos *rankings* dos índices *INFORM* e *WRI*.

Considera-se, assim, que a divergência de resultados entre os índices resulta, essencialmente, do facto da composição da componente de vulnerabilidade de cada índice ser constituída por indicadores distintos, o que determina que existem fatores diferentes a nivelar e ponderar o nível de vulnerabilidade de um país às alterações climáticas. Analisando o caso dos Camarões e da Colômbia, os índices *INFORM* e *WRI* classificam estes países como muito vulneráveis enquanto o índice *EVI* não atribui a mesma gravidade, apesar de serem países extremamente desiguais do ponto de vista social e económico (World Bank, 2023), lidarem com graves e complexas crises migratórias⁵ e sofrerem com conflitos armados (UNHCR, 2023; Human Rights Watch, 2023). Numa outra perspetiva, o índice *EVI* posiciona como muito vulneráveis os arquipélagos de São Cristóvão e Nevis e das Maldivas, duas economias altamente dependentes do turismo (World Bank, 2023; UN-OCHA, 2022), assim como o Turquemenistão, uma economia especializada em recursos naturais - como o gás natural e petróleo – que depende significativamente da sua exportação (World Bank, 2023). No entanto, os índices *ND-GAIN*, *INFORM* e *WRI* indicam uma vulnerabilidade baixa ou muito baixa para estes três países. Percebe-se, portanto, que ao contrário dos índices *ND-GAIN*, *INFORM* e *WRI*, o índice *EVI* não avalia a vulnerabilidade resultante de fatores endógenos não estruturais, como o impacto de políticas públicas, a inovação, as restrições à ajuda financeira internacional, a instabilidade social ou crises de saúde pública. No caso do índice *EVI*, este considera apenas os fatores que determinam a vulnerabilidade estrutural de um país

⁵ No caso da Colômbia, com milhões de refugiados venezuelanos a entrar no país assim como, desde 1985, a violência associada a conflitos armados deslocou quase 8,4 milhões de colombianos (Human Rights Watch, 2023). No caso dos Camarões um deslocamento de mais de 1 milhão de pessoas internamente e acolhendo cerca de 470.000 refugiados devido aos ataques do Boko Haram no Extremo Norte e uma insurgência secessionista nas regiões anglófonas (UNHCR, 2023).

a choques exógenos, quer sejam de cariz económico ou ambiental (CDP & UN DESA, 2021). Por outro lado, os índices *ND-GAIN*, *INFORM* e *WRI* incorporam também um conjunto de fatores baseados num amplo conjunto de aspetos económicos, políticos e sociais que determinam a vulnerabilidade de um país, tornando impossível distinguir entre preocupações de vulnerabilidade estrutural e variáveis relacionadas com a política atual (Che net al, 2023; World Risk Report, 2022; UN-OHRLLS, 2021; Marin-Ferrer et al., 2017).

6. CONCLUSÃO

É cada vez mais reconhecida a necessidade de uma resposta global coesa e transparente ao problema das alterações climáticas, que fortaleça as medidas aplicadas até à data. A progressiva acumulação de gases com efeito de estufa na atmosfera e os crescentes custos associados ao aquecimento global e a outros fenómenos climáticos extremos exigem que qualquer estratégia de mitigação ou adaptação às alterações climáticas deva incluir instrumentos de política económica capazes de mudar os padrões de desenvolvimento industrial, a distribuição dos rendimentos e a utilização de energia a longo prazo. Exigem ainda que se tenha em conta todas as ligações entre a incerteza científica, as relações políticas internacionais e a tomada de decisões económicas (Harris et al, 2017; Brown, 1998). Para uma aplicação objetiva de instrumentos de financiamento climático, por exemplo, é necessário compreender as relações entre os fatores - que são dinâmicos e mudam constantemente ao longo do tempo - responsáveis pelo grau de vulnerabilidade de um país, região ou comunidade aos impactos provenientes das mudanças do clima (Miola & Simonet, 2014). Assim, a política climática internacional e as decisões de ajuda económica baseiam-se cada vez mais em informações fornecidas por índices multidimensionais à escala global, que permitem a comparação e a classificação entre os vários países do mundo (Garschagen et al., 2021). No entanto, diversos autores identificaram uma lacuna do ponto de vista teórico, bem como prático e político (Angeon & Bates, 2014; Birkmann et al., 2022; Edmonds et al., 2020; Garschagen et al., 2021; Malone & Engle, 2011; Miola & Simonet, 2014; Roukounis & Tsihrintzis, 2022; UN-OHRLLS, 2021), relacionada com a inconsistência entre os resultados da avaliação de vários índices, o que levanta dúvidas relativamente à sua aplicabilidade na determinação

da atribuição de prioridade ao financiamento de países de alto risco ou mais vulneráveis (Garschagen et al., 2021; Brown, 1998).

Assim, este trabalho contribuiu para clarificar de que forma os principais índices de vulnerabilidade reconhecidos pela comunidade científica e internacional diferem em termos de resultados. Permitiu, ainda, identificar que componentes dos índices climáticos influenciam essa dispersão das classificações de vulnerabilidade dos países da amostra. Relativamente à questão de investigação “*Em que medida os índices multidimensionais associados às alterações climáticas são consistentes entre si na classificação de vulnerabilidade dos países em desenvolvimento?*”, os resultados da análise estatística mostram que os quatro índices de vulnerabilidade são relativamente consistentes no que toca à sua relação linear. No entanto, a intensidade das correlações varia consideravelmente entre os pares de índices, o que sugere que cada índice poderá enfatizar certos aspetos da vulnerabilidade mais acentuadamente do que outros. Assim, pode observar-se que a análise bivariada entre os índices *INFORM* e *WRI*, assim como a relação das distribuições dos índices *ND-GAIN* e *INFORM*, apresentam correlações fortes entre si, demonstrando que, nestes pares, as distribuições das pontuações de vulnerabilidade têm um comportamento mais idêntico comparativamente ao índice *EVI*. No mesmo sentido, a análise de dispersão confirma a inexistência de um consenso sobre a classificação dos países em desenvolvimento mais vulneráveis às alterações climáticas. Os casos mais notórios, em que o desvio padrão é elevado, reforçam que a escolha do índice pode ter um impacto significativo nas classificações de vulnerabilidade. Essas diferenças podem ser atribuídas às metodologias distintas adotadas por cada índice e à diferente ênfase dada a determinados indicadores. Como se verificou, a escolha dos indicadores que constituem cada índice, por parte de cada instituição, contribui para a divergência entre as classificações de vulnerabilidade dos países da amostra. Enquanto uns índices consideram a distinção entre os fatores estruturais e não estruturais que contribuem para o aumento da vulnerabilidade associada às alterações climáticas, outros índices incluem, sem distinção, fatores exógenos e endógenos (UN-OHRLLS, 2021). Outro aspeto que se destaca é o facto da componente representativa da vulnerabilidade em cada um dos índices climáticos apresentar uma definição distinta, por ser composta por diferentes variáveis (UN-OHRLLS, 2021).

Concluindo, através da análise dos índices de vulnerabilidade associados às alterações climáticas, pode considerar-se que existem relações significativas entre os mesmos, corroborando que são instrumentos relevantes para avaliar e monitorizar a vulnerabilidade de países em desenvolvimento. Contudo, devido à enorme diversidade nas componentes de vulnerabilidade de cada índice, é fundamental considerar as suas limitações. Infere-se, assim, que o método mais transparente e ético para analisar a vulnerabilidade de um país, região ou grupo de pessoas implica atentar, num primeiro momento, na definição dos objetivos, contexto e parâmetros de vulnerabilidade a analisar, garantindo um bom conhecimento dos seus fundamentos conceptuais e metodológicos e, num segundo momento, selecionar o índice que mais se adequa aos objetivos traçados.

Em relação às limitações da presente investigação, pode destacar-se a indisponibilidade de dados para todos aos países em desenvolvimento da *ONU* e para um período mais alargado, o que permitiria aprofundar a investigação, produzindo resultados mais representativos e com uma perspetiva de longo prazo sobre a evolução da vulnerabilidade. Por outro lado, devido aos critérios de seleção e disponibilidade de dados, apenas são analisados quatro índices multidimensionais. No entanto, existem outros índices de vulnerabilidade na literatura científica e utilizados por instituições internacionais.

Para terminar, sugere-se como investigação futura o desenvolvimento de um índice que, além de incorporar as dimensões que se sobrepõem entre os diferentes índices, considere também fatores estruturais e não estruturais que se destaquem na ponderação de índices menos consensuais. Assim, seria possível superar a falta de consenso e oferecer uma visão mais completa da vulnerabilidade associada às alterações climáticas. As características dos índices com correlações mais altas entre as suas dimensões internas podem ser combinadas para criar uma medida mais abrangente e holística da vulnerabilidade. Além disso, é fundamental considerar as particularidades regionais e os contextos de cada país, complementando o estudo da vulnerabilidade com análises qualitativas e estudos de caso. Isso permitirá tomar decisões mais informadas e efetivas para enfrentar os desafios impostos pelas alterações climáticas em diferentes regiões do mundo. A colaboração entre especialistas, organizações internacionais e governos é essencial para promover um índice robusto e eficiente, capaz de guiar as estratégias para responder à crise climática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AghaKouchak, A., Chiang, F., Huning, L. S., Love, C. A., Mallakpour, I., Mazdidasni, O., Moftakhari, H., Papalexiou, S. M., Ragno, E., & Sadegh, M. (2020). Climate Extremes and Compound Hazards in a Warming World. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 48(1), 519–548. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055228>

Ahsan, Md. N., & Warner, J. (2014). The socioeconomic vulnerability index: A pragmatic approach for assessing climate change led risks—A case study in the south-western coastal Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 8, 32–49. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2013.12.009>

Angeon, V., & Bates, S. (2014). Reviewing Composite Vulnerability and Resilience Indexes: A Sustainable Approach and Application (SSRN Scholarly Paper 2437980). <https://doi.org/10.2139/ssrn.2437980>

Arent, D. J., Tol, R. S., Faust, E., Hella, J. P., Kumar, S., Strzepek, K. M., ... & Ngeh, J. (2015). Key economic sectors and services. *Climate change 2014 impacts, adaptation and vulnerability: Part a: Global and sectoral aspects*, 659-708.

AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability—IPCC. (2014). Obtido 11 de janeiro de 2023, de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

Assa, J., & Meddeb, R. (2021). Towards a Multidimensional Vulnerability Index. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17634.45763>

Baarsch, F., Granadillos, J. R., Hare, W., Knaus, M., Krapp, M., Schaeffer, M., & Lotze-Campen, H. (2020). The impact of climate change on incomes and convergence in Africa. *World Development*, 126, 104699. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104699>

Baloch, M. A., Danish, Khan, S. U.-D., & Ulucak, Z. Ş. (2020). Poverty and vulnerability of environmental degradation in Sub-Saharan African countries: What causes what? *Structural Change and Economic Dynamics*, 54, 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.04.007>

Beckerman, W. (1992) Economic Growth and the Environment Whose Growth Whose Environment *World Development*, 20, 481-496. - References—Scientific Research Publishing. [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1901312](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1901312)

Below, T., Mutabazi, K., Kirschke, D., Franke, C., Sieber, S., Siebert, R., & Tscherning, K. (2012). Can farmers' adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? *Global Environmental Change*, 22, 223–235. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.11.012>

Birkmann, J., Jamshed, A., McMillan, J. M., Feldmeyer, D., Totin, E., Solecki, W., Ibrahim, Z. Z., Roberts, D., Kerr, R. B., Poertner, H.-O., Pelling, M., Djalante, R., Garschagen, M., Leal Filho, W., Guha-Sapir, D., & Alegría, A. (2022). Understanding

human vulnerability to climate change: A global perspective on index validation for adaptation planning. *Science of The Total Environment*, 803, 150065. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150065>

Blasiak, R., Spijkers, J., Tokunaga, K., Pittman, J., Yagi, N., & Österblom, H. (2017). Climate change and marine fisheries: Least developed countries top global index of vulnerability. *PLoS ONE*, 12(6), e0179632. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179632>

Brien, K., Eriksen, S., Schjolden, A., Nygaard, L., O'Brien, K., & Alfsen, K. (2004). What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research. *Climate Policy*, 7.

Brooks, N. (2003). *Vulnerability, Risk and Adaptation: A Conceptual Framework*. Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper No, 38.

Brown, W. G. (1998). *Argument in the Greenhouse: The International Economics of Controlling Global Warming*. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 40(7), 23–23. <https://doi.org/10.1080/00139157.1999.10544287>

Castells-Quintana, D., Lopez-Uribe, M. del P., & McDermott, T. K. J. (2018). Adaptation to climate change: A review through a development economics lens. *World Development*, 104(C), 183–196.

CDP, & UN DESA. (2021). *Handbook on the Least Developed Country Category: Inclusion, Graduation and Special Support Measures*, 4th ed. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/en/desa/handbook-least-developed-country-category-inclusion-graduation-and-special-support-measures-4th>

Chen, C., Noble, I., Hellmann, J., Coffee, J., Murillo, M., & Chawla, N. (2023). *University of Notre Dame Global Adaptation Initiative: Country Index Technical Report*. University of Notre Dame Global Adaptation Initiative.

Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (1992). Artigo 1. Nações Unidas. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>

Debortoli, N. S., Clark, D. G., Ford, J. D., Sayles, J. S., & Diaconescu, E. P. (2019). An integrative climate change vulnerability index for Arctic aviation and marine transportation. *Nature Communications*, 10(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10347-1>

Edmonds, H. K., Lovell, J. E., & Lovell, C. A. K. (2020). A new composite climate change vulnerability index. *Ecological Indicators*, 117, 106529. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106529>

Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., & Mach, K. J. (2014). *AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability — IPCC*. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

Garschagen, M., Doshi, D., Reith, J., & Hagenlocher, M. (2021). Global patterns of disaster and climate risk—An analysis of the consistency of leading index-based assessments and their results. *Climatic Change*, 169(1), 11. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03209-7>

Gumel, D. Y. (2022). Assessing Climate Change Vulnerability: A Conceptual and Theoretical Review (SSRN Scholarly Paper 4043765). <https://papers.ssrn.com/abstract=4043765>

Hallegatte, S., Vogt-Schilb, A., Bangalore, M., & Rozenberg, J. (2016). *Unbreakable: Building the Resilience of the Poor in the Face of Natural Disasters*. World Bank Publications.

Harris, J., Roach, B., & Codur, A.-M. (2007). *The Economics of Global Climate Change*. 70.

Hinkel, J. (2011). «Indicators of vulnerability and adaptive capacity»: Towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change*, 21, 198–208. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>

Human Rights Watch. (2023, January 20). *World Report 2023: Rights trends in Colombia*. Retrieved September 4, 2023, from <https://www.hrw.org/world-report/2023/country-chapters/colombia>

Keen, S. (2022). The appallingly bad neoclassical economics of climate change. In *Economics and Climate Emergency* (pp. 79-107). Routledge.

Kocharekar, R. (2023). The response of the international economic architecture to climate change. Royal Institute of International Affairs. <https://doi.org/10.55317/9781784135447>

Laitonjam, N. (2018). Vulnerability to Climate Change: Review of Conceptual Framework. *ECONOMIC AFFAIRS*, 63. <https://doi.org/10.30954/0424-2513.2.2018.25>

Luers, A. L. (2005). The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change*, 15(3), 214–223. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.04.003>

Malone, E. L., & Engle, N. L. (2011). Evaluating regional vulnerability to climate change: Purposes and methods—Malone—2011—WIREs Climate Change—Wiley Online Library. <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcc.116>

Marin-Ferrer, Vernaccini, & Poljansek. (2017). *INFORM > INFORM Risk > Methodology*. <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index/INFORM-Risk/Methodology>

Mastrandrea, M. D., Heller, N. E., Root, T. L., & Schneider, S. H. (2010). Bridging the gap: Linking climate-impacts research with adaptation planning and management. *Climatic Change*, 100(1), 87–101. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9827-4>

- McIntosh, R., & Becker, A. (2019). Expert evaluation of open-data indicators of seaport vulnerability to climate and extreme weather impacts for U.S. North Atlantic ports. *Marine Affairs Faculty Publications*. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104911>
- McMichael, C., Barnett, J., & McMichael, A. J. (2012). An Ill Wind? Climate Change, Migration, and Health. *Environmental Health Perspectives*, 120(5), 646–654. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104375>
- Mendoza, M. E., Naret, H., Ballaran Jr, V., & Arias, J. K. (2014). Assessing vulnerability to climate change impacts in Cambodia, the Philippines and Vietnam: An analysis at the commune and household level. *Journal of Environmental Science and Management*, 17(2).
- Michonski, K., & Levi, M. A. (2010). Harnessing International Institutions to Address Climate Change. Council on Foreign Relations. <https://www.jstor.org/stable/resrep00271>
- Miola, A., & Simonet, C. (2014). Concepts and metrics for climate change risk and development: Towards an index for climate resilient development. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/44142>
- Nelson, D., Adger, W., & Brown, K. (2007). Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework. *Annual Review of Environment and Resources*, 32. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.051807.090348>
- Nguyen, T. T. X., Bonetti, J., Rogers, K., & Woodroffe, C. D. (2016). Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. *Ocean & Coastal Management*, 123, 18–43. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.022>
- Notre Dame Global Adaptation Initiative. (2023). Country Index // Notre Dame Global Adaptation Initiative // University of Notre Dame. Notre Dame Global Adaptation Initiative. Obtido 5 de janeiro de 2023, de <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/>
- OCHA (2022, July 13). Saint Kitts & Nevis: Country Profile. Retrieved September 4, 2023, from <https://reliefweb.int/report/saint-kitts-and-nevis/saint-kitts-nevis-country-profile-may-2022>
- OCHA (2023, August 1). Afghanistan: The alarming effects of climate change. Retrieved September 4, 2023, from <https://www.unocha.org/news/afghanistan-alarming-effects-climate-change>
- Organization (WMO), W. M., & World Meteorological Organization (WMO). (2022). State of the Global Climate 2021 (WMO-No. 1290). WMO.
- Paavola, J. (2008). Livelihoods, vulnerability and adaptation to climate change in Morogoro, Tanzania. *Environmental Science & Policy*, 11(7), 642–654. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.06.002>

Roukounis, C. N., & Tsihrintzis, V. A. (2022). Indices of Coastal Vulnerability to Climate Change: A Review. *Environmental Processes*, 9(2), 29. <https://doi.org/10.1007/s40710-022-00577-9>

Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). Economic, social and governance adaptation readiness for mitigation of climate change vulnerability: Evidence from 192 countries. *Science of The Total Environment*, 656, 150–164. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.349>

Sheehan, T., Min, E., & Hess, J. (2023). A Comparison of Hazard Vulnerability Indexes for Washington State. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*. <https://doi.org/10.1515/jhsem-2021-0066>

Smith, J. B., Schellnhuber, H. J., & Mirza, M. M. Q. (2001). Vulnerability to Climate Change and Reasons for Concern: A Synthesis — IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg2/chapter-19-vulnerability-to-climate-change-and-reasons-for-concern-a-synthesis/>

Smith, J. W., Anderson, D. H., & Moore, R. L. (2012). Social Capital, Place Meanings, and Perceived Resilience to Climate Change*: Social Capital, Place Meanings, & Perceived Resilience. *Rural Sociology*, 77(3), 380–407. <https://doi.org/10.1111/j.1549-0831.2012.00082.x>

Light, J. G., & Warner, W. J. (1983). *Statistics for Social Scientists*. Obtido 21 de agosto de 2023, de <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/002076408302900313>

Stern, N. (2006). Stern review: The economics of climate change. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20838308>

Tol, R. S. J. (2018). The Economic Impacts of Climate Change. *Review of Environmental Economics and Policy*, 12(1), 4–25. <https://doi.org/10.1093/reep/rex027>

Turrall, H., Burke, J., & Faurès, J. M. (2011). Climate change, water and food security. *Water Reports*, No.36. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133014321>

UNDP (2023). The Climate Dictionary, from <https://www.undp.org/publications/climate-dictionary>

UNHCR. (2021). West and Central Africa. *Global Focus*. Retrieved September 4, 2023, from <https://reporting.unhcr.org/globalreport/west-and-central-africa>

United Nations Development Programme. (2015). Mapping Climate Change Vulnerability. Obtido 5 de janeiro de 2023, de <https://www.undp.org/publications/mapping-climate-change-vulnerability>

UN-OHRLLS. (2021). Report: Multidimensional Vulnerability Index: Potential Development and Uses | Office of the High Representative for the Least Developed Countries, Landlocked Developing Countries and Small Island Developing States. <https://www.un.org/ohrlls/news/report-multidimensional-vulnerability-index>

Volkart, K., Mutel, C. L., & Panos, E. (2018). Integrating life cycle assessment and energy system modelling: Methodology and application to the world energy scenarios. *Sustainable Production and Consumption*, 16, 121–133. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.07.001>

Ward, P., & Shively, G. (2012). Vulnerability, Income Growth and Climate Change. *World Development*, 40(5), 916–927. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.11.015>

WBG & ADB (2021). Climate Risk Country Profile: Afghanistan. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/660566/climate-risk-country-profile-afghanistan.pdf>

WBG & ADB (2021). Climate Risk Country Profile: Cambodia. <https://www.adb.org/publications/climate-risk-country-profile-cambodia>

WBG (2021). Climate Risk Country Profile: Colombia. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2021-07/15520-WB_Colombia%20Country%20Profile-WEB%20%283%29.pdf

WBG & ADB (2021). Climate Risk Country Profile: Maldives. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/672361/climate-risk-country-profile-maldives.pdf>

WBG & ADB (2021). Climate Risk Country Profile: Turkmenistan. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/707601/climate-risk-country-profile-turkmenistan.pdf>

West and Central Africa. (2022). Global Focus. Obtido 21 de agosto de 2023, de <https://reporting.unhcr.org/globalreport/west-and-central-africa>

World Bank Group (2023, September 4). The World Bank in the Caribbean: Overview. Retrieved September 4, 2023, from <https://www.worldbank.org/en/country/caribbean/overview>

World Bank. (2023, September 4). The World Bank in Cameroon: Overview. Retrieved September 4, 2023, <https://www.worldbank.org/en/country/cameroon/overview>

World Health Organization, & Research, A. for H. P. and S. (2017). Primary health care systems (primasys): Case study from Cameroon: abridged version (WHO/HIS/HSR/17.20). World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/341178>

World Risk Report. (2022). WorldRiskReport 2022 - Focus: Digitalization - World | ReliefWeb. <https://reliefweb.int/report/world/worldriskreport-2022-focus-digitalization>

ANEXOS

Anexo I – Mapeamento de índices associados às alterações climáticas

Tabela III - Levantamento índices de vulnerabilidade associados às alterações climáticas.

Índice	Fonte
Climate Change Performance Index	<i>Burck, J., Hagen, U., HÄühne, N., Nascimento, L., & Bals, C. (2019). Climate change performance index. Bonn: Germanwatch, NewClimate Institute and Climate Action Network.</i>
Climate vulnerability index	<i>Sullivan, C., & Meigh, J. (2005). Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the climate vulnerability index. Water Science and Technology, 51(5), 69-78.</i>
Climate Vulnerability Monitor	<i>Scantlebury, B., & Ahmed, K. (2022). Climate Vulnerability Monitor: A Planet on Fire Type: eBook Release date: 2 November 2022.</i>
Composite climate change vulnerability index	<i>Edmonds, H. K., Lovell, J. E., & Lovell, C. A. K. (2020). A new composite climate change vulnerability index. Ecological Indicators, 117, 106529.</i>
Composite socio-economic index	<i>Sahana, M., Rehman, S., Paul, A. K., & Sajjad, H. (2021). Assessing socio-economic vulnerability to climate change-induced disasters: evidence from Sundarban Biosphere Reserve, India. Geology, Ecology, and Landscapes, 5(1), 40-52.</i>
Economic and Environmental Vulnerability Index (EVI)	<i>United Nations Committee for Development Policy (UNCDP)</i>
Economic vulnerability index	<i>Briguglio, L., & Galea, W. (2003). Updating and augmenting the economic vulnerability index.</i>
Environmental Performance Index	<i>Yale University (Yale Center for Environmental Law and Policy) and Columbia University (Center for the International Earth Science Information Network) in collaboration with the World Economic Forum and the Joint Research Centre of the European Commission.</i>
Environmental Sustainability Index	<i>Yale Center for Environmental Law and Policy and Center for International Earth Science Information Network (CIESIN). (2001). 2001 Environmental Sustainability Index (ESI): An Initiative of the Global Leaders for Tomorrow Environment Task Force.</i>
Environmental Vulnerability Index	<i>South Pacific Applied Geoscience Commission</i>
Global Climate Risk Index	<i>Eckstein, D., Künzel, V., & Schäfer, L. (2021). The global climate risk index 2021. Bonn: Germanwatch.</i>
Global Risk and Vulnerability Index	<i>Peduzzi, P., Dao, H., & Herold, C. (2002). Global risk and vulnerability index. Trends per Year (GRAVITY). Phase II: Development, analysis and results. United Nations</i>

	<i>Development Programme. Bureau of Crisis Prevention & Recovery (UNDP/BCPR), Geneva.</i>
Hoosier Resilience Index	<i>Environmental Resilience Institute</i>
Index of social vulnerability to climate change for Africa	<i>Vincent, K. (2004). Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa. Tyndall Center for Climate Change Research. Working Paper, 56(41), 1-50.</i>
INFORM Risk Index	<i>Joint Research Centre (JRC) of the European Commission</i>
Livelihood vulnerability index	<i>Shah, K. U., Dulal, H. B., Johnson, C., & Baptiste, A. (2013). Understanding livelihood vulnerability to climate change: Applying the livelihood vulnerability index in Trinidad and Tobago. Geoforum, 47, 125-137.</i>
Livelihood Vulnerability Index (LVI) and the Livelihood Effect Index (LEI).	<i>Khajuria, A., & Ravindranath, N. H. (2012). Climate change vulnerability assessment: Approaches DPSIR framework and vulnerability index. J. Earth Sci. Clim. Chang, 3, 109.</i>
Maplecroft CCVI	<i>Maplecroft</i>
Multidimensional Vulnerability Index	<i>Assa, J., & Meddeb, R. (2021). Towards a multidimensional vulnerability index. United Nations Development Programme. Retrieved April, 14, 2023.</i>
Multidimensional Vulnerability Index	<i>Ram, J., Cotton, J., Frederick, R., & Elliott, W. (2019). Measuring vulnerability: a multidimensional vulnerability index for the Caribbean (No. 2019/01). CDB Working Paper.</i>
ND-GAIN Country Index	<i>Notre Dame Global Adaptation Initiative</i>
Predictive indicators of vulnerability	<i>Adger, W. N., & Agnew, M. (2004). New indicators of vulnerability and adaptive capacity (Vol. 122). Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research.</i>
Resilience Indicators Model (VRIM)	<i>Ibarrarán, M. E., Malone, E. L., & Brenkert, A. L. (2010). Climate change vulnerability and resilience: Current status and trends for Mexico. Environment, Development and Sustainability, 12, 365-388.</i>
Resilient Connecticut CCVI	<i>Connecticut Institute for Resilience and Climate Adaptation</i>
Retrospective Economic Vulnerability Index	<i>Foundation for Studies and Research on International Development (FERDI)</i>
Risk indicators for increasing weather-related disasters, sea-level rise, and loss of agricultural productivity.	<i>Wheeler, D. (2011). Quantifying vulnerability to climate change: implications for adaptation assistance. Center for Global Development Working Paper, (240).</i>

Set of indicators of vulnerability and capacity to adapt to climate variability	<i>Brooks, N., Adger, W. N., & Kelly, P. M. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. Global environmental change, 15(2), 151-163.</i>
Social Vulnerability Index	<i>Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2012). Social vulnerability to environmental hazards. In Hazards vulnerability and environmental justice (pp. 143-160). Routledge.</i>
Socioeconomic vulnerability index	<i>Ahsan, M. N., & Warner, J. (2014). The socioeconomic vulnerability index: A pragmatic approach for assessing climate change led risks—A case study in the south-western coastal Bangladesh. International Journal of Disaster Risk Reduction, 8, 32-49.</i>
Socioeconomic vulnerability indicator framework (SVIF)	<i>Jhan, H. T., Ballinger, R., Jaleel, A., & Ting, K. H. (2020). Development and application of a socioeconomic vulnerability indicator framework (SVIF) for local climate change adaptation in Taiwan. Sustainability, 12(4), 1585.</i>
The Commonwealth Universal Vulnerability Index	<i>Secretariat, C. (2021). The Commonwealth Universal Vulnerability Index For a Global Consensus on the Definition and Measurement of Vulnerability. The Commonwealth Secretariat, London.</i>
The Livelihood Vulnerability Index	<i>Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—A case study in Mozambique. Global environmental change, 19(1), 74-88.</i>
Vulnerability index	<i>Binita, K. C., Shepherd, J. M., & Gaither, C. J. (2015). Climate change vulnerability assessment in Georgia. Applied Geography, 62, 62-74.</i>
Vulnerability Index	<i>Heltberg, R., & Bonch-Osmolovskiy, M. (2011). Mapping vulnerability to climate change. World Bank policy research working paper, (5554).</i>
World Risk Index	<i>Garschagen, M., Hagenlocher, M., Comes, M., Dubbert, M., Sabelfeld, R., Lee, Y. J., ... & Birkmann, J. (2016). World risk report 2016.</i>

Tabela IV. Métodos de Construção e Tratamento de Dados dos índices associados às alterações climáticas.

Índice	Tratamento de dados em falta	Tratamento de <i>Outliers</i>	Tratamento da multicolinearidade	Normalização das Componentes	Ponderação dos indicadores	Método de agregação	Abordagem de validação
Índice de Vulnerabilidade Económica e Ambiental (EVI)	-	Procedimento Min-Max para reduzir o impacto de <i>outliers</i> .	-	Procedimento Máx-Min que assegura que todos os valores dos indicadores variam entre 0 e 100.	Igual ponderação	Média aritmética simples.	-
Índice de Adaptação Global de Notre Dame (ND-GAIN)	1º Interpolação linear. 2º O indicador não é considerado no processo de cálculo da média.	Extração do percentil 10 ou 90 de indicadores fortemente enviesados.	-	Procedimento Min-Max linear [0-1] aplicado a todos os indicadores (ao utilizar limiares).	Igual ponderação	Média aritmética	-
Índice de Risco INFORM	1º Introdução de dados do ano mais recente disponível num período de 5 anos. 2º Introdução de mais do que um indicador para a mesma componente.	1) <i>Box Plot</i> baseado na amplitude interquartil. 2) Processo interativo baseado na assimetria e na curtose.	Análise de correlação	Procedimento Min-Max linear [0-10] aplicado a todos os indicadores.	Igual ponderação	Aplicação de média aritmética e média geométrica.	Análise de sensibilidade
Índice de Risco WRI	Aplicação de um algoritmo que permite estimar eficazmente os valores em falta.	Transformação de Quantis Ordenados, não requerendo qualquer outro pós-tratamento de <i>outliers</i> .	Análise de correlação	Procedimento Máx-Min que assegura que todos os índices variam entre 0 e 100.	Igual ponderação	Média geométrica não ponderada	Análise de sensibilidade

Anexo II – Composição das componentes de vulnerabilidade dos índices.

Tabela V. Composição do EVI – Índice de Vulnerabilidade Económica e Ambiental.

Índice EVI	Dimensões	Indicadores
	Índice de Vulnerabilidade Económica	
		Território Remoto e Território Sem Costa Marítima
		Concentração das exportações de mercadorias
		Instabilidade das exportações de bens e serviços
Índice de Vulnerabilidade Ambiental		Percentagem da população em zonas costeiras pouco elevadas
		Percentagem da população que vive em zonas áridas
		Instabilidade da produção agrícola
		Vítimas de catástrofes

Fonte: CDP & UN DESA, 2021

Tabela VI. Composição da dimensão de vulnerabilidade do Índice ND-GAIN.

Índice ND-GAIN	Setor	Indicadores de vulnerabilidade ND-GAIN		
		Componente de Exposição	Componente de Sensibilidade	Componente Capacidade Adaptativa
Índice ND-GAIN	Alimentação	Evolução prevista dos rendimentos de cereais	Dependência da importação de alimentos	Capacidade agrícola (Fertilizantes, Rega, Pesticidas, Utilização de Tratores)
		Evolução demográfica projetada	População rural	Desnutrição infantil
	Água	Variação prevista do escoamento anual	Taxa de retirada de água doce	Acesso a água potável fiável
		Alteração prevista da recarga anual das águas subterrâneas.	Rácio de dependência hídrica	Capacidade da barragem
	Saúde	Alteração projetada das mortes por doenças induzidas pelas alterações climáticas.	População a viver em subúrbios	Pessoal médico (médicos, enfermeiros e parteiras)
		Alteração prevista da duração da época de transmissão das doenças transmitidas por vetores	Dependência de recursos externos para os serviços de saúde	Acesso a instalações sanitárias melhoradas
	Serviços do Ecosistema	Mudança projetada na distribuição do bioma	Dependência do capital natural	Biomass protegidos
		Alterações previstas da biodiversidade marinha	Pegada ecológica	Participação em convenções ambientais internacionais
	Habitat Humano	Mudança projetada do período quente	Concentração urbana	Qualidade do comércio e das infraestruturas relacionadas com os transportes
		Alteração prevista do risco de inundação	Rácio de dependência em função da idade	Estradas pavimentadas
	Infraestruturas	Alteração prevista da capacidade de produção de energia hidroelétrica	Dependência da energia importada	Acesso à eletricidade
		Projeção dos impactos da subida do nível do mar	População que vive a menos de 5 metros acima do nível do mar	Preparação para catástrofes

Fonte: ND-GAIN Country Index Technical Report, 2015

Tabela VII. Composição da dimensão de vulnerabilidade do Índice INFORM.

	Categorias	Componentes	Indicadores	
Índice INFORM	Aspetos socioeconómicos	Privação de desenvolvimento	Índice de Desenvolvimento Humano	
			Índice de Pobreza Multidimensional	
		Desigualdade	Índice de Desigualdade de Género	
			Coefficiente de Gini do rendimento - Desigualdade no rendimento ou no consumo	
		Dependência da ajuda	Ajuda pública per capita	
			APD líquida recebida (% do RNB)	
			Volume das remessas em percentagem do PIB total (%)	
		Grupos vulneráveis	Pessoas Deslocadas	Refugiados e requerentes de asilo por país de asilo
				Pessoas deslocadas internamente (PDI)
	Refugiados repatriados			
	Outros grupos vulneráveis		Prevalência de VIH-SIDA (> 15 anos)	
			Prevalência de tuberculose	
			Taxa de mortalidade por malária	
			Crianças com Peso Inferior	
			Mortalidade Infantil	
			Número relativo de população afetada por catástrofes naturais nos últimos 3 anos	
			Prevalência de subnutrição	
			Adequação média do fornecimento de energia alimentar	
			Índice de Preços dos Alimentos Domésticos	
Índice de Volatilidade dos Preços dos Alimentos Domésticos				

Fonte: Marin-Ferrer et al., 2017

Tabela VIII. Composição da dimensão de vulnerabilidade do Índice WRI.

	Dimensões	Categorias	Indicadores
Índice WRI	Suscetibilidade	Desenvolvimento Socioeconómico	Perspetivas de uma vida saudável
			Perspetivas da educação e da formação
			Perspetivas de altos padrões de vida
			Perspetivas de autossuficiência
		Privação socioeconómica	Falta de acesso à infraestrutura civil
			Falta de acesso a infraestruturas energéticas
			Falta de acesso às tecnologias de comunicação
			Falta de segurança alimentar
		Disparidades sociais	Disparidades económicas
			Disparidades demográficas
			Disparidades de Género
		Populações vulneráveis devido à violência, conflitos e desastres	Refugiados, requerentes de asilo, refugiados retornados e outros deslocados
			Pessoas deslocadas internamente devido a catástrofes naturais
			Pessoas deslocadas internamente devido à violência e ao conflito
	Populações vulneráveis devido a doenças e epidemias		
	Falta de capacidade de reação	Choques societais recentes	Choques societais recentes devido a catástrofes naturais
			Choques sociais recentes devido à violência e aos conflitos
		Estado E Governo	Princípios democráticos
			Responsabilidades Governamentais
		Capacidades em matéria de cuidados de saúde	Capacidade de Pessoal
			Capacidades estruturais
	Grupos vulneráveis		
	Falta de capacidades adaptativas	Investigação e Educação	Dimensão da educação
Dimensão da Investigação			
Efeitos a longo prazo na saúde e na privação		Efeitos privados a longo prazo	
		Efeitos a longo prazo na saúde	
Capacidade de Investimento			

Fonte: World Risk Report, 2022.

Anexo III – Análise de Resultados

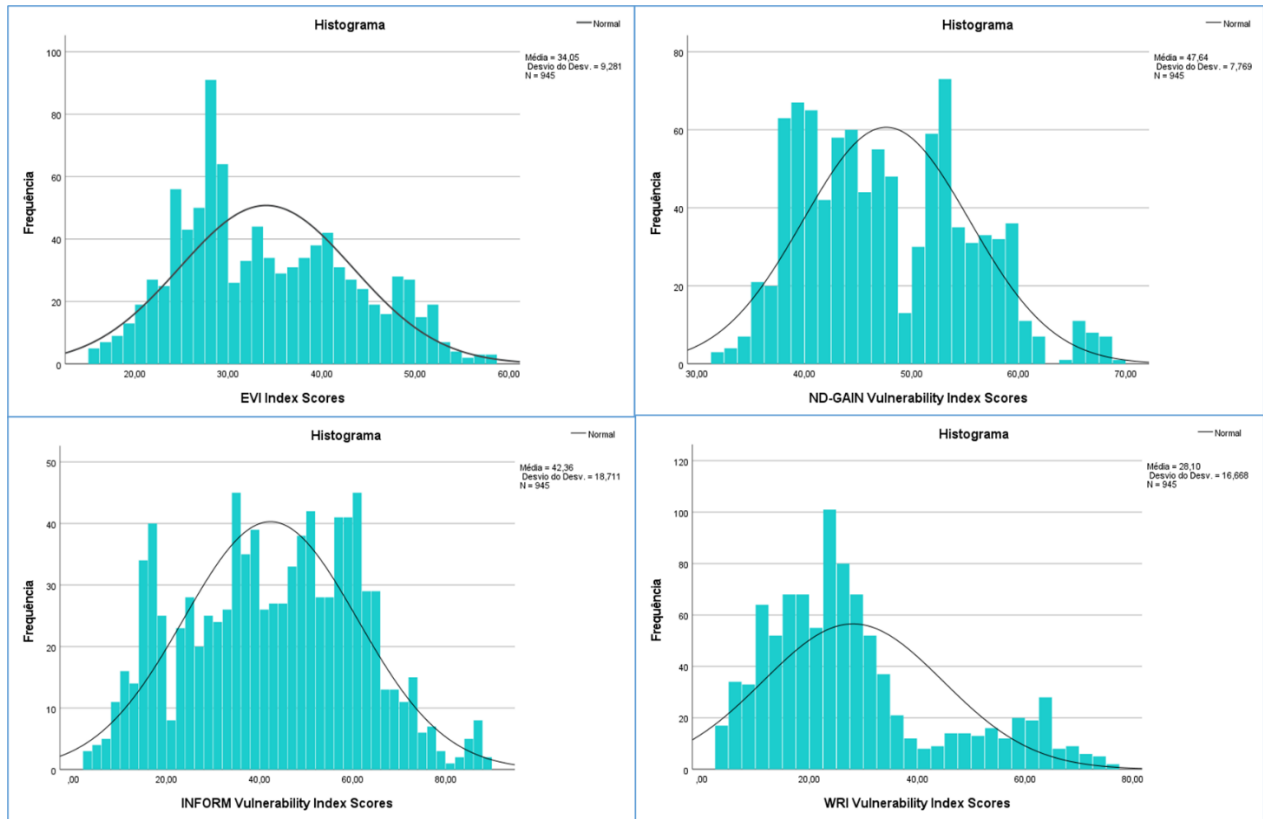
Tabela IX. Base de Dados utilizada no presente Trabalho Final de Mestrado.

Base de Dados “Estatísticas índices de vulnerabilidade”.
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1KzkGEi0NSLGpjtSNai7I_bXOeZ-LRD6f/edit?usp=sharing&oid=105078304306562129146&rtpof=true&sd=true

Tabela X. Estatísticas descritivas das variáveis “Índice *EVI*”, “Índice *ND-GAIN*”, Índice *INFORM*” e “Índice *WRI*”.

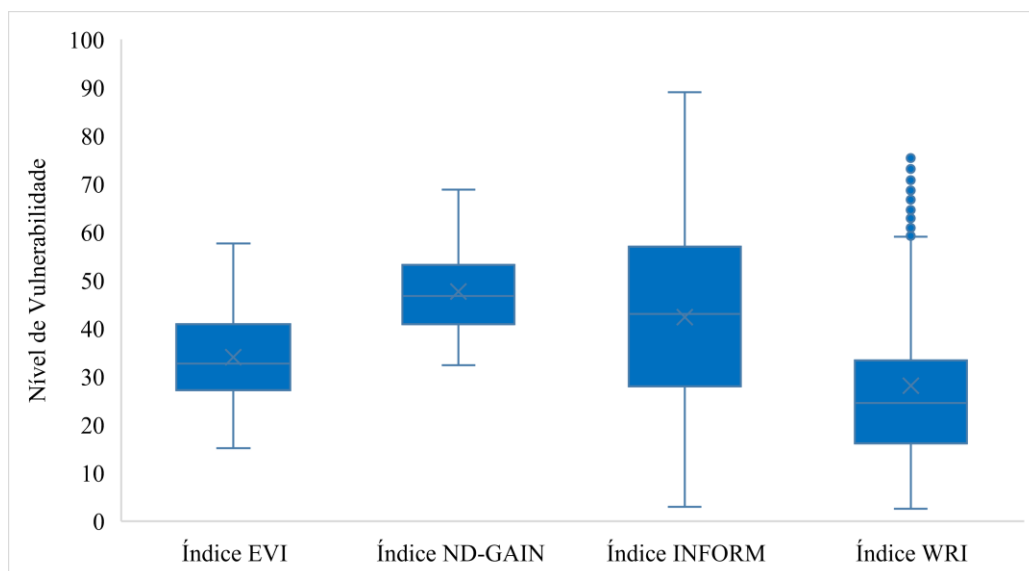
Descritivas		Índice <i>EVI</i>		Índice <i>ND-GAIN</i>		Índice <i>INFORM</i>		Índice <i>WRI</i>	
		Estatística	Estatística do teste Padrão	Estatística	Estatística do teste Padrão	Estatística	Estatística do teste Padrão	Estatística	Estatística do teste Padrão
Média		34,0508	0,30192	47,642	0,25273	42,3619	0,60866	28,1016	0,54221
95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	33,4583		47,1461		41,1674		27,0375	
	Limite superior	34,6433		48,138		43,5564		29,1656	
5% da média aparada		33,8627		47,3887		42,2034		27,1576	
Mediana		32,68		46,72		43		24,51	
Variância		86,143		60,36		350,091		277,819	
Erro Padrão		9,28132		7,76918		18,71073		16,6679	
Mínimo		15,14		32,37		3		2,6	
Máximo		57,62		68,8		89		76,22	
Amplitude		42,48		36,43		86		73,62	
Amplitude interquartil		13,74		12,33		29		17,17	
Assimetria		0,369	0,08	0,398	0,08	-0,003	0,08	0,978	0,08
Curtose		-0,732	0,159	-0,576	0,159	-0,741	0,159	0,19	0,159

Fonte: Base de Dados / Estatísticas Índices de Vulnerabilidade



Fonte: Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade.

Figura 7 - Distribuição de frequências das variáveis “Índice *EVI*”, “Índice *ND-GAIN*”, “Índice *INFORM*” e “Índice *WRI*”.



Fonte: Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade.

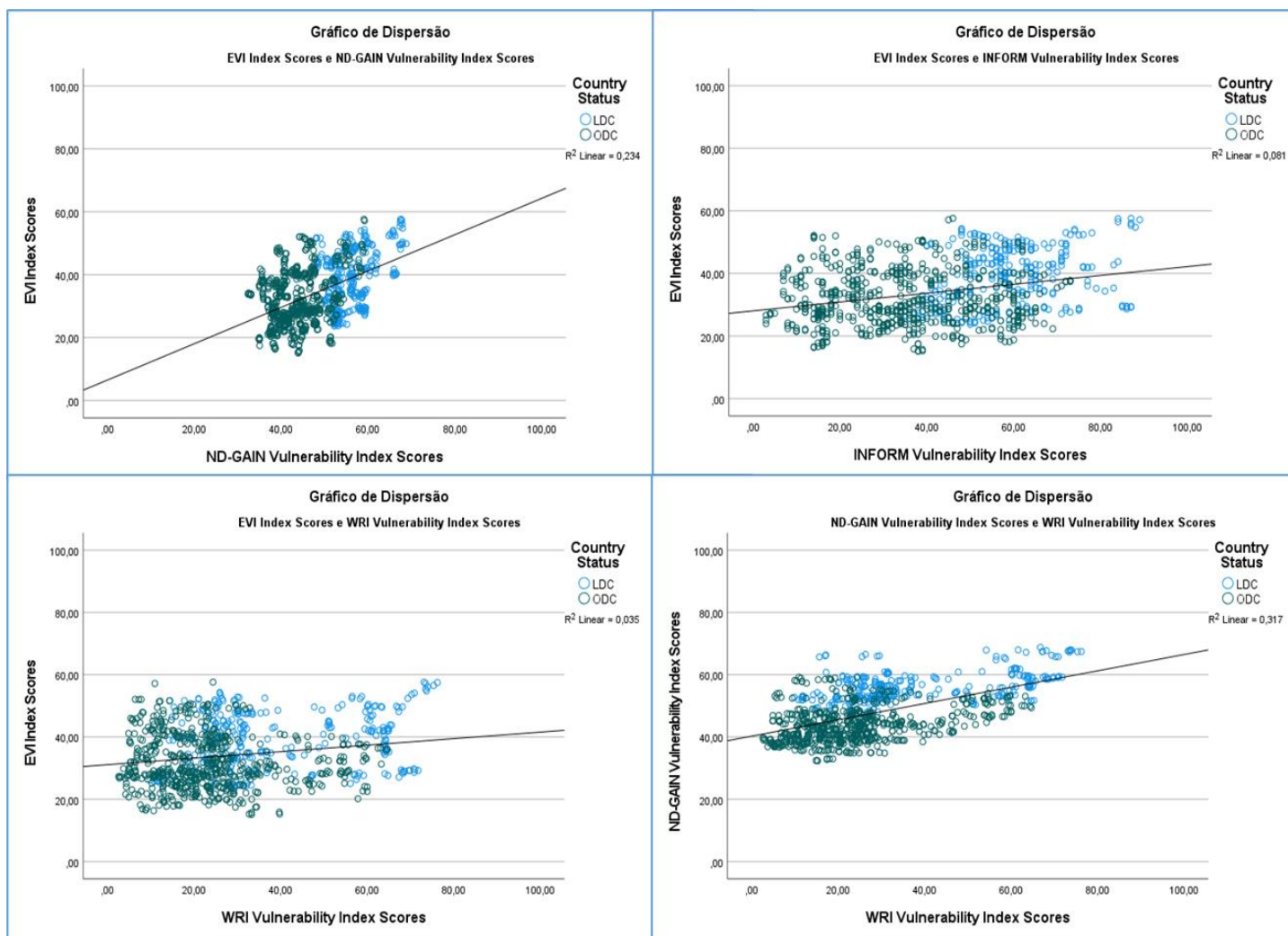
Figura 8 - Variação dos dados observados das variáveis “Índice *EVI*”, “Índice *ND-GAIN*”, “Índice *INFORM*” e “Índice *WRI*”.

Tabela XI. Teste de Normalidade *Kolmogorov-Smirnov*

Teste de Normalidade			
	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>		
	Estatística	gl	Sig.
Índice EVI	,105	945	<,001
Índice ND-GAIN	,070	945	<,001
Índice INFORM	,055	945	<,001
Índice WRI	,138	945	<,001

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Fonte: Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade.



Fonte: Base de Dados | Estatísticas Índices de Vulnerabilidade.

Figura 9 - Gráficos de Dispersão entre os índices de vulnerabilidade