



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO

MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA A DECISÃO ECONÓMICA E EMPRESARIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO, QUALIDADE AMBIENTAL E
INDICADORES SOCIAIS: UMA ANÁLISE DE *CLUSTERS CROSS-
COUNTRY*

CAROLINA DE CASTRO SARAIVA

ORIENTAÇÃO:
PROFESSOR DOUTOR JORGE CAIADO

DOCUMENTO ESPECIALMENTE ELABORADO PARA A OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE

SETEMBRO - 2024

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

ACP – Análise de Componentes Principais.

CAK – Curva Ambiental de Kuznets.

CP – Componente Principal.

GEE – Gases com Efeito de Estufa.

IDE – Investimento Direto Estrangeiro.

IPA – Índice de *Performance* Ambiental.

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

ONU – Organização das Nações Unidas.

PIB – Produto Interno Bruto.

UE – União Europeia.

RESUMO, PALAVRAS-CHAVE E CÓDIGOS JEL

RESUMO: Este estudo analisa a relação entre o desenvolvimento económico, a qualidade ambiental e indicadores sociais através da aplicação da análise de *clusters*. Ao utilizar diversas variáveis, incluindo económicas (PIB, inflação, desemprego, IDE), sociais (taxa mortalidade, esperança de vida à nascença, despesa em educação, acesso à eletricidade, índice de democracia) e indicadores ambientais (danos de CO₂, emissões GHG, qualidade do ar, falta de capacidade para lidar com desastres, eletricidade proveniente de combustíveis fósseis e de energia solar, IPA) são analisados dados globais que permitem a identificação de padrões e agrupamentos. A utilização da metodologia, não hierárquica, *k-means*, para a criação dos *clusters*, identifica grupos de países que destacam disparidades significativas na performance económica, nas condições sociais e na realidade ambiental entre diferentes regiões. A Análise de Componentes Principais permite perceber quais os principais fatores de desenvolvimento e bem-estar, evidenciando como um desenvolvimento económico superior se correlaciona com melhores indicadores sociais e melhor *performance* ambiental. Os resultados demonstram que enquanto nações de rendimentos mais elevados apresentam uma realidade ambiental e indicadores sociais melhores, as economias emergentes e de rendimentos baixos enfrentam maiores desafios. Este trabalho destaca a importância de considerar indicadores multidimensionais para uma análise global de desenvolvimento e permite uma perceção sobre os diferentes níveis de resiliência económica e ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento Económico; Qualidade Ambiental; Indicadores Sociais; Análise de *Clusters*; Desenvolvimento Global; Análise de Componentes Principais.

JEL CODES: C38; F63; O44; Q56.

ABSTRACT: This paper explores the relationships between economic development, environmental quality, and social indicators by employing a clustering analysis methodology. Utilizing a diverse set of variables, including economic (GDP, inflation, unemployment, FDI), social (mortality rate, life expectancy at birth, education expenditure, access to electricity, democracy index), and environmental indicators (CO₂ damage, greenhouse gas emissions, air quality, lack of coping capacity, electricity from fossil fuels and solar energy and EPI), the study analyzes global data to reveal distinct patterns and groupings. The non-hierarchical k-means clustering approach identifies key clusters that highlight significant disparities in economic performance, social conditions, and environmental outcomes across different regions. Principal component analysis further elucidates the principal drivers of development and well-being, showing how higher economic development correlates with better social indicators and environmental performance. The findings reveal that while high-income countries generally exhibit better environmental outcomes and social indicators, emerging and low-income economies face greater challenges. The study underscores the importance of considering multidimensional indicators when evaluating global development and provides insights into the varying degrees of environmental and economic resilience across nations.

KEYWORDS: Economic Development; Environmental Quality; Social Indicators; Cluster Analysis; Global Development; Principal Component Analysis.

JEL CODES: C38; F63; O44; Q56.

ÍNDICE

Lista de Siglas e Acrónimos	i
Resumo, Palavras-Chave e Códigos JEL	ii
Índice	iv
Índice de figuras	v
Agradecimentos	vi
1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	3
2.1. Análise de Componentes Principais	4
2.2. Análise de Clusters	6
3. Análise de Dados	8
3.1 Dados	8
3.2 Estatística Descritiva	11
4. Estudo empírico	16
4.1 Metodologia	16
4.2 Resultados	17
4.2.1 Dimensão Económica	17
4.2.2 Dimensão Social	20
4.2.3 Dimensão Ambiental	24
4.2.4 Indicadores de Desenvolvimento Global	28
4.3 Discussão	36
5. Conclusão	38
Bibliografia	40
Anexos	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Descrição dos indicadores de desenvolvimento mundial	10
Figura 2 - Estatísticas numéricas para os indicadores de desenvolvimento mundial	12
Figura 3 - Estatísticas categóricas associadas aos países	13
Figura 4 - Distribuição dos países por continente	13
Figura 5 - Distribuição dos países por região	14
Figura 6 - Distribuição dos países por situação económica.....	14
Figura 7 - Correlações estatisticamente significativas de Pearson (valor-p <0,05)..	16
Figura 8 - Composição dos <i>clusters</i> económicos	19
Figura 9 - Estatísticas dos <i>clusters</i> para indicadores económicos	20
Figura 10 - Composição dos <i>clusters</i> sociais.....	23
Figura 11 - Estatísticas dos <i>clusters</i> para indicadores sociais	24
Figura 12 - Composição dos <i>clusters</i> económicos	27
Figura 13 - Estatísticas dos <i>clusters</i> para indicadores ambientais.....	28
Figura 14 - <i>Loadings</i> da ACP (<i>heatmap</i> dos indicadores de desenvolvimento global)	31
Figura 15 - Composição dos <i>clusters</i> globais.....	33
Figura 16 - Estatísticas dos <i>clusters</i> para os indicadores de desenvolvimento global	34
Figura 17 - Projeção dos <i>clusters</i> ao nível da CP1 e CP2	35

AGRADECIMENTOS

Finalizada esta importante e exigente etapa da minha vida, começo por expressar o meu mais sincero agradecimento à minha família, em especial aos meus pais, por me encorajarem a seguir os meus sonhos e apoiarem as minhas decisões. Sem todo o seu amor e carinho esta fase teria sido muito mais difícil.

Agradeço, também, ao meu namorado, André, por toda a paciência que teve para ouvir as minhas angústias e por todo o apoio que me deu.

À Xin, minha parceira neste mestrado, desde o início. A caminhada ao seu lado foi mais bonita.

E, como não poderia deixar de ser, ao meu orientador, o Professor Doutor Jorge Caiado. A sua orientação, disponibilidade e incentivo para fazer mais foram cruciais para a realização e conclusão desta tese.

1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, o crescimento individual de cada país foi medido recorrendo a variáveis como o PIB ou o PIB *per capita*. No entanto, esta abordagem denota uma importante falha (Kumari et al., 2023). A utilização exclusiva destes indicadores implica que as vertentes social e ambiental sejam descuradas da análise e embora a utilização do PIB permita analisar o crescimento económico a qualidade do mesmo é desconsiderada.

Recentemente, a adoção, por parte da ONU, dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), gerou uma consciência generalizada de que a qualidade do crescimento económico deve ser preferida à quantidade do mesmo (Jain & Mohapatra, 2023).

Assim, um desenvolvimento saudável e geral da sociedade, i.e. o desenvolvimento de várias dimensões como a económica, a social e a ambiental, é preferível ao desenvolvimento económico, exclusivo. É no âmbito desta crença que surge o presente estudo.

De facto, a relação existente entre as três dimensões mencionadas constitui, atualmente, uma importante área de estudo socioeconómico e ambiental, que tenta averiguar de que forma os fatores, de cada dimensão, interagem entre si. Este conhecimento é benéfico para o desenvolvimento sustentável e para a criação de políticas. À medida que os desafios ambientais e climáticos e as desigualdades sociais são uma realidade cada vez mais constante, é indispensável perceber de que forma os países lidam com estes problemas.

Apesar da recente consciência global para um crescimento/desenvolvimento sustentável, o tema não é novidade para o meio científico que, na década de 90, através de Grossman e Krueger, introduziu uma hipótese que ainda hoje serve de base para vários trabalhos, a Curva Ambiental de Kuznets (CAK).

Nos últimos anos, devido aos ODS e à ameaça, cada vez mais frequente, das alterações climáticas, a discussão relativa à sustentabilidade tem-se intensificado, realçando a necessidade de compreender de que forma as atividades económicas impactam o ambiente e o bem-estar social. Para tal, os estudos realizados na área têm-se focado em integrar indicadores sociais, como a saúde, a educação e o índice de

democracia, com indicadores económicos e ambientais, possibilitando uma visão holística do desenvolvimento de cada nação (Horii & Ikefuji, 2014; Onofrei et al., 2022).

O presente trabalho pretende contribuir para a discussão através da aplicação de uma abordagem multidimensional que avalia as inter-relações entre o desenvolvimento económico, os indicadores sociais e o desempenho ambiental. Ao realizar uma análise de *clusters* e uma Análise de Componentes Principais (ACP), esta investigação procura descobrir padrões e grupos de países baseados nas características socioeconómicas e ambientais de cada nação. Para a realização da análise foi utilizado um conjunto de dados bastante abrangente, que inclui variáveis como o PIB *per capita*, a esperança de vida à nascença, o peso da educação no PIB, os danos causados pelas emissões de CO₂ e índices ambientais, de forma a garantir uma compreensão diferenciada do desenvolvimento global.

Assim, o estudo aborda algumas questões essenciais: De que forma o desenvolvimento económico e a qualidade ambiental se relacionam com os indicadores sociais, entre as diferentes nações? Que padrões sobressaem da análise de *clusters*? Como é que estes resultados podem ajudar nas políticas relacionadas com a obtenção do desenvolvimento sustentável? Através da análise destas questões, o estudo visa melhorar a compreensão do equilíbrio existente entre o crescimento económico, o ambiente e o progresso social.

O restante trabalho está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 diz respeito à revisão de literatura, na qual são mencionados estudos que recorreram à ACP para compreender a relação entre a dimensão social, ambiental e económica e outros que recorreram aos *clusters* para identificar padrões comportamentais, na ótica do desenvolvimento sustentável, dos vários países. O capítulo 3 é dedicado aos dados, à explicação das variáveis, a um resumo estatístico das mesmas e à identificação das suas fontes. O capítulo 4 consiste no estudo empírico, no qual são apresentadas a análise de *clusters* e a ACP, que analisam os países com base nos seus indicadores económicos, sociais e ambientais, e uma breve discussão dos resultados. Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões finais e possíveis investigações futuras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A relação que se estabelece entre o ambiente e a economia é de interesse tanto para o meio científico como para o académico, tendo ganho importância ao longo dos últimos anos. No entanto, a preocupação com o mesmo remete à década de 90 com a criação da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets, por Gene Grossman e Alan Krueger. A hipótese assemelha-se à de Simon Kuznets que demonstrou uma relação com o formato de “U” invertido entre o desenvolvimento económico e a desigualdade de rendimentos. Assim, a CAK evidencia uma relação em “U” invertido entre o desenvolvimento económico e a degradação ambiental.

Como tal, a degradação ambiental e a poluição aumentam com o crescimento económico e, após o alcance de um determinado nível de rendimento *per capita*, começam a diminuir, conduzindo à crença, de alguns, de que o desenvolvimento económico contribui para a melhoria ambiental, não sendo uma ameaça para o ambiente (Stern, 2004).

Apesar da sua importância, esta hipótese não se mostrou de elevada consistência, uma vez que não se consegue provar uma relação causal entre o rendimento e a qualidade ambiental (Karsch, 2019). Prova disso é o facto de ser possível separar, em três grupos, os vários estudos referentes à CAK, aqueles que suportam a sua existência, os que a negam e aqueles que, conforme o indicador de degradação ambiental utilizado na investigação, auferem resultados distintos (Gültekin et al., 2023).

Segundo Rasli et al., (2018), a utilização de emissões de CO₂, como indicador de referência ambiental, leva à rejeição da validade da hipótese enunciada, já a utilização de óxido de nitrogénio em detrimento das emissões de dióxido de carbono valida a hipótese da CAK.

Apesar desta aparente inconsistência de resultados, esta hipótese evidenciou a importância de estudar a ligação existente entre o ambiente e a economia.

Existem vários estudos que se debruçam sobre a temática. Horii & Ikefuji (2014) estudaram as implicações mútuas de causalidade entre a qualidade ambiental e o crescimento económico. Em Onofrei et al., (2022) é analisada a relação que se estabelece entre as emissões de CO₂ e o crescimento económico, para os 27 Estados-Membros da União Europeia (UE). Galeotti (2006) apresenta uma reconsideração das explicações

existentes para o formato em “U” invertido para a CAK. Já em Almarafi et al., (2023) pretendem evidenciar qual a relação que existe entre o Índice de *Performance Ambiental* (IPA), o desenvolvimento financeiro e o crescimento económico.

Para o âmbito deste trabalho destacam-se os referentes à ACP e à análise de *clusters*.

2.1. *Análise de Componentes Principais*

Khatun (2007), estudou a degradação ambiental, em alguns países africanos e asiáticos, através da aplicação da ACP e concluiu que a Arábia Saudita, o Chile e a Malásia eram os países que se encontravam melhor posicionados em termos de qualidade ambiental. Já a maioria dos países africanos, considerados, apresentavam elevados níveis de degradação ambiental. Destaca-se, ainda, que as pessoas de baixos rendimentos são afetadas de forma desproporcional pela degradação ambiental, quando comparadas com indivíduos de rendimentos mais elevados.

Com o intuito de estudar a performance ambiental de vários países, Gallego-Alvarez et al., (2014), realizaram, numa fase inicial do seu estudo, uma análise multivariada aos dados, através da aplicação do *HJ-biplot*, concluindo que as variáveis relativas à componente da saúde ambiental são de maior importância para os países dos continentes americano e europeu, evidenciando uma preocupação maior dos mesmos com esta temática.

Chen et al., (2022) utilizaram a ACP para avaliar a qualidade do ambiente ecológico da principal área urbana de Chongqing. Retendo componentes que representam 88,4% da variância total, concluíram que a utilização dos recursos do solo, a intensidade das emissões poluentes, o controle da poluição e a construção de áreas verdes urbanas são os fatores que mais influenciam o subsistema natural.

Os autores realçaram a importância de serem considerados indicadores de informação económica e social, uma vez que os mesmos têm um impacto significativo no ambiente. A omissão destes fatores na construção de um índice de avaliação do ambiente implica que não seja refletida a totalidade da qualidade ambiental.

Tendo como propósito a comparação da performance ambiental de várias economias emergentes, entre 1990-2020, Jain e Mohapatra (2023), construíram um Índice Composto

de Sustentabilidade Ambiental (CESI), recorrendo à metodologia da ACP. Foram retidas as três primeiras componentes principais, que explicam 74% da variância total.

Em 2020, dos países considerados, o Brasil, a Colômbia e o Chile obtiveram os melhores resultados no CESI, em oposição, o Irão, África do Sul e a Arábia Saudita ficaram classificados nas três piores posições do ranking. Estes resultados contrariam os obtidos por Khatun (2007), para quem a Arábia Saudita e a África do Sul se encontram posicionados no primeiro e no quinto lugar, respetivamente, num ranking de 51 países e a Colômbia em décimo sexto lugar, já longe do pódio. Apesar de as amostras consideradas nos dois estudos não serem exatamente iguais, uma justificação possível para esta diferença é a janela temporal que separa os dados analisados.

Kumari et al., (2023), propuseram-se a estudar as disparidades regionais, relativas aos sistemas socioeconómico e ambiental, entre os vários estados indianos. Para o efeito recorreram à metodologia da ACP. Através da aplicação da mesma, foram retidas quatro componentes principais, que explicam 75,3% da variância total.

A utilização da ACP permitiu a criação de quatro índices, referentes ao desenvolvimento social, ambiental, económico e, por fim, um índice que resulta da agregação dos mencionados, o Índice de Desenvolvimento Composto. Destaca-se a elevada correlação que existe entre o índice composto e os restantes índices, demonstrando a importância do desenvolvimento económico, social e ambiental para o desenvolvimento dos estados.

Na sua investigação, Lu & Liu (2022), criaram um sistema de índices de avaliação das relações económicas e ambientais da província Jiangxi, através da aplicação da ACP. Foram criados dois índices separados. Para o subsistema económico, foi retida apenas uma componente principal, a qual concentra em si 98,8% da variância total. Para o subsistema ambiental são retidas três componentes principais, representando 95,9% da variância total. Esta técnica permite analisar, de forma individual, quais as variáveis de maior importância em cada subsistema.

Após o estudo das relações que se estabelecem entre a economia, a sociedade e o ambiente, é importante, para o âmbito do presente trabalho, conseguir agrupar os vários países considerando as *performances* que cada um deles tem nas três vertentes

mencionadas. Como tal, destacam-se, na seguinte secção, alguns artigos relacionados com a análise de *clusters*.

2.2. Análise de Clusters

Mathrani et al., (2023), considerando o relatório das Nações Unidas de 2022, relativo aos ODS, propuseram-se a organizar, em *clusters*, através da aplicação do método de Ward, 45 países asiáticos. Para o efeito, são considerados 16 indicadores de ODS, pertencentes a quatro categorias distintas, a económica, a social, a ambiental e a institucional.

Apesar das dificuldades, generalizadas, da sustentabilidade económica, os países do sudeste asiático e da ásia central apresentam os melhores resultados, quando comparados com os seus pares. Na dimensão social, os países da ásia central e oriental, e alguns do sudeste asiático, registam os melhores desempenhos. Relativamente à sustentabilidade ambiental a *performance* dos vários países não é a desejada. O Afeganistão, o Sri Lanka e o Iémen, pertencentes ao mesmo cluster, destacam-se por registarem os melhores resultados. Por fim, os países do sul da ásia são os que encontram maiores dificuldades na área da sustentabilidade institucional.

Seguindo a mesma temática, Çağlar & Gürler (2021), consideraram 110 países com o intuito de os agrupar em *clusters*, tendo como objeto de estudo os vários ODS. Através do método, não hierárquico, *k-means*, os países de baixos rendimentos encontram-se num único *cluster*. Curiosamente, são estes os países que apresentam melhores resultados nos objetivos de consumo e produção responsável e da mitigação das alterações climáticas. A maioria dos países europeus registam um bom desempenho na maioria dos ODS e encontram-se agrupados no mesmo *cluster*, predominado por países de elevados rendimentos. De uma forma geral, os *clusters* com melhores estruturas socioeconómicas e político-culturais são os que apresentam um índice ODS mais elevado. Segundo os autores, é possível concluir que o desenvolvimento sustentável e as estruturas socioeconómicas e político-culturais são dependentes entre si.

Jabbari et al., (2020) agruparam vários países das Nações Unidas em *clusters*, diferenciando-os entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento. Esta distinção é alcançada através dos resultados que cada um dos países obtém num índice de

desenvolvimento, criado pelos autores, que resulta de uma agregação dos indicadores dos ODS relativos ao desenvolvimento socioeconómico.

Através da aplicação do método *k-means*, conclui-se que os países considerados como desenvolvidos encontram-se todos no mesmo *cluster*. Os restantes sete *clusters* são formados por países em desenvolvimento e, em seis destes, o compromisso que apresentam para com o ambiente é superior ao desempenho que demonstram a nível de desenvolvimento.

Jančovič (2022), utiliza dados do Eurostat, relativos aos ODS, para agrupar os 27 Estados-Membros da União Europeia. Através da utilização do método de Ward foram criados cinco *clusters*. Destes, destacam-se os que agrupam os Benelux, França, Dinamarca e Alemanha e os que agrupam a Áustria, Finlândia, Suécia e Eslovénia pelos resultados superiores que apresentam em relação aos ODS. Do artigo retém-se que i) economias mais avançadas apresentam melhores resultados na maioria dos indicadores ODS, e ii) não existe na UE um grupo de países homogéneo relativo ao desenvolvimento sustentável.

Drastichová (2020) agrupou, para os anos de 2007 e 2016, a Noruega e os países da UE em *clusters*, considerando a sua atuação em termos de sustentabilidade, medida através de um conjunto de indicadores de ODS da UE. Para o efeito foi utilizado o método de Ward. O *cluster* mais sustentável é composto pelos países nórdicos, i.e., Dinamarca, Finlândia, Suécia e Noruega. No entanto, apesar da sua posição de destaque, este *cluster* foi o que registou, de 2007 para 2016, a maioria das alterações em direção a uma maior insustentabilidade. Não obstante estes registos, a maioria das alterações registadas nos vários *clusters*, entre os anos analisados, levaram a um aumento da sustentabilidade, com maior enfoque na vertente ambiental.

A literatura apresentada evidencia a relação existente entre o desenvolvimento económico e a sustentabilidade ambiental e como a ACP e a análise de *clusters* são importantes para compreender estas relações.

3. ANÁLISE DE DADOS

3.1 Dados

De forma a analisar a *performance* socioeconómica e ambiental globais foram consideradas variáveis pertencentes a três dimensões, a económica, com quatro variáveis, a social, com cinco variáveis, e a ambiental, com sete variáveis.

Com o intuito de refletir valores e uma análise o mais atuais possível, as variáveis recolhidas para o presente trabalho referem-se ao ano de 2020¹. Devido à existência de valores omissos para algumas das variáveis, optou-se por abdicar de um ano mais recente para não se perder a qualidade de informação disponível.

Variáveis como a ocorrência de desastres naturais nos vários países, a emissão de *green bonds*, as quais têm como objetivo apoiar projetos ambientais e climáticos, entre outras, foram desconsideradas devido à existência de valores omissos.

Na Figura 1 encontram-se as variáveis consideradas, para o presente estudo, e o seu significado. A realidade económica é medida através i) do PIB *per capita* (“GDP_pc”), variável muito comum para o efeito, que se encontra a preços correntes e em dólares americanos; ii) da taxa de inflação (“Inflation”, medida em variação percentual sobre os preços médios do consumidor); iii) da taxa de desemprego (“Unemployment”); e iv) do Investimento Direto Estrangeiro (IDE) (“FDI”), medido em percentagem do PIB e em fluxos líquidos, ou seja, os valores desta variável resultam da existência de novos fluxos de investimentos diminuídos pelos desinvestimentos que se registaram no respetivo período, tendo um impacto positivo e significativo no crescimento económico (Fakher & Abedi, 2017).

A dimensão social é analisada através i) da taxa de mortalidade (“Mortality rate”); ii) da esperança de vida à nascença (“LEB”); iii) do peso da despesa em educação sobre o PIB (“Education Exp”); iv) da percentagem da população com acesso à eletricidade (“Eletr Access”); e v) do nível de democracia de cada país (“Dem”), variável que impacta todas os aspetos das vidas dos cidadãos, impactando, inclusive, as políticas ambientais

¹ Apenas a variável “EPI” não se refere exclusivamente a 2020. Esta variável é composta por vários indicadores e, apesar de a Universidade de Columbia ter publicado as medições da variável para o ano de 2020, nem todos os indicadores apresentam dados até ao ano referido, tendo sido utilizados para os cálculos do índice valores que remetem a anos anteriores.

existentes, (Khatun, 2009). Esta seleção de variáveis cobre aspetos cruciais de uma sociedade como a saúde, a educação, a democracia e infraestruturas.

Para avaliar a dimensão ambiental consideram-se dados referentes i) à emissão de gases com efeito de estufa (GEE) *per capita* (“GHG_pc”); ii) à falta de capacidade para lidar com desastres ambientais (“Coping_Capacity”) - quanto maior o valor do índice mais desafiante é para o país enfrentar possíveis desastres; iii) aos danos causados pelas emissões de dióxido de carbono (“CO2_damage”); iv) à exposição da população a partículas PM2.5 (“PM”) - a exposição às mesmas resulta em graves problemas de saúde, como doenças cardiovasculares e respiratórias, (Flor, 2023). O valor de 10 microgramas/m³, referido na Figura 1, é o primeiro nível, de quatro mencionados pela OMS, acima do nível de qualidade do ar recomendado, (OMS, 2021); v) à capacidade instalada de eletricidade proveniente de combustíveis fósseis *per capita* (“C_Fuel_pc”) e da energia solar *per capita* (“C_Solar_pc”) - estas variáveis devem-se ao facto de a produção de eletricidade ser uma das grandes responsáveis pelas emissões de GEE, tendo sido a maior emissora dos mesmos nos EUA, em 2017, (Armstrong et al., 2018); e vi) ao IPA (“EPI”) que avalia a *performance* dos países ao nível das alterações climáticas e da vitalidade dos ecossistemas.

As variáveis *per capita* foram calculadas utilizando os dados do Banco Mundial, referentes à população de cada país. A variável “GHG_pc” foi convertida em toneladas e as variáveis “C_Fuel_pc” e “C_Solar_pc” foram convertidas para KiloWatts.

Variável	Significado	Fonte
Variáveis económicas		
GDP	Produto Interno Bruto (per capita)	FMI
Inflation	Inflação (variação percentual)	FMI
Unemployment	Desemprego (% da população ativa)	Banco Mundial
FDI	Investimento Direto Estrangeiro (fluxos líquidos, % PIB)	Banco Mundial
Variáveis sociais		
Mortality rate	Número de mortes por 1000 pessoas	Banco Mundial
LEB	Esperança de vida à nascença (anos)	Banco Mundial
Education Exp	Despesa governamental em educação (% PIB)	Banco Mundial
Eletr Access	População com acesso a eletricidade (%)	Banco Mundial
Dem	Nível de democracia (índice)	Freedom House
Variáveis ambientais		
GHG_pc	Emissão de gases com efeitos de estufa (toneladas, per capita)	Banco Mundial
Coping_Capacity	Falta de capacidade de um país para lidar com desastres (índice)	FMI
CO2_damage	Custo dos danos causados pelas emissões de CO ₂ , provenientes do uso de combustíveis fósseis (% RNB)	Banco Mundial
PM	População exposta a mais de 10 microgramas/m ³ de partículas 2,5 (% , valores estimados)	OCDE
C_Fuel_pc	Capacidade instalada de eletricidade proveniente de combustíveis fósseis (Kw, per capita)	FMI
C_Solar_pc	Capacidade instalada de eletricidade proveniente de energia solar (Kw, per capita)	FMI
EPI	Índice de Performance Ambiental	Universidade Columbia

Figura 1² - Descrição dos indicadores de desenvolvimento mundial

Nota: Apesar de na base de dados estar referido "West Bank and Gaza", (i.e. Cisjordânia e Gaza), para a variável "Dem", o valor apresentado diz respeito, apenas, à Cisjordânia.

² As variáveis foram retiradas das seguintes fontes:

FMI (variáveis económicas): Disponíveis em <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October>

Banco Mundial: Disponíveis em <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

Freedom House: Disponível em <https://freedomhouse.org/report/freedom-world#Data>

FMI (variáveis ambientais): Disponíveis em <https://climatedata.imf.org/>

Universidade Columbia: Disponível em <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/epi/sets/browse>

3.2 Estatística Descritiva

A Figura 2 apresenta um sumário da estatística descritiva de cada uma das variáveis consideradas. Da sua observação é perceptível a falta de dados para algumas observações.

Na dimensão económica o Burundi apresenta o PIB *per capita* mais baixo, i.e. 259,91\$, o que contrasta com o PIB dos países mais desenvolvidos, provocando um desvio padrão superior à média. O valor mais elevado da inflação ocorre para a Venezuela, que apresenta uma hiperinflação de 2.355,15%, o que contrasta com o facto de metade dos países registarem uma inflação inferior a 2,05%. O valor mínimo do desemprego é bastante reduzido, 0,14%, pertencente ao Qatar, com 50% dos territórios considerados a apresentarem uma taxa de desemprego inferior a 6,45%. O IDE varia, com o Chipre a registar o maior desinvestimento e as Ilhas Caimão a registarem o maior investimento. 50% das nações têm um IDE inferior a 1,75% do PIB.

Ao nível das variáveis sociais destaca-se, para o acesso à eletricidade, a realidade do Sudão do Sul onde, apenas, sete em cada 100 pessoas têm acesso à eletricidade, e para a variável da democracia a realidade da Síria, com um índice de democracia de 1, evidenciando a falta de um governo democrático. Para esta componente, 50% dos países têm um índice inferior a 63.

Na dimensão ambiental, o Burundi apresenta o menor número de emissões GEE *per capita* contrastando com os elevados valores do Qatar. Para a variável “Coping_Capacity” a média e a mediana são muito semelhantes indicando uma distribuição balanceada na falta de capacidade para lidar com desastres, existindo países com enormes dificuldades para lidar com possíveis desastres e outros que o fazem com relativa facilidade. Relativamente à qualidade do ar, em mais de 50% dos países, 99,93% da população é exposta a valores superiores ao limite recomendado pela OMS.

Para a capacidade instalada de eletricidade observa-se que a energia proveniente de combustíveis fósseis domina a proveniente de energia solar, sendo evidente a dependência da primeira. Por fim, para o IPA a média dos países é de 46,58, sugerindo um progresso limitado em função da sustentabilidade ambiental, o que se comprova com o facto de 50% dos países terem uma classificação inferior a 44,15.

Variável	Ocorrências	Média	Desvio padrão	Mín	Mediana	Máx
Variáveis econômicas						
GDP	190	14095.47	19093.23	259.91	5414.16	117616.15
Inflation	190	20.50	175.50	0.01	2.05	2355.15
Unemployment	183	8.37	5.85	0.14	6.45	27.85
FDI	185	3.31	15.82	-103.16	1.75	121.76
Variáveis sociais						
Mortality rate	184	8.07	2.90	1.22	7.45	16.90
LEB	201	72.18	7.48	52.78	72.76	85.50
Education Exp	156	4.67	1.87	1.37	4.51	13.78
Eletr Access	206	86.26	24.45	7.26	99.95	100.00
Dem	195	58.33	30.56	1.00	63.00	100.00
Variáveis ambientais						
GHG_pc	189	6.20	6.57	0.34	4.62	43.33
Coping_Capacity	186	4.43	1.89	0.90	4.40	9.40
CO2_damage	187	1.87	1.62	0.07	1.33	11.50
PM	185	89.53	24.97	0.18	99.93	100.00
C_Fuel_pc	188	0.57	0.78	0.00	0.35	5.20
C_Solar_pc	185	0.07	0.13	0.00	0.01	0.81
EPI	178	46.58	15.46	22.60	44.15	82.50

Figura 2 - Estatística descritiva para os indicadores de desenvolvimento mundial

Tal como indicado pelas Figuras 3, 4, 5 e 6 a amostra recolhida engloba países de todos os continentes, o que tem maior expressão é o continente africano, seguido do asiático, já a Oceânia é o continente com menor representação.

Para além de organizados por continentes, os vários territórios são também classificados por região, com base na classificação das Nações Unidas³, existindo 22 regiões distintas. Destaca-se a região das Caraíbas pelo maior número de ocorrências e a região da Austrália e Nova Zelândia pela razão oposta.

³ Disponível em: <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>

Por fim, os territórios são classificados pelo seu nível de rendimento, considerando a classificação do Banco Mundial⁴, existindo quatro categorias diferentes, i.e. países de baixos rendimentos, médio-baixos, médio-altos e elevados. O tipo de rendimento com maior representação é o elevado e o que tem menos representação é o baixo.

	Ocorrências	Valores únicos	Moda	Frequência
Continente	224	5	África	56
Região	224	22	Caraíbas	23
Situação económica	207	4	Elevado	73

Figura 3 - Estatística descritiva associada aos países

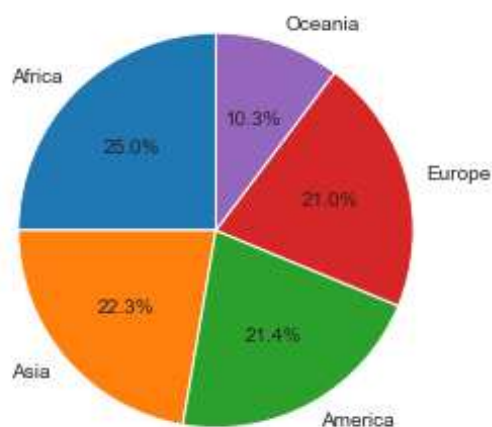


Figura 4 - Distribuição dos países por continente

⁴ Disponível em: <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-totalry-and-lending-groups>

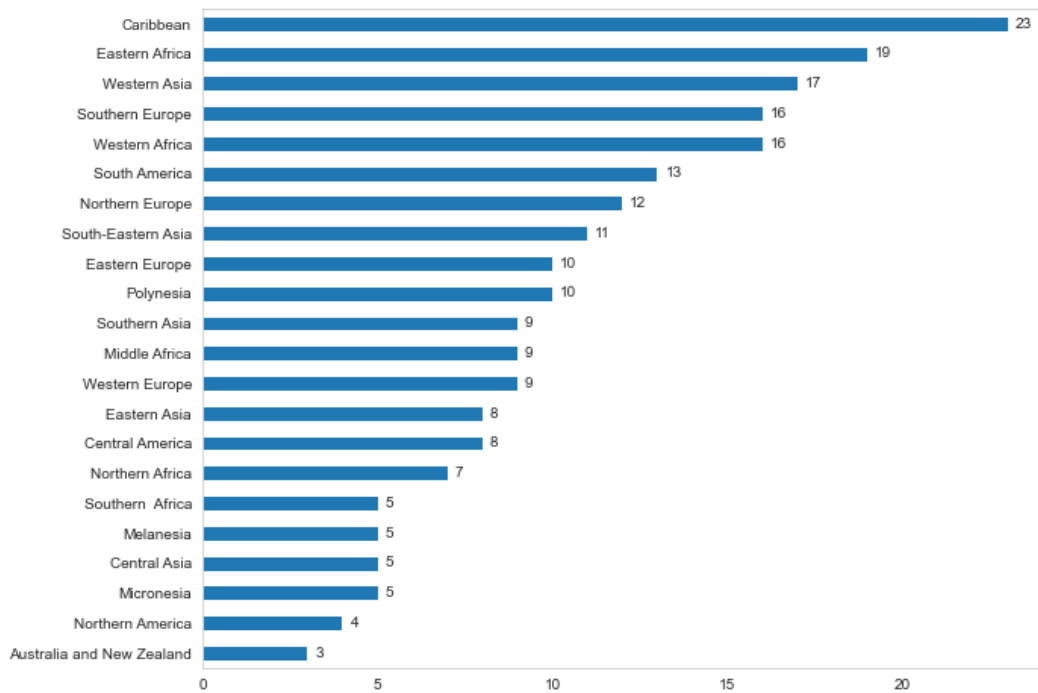


Figura 5 - Distribuição dos países por região

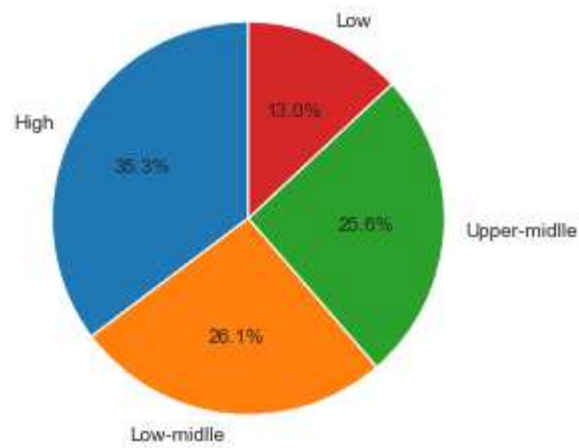


Figura 6 - Distribuição dos países por situação económica

Após a análise das variáveis e das suas estatísticas descritivas, importa averiguar se existe alguma associação entre as variáveis. Para tal, foi calculada a matriz de correlações de Pearson, Figura 7, na qual são apresentadas as correlações estatisticamente significativas.

O coeficiente de correlação de Pearson permite quantificar a força e a direção da relação existente entre duas variáveis, ou seja, se existe ou não uma tendência para que as mesmas se movam em conjunto, (Boslaugh & Watters, 2008). A medida varia entre -1 e 1 e quanto mais próximo destes valores for o valor da correlação mais forte é a associação entre as variáveis. Por norma, uma correlação de (-)0,7 implica uma associação significativa entre as variáveis, (Ratner, 2009). No entanto, optou-se por realizar o teste de significância estatística da correlação estabelecida, para garantir que a correlação calculada representa, de facto, uma associação significativa entre as variáveis, uma vez que as mesmas não têm todas o mesmo número de observações.

Da figura abaixo, conclui-se que existe uma associação entre a maioria das variáveis selecionadas, com exceção da variável “FDI”, a qual não apresenta qualquer associação significativa com as restantes variáveis.

Das restantes variáveis, considerando a regra (-)0,7 mencionada acima, destaca-se a associação positiva entre “LEB” e “Eletr Access” (0,75), “GDP” (0,71) e “EPI” (0,82), entre “GDP” e “EPI” (0,79) , entre “GHG_pc” e “C_Fuel_pc” (0,85) e a associação negativa entre “LEB” e “Coping_Capacity” (-0,89), entre “Eletr Access” e “Coping_Capacity” (-0,76), entre “GDP” e “Coping_Capacity” (-0,74) e entre “Coping_Capacity” e “EPI” (-0,86).

Assim, as variáveis “LEB” e “Coping_Capacity” são as que estabelecem um maior número de associações significativas com as restantes variáveis.

Das associações positivas espera-se que o aumento no valor de uma variável seja acompanhado de um aumento nas variáveis com as quais estabelece uma correlação positiva e das associações negativas espera-se a relação inversa. A título de exemplo, um aumento das emissões de GEE *per capita* coincidiria com um aumento da capacidade instalada, *per capita*, de eletricidade proveniente de combustíveis fósseis.

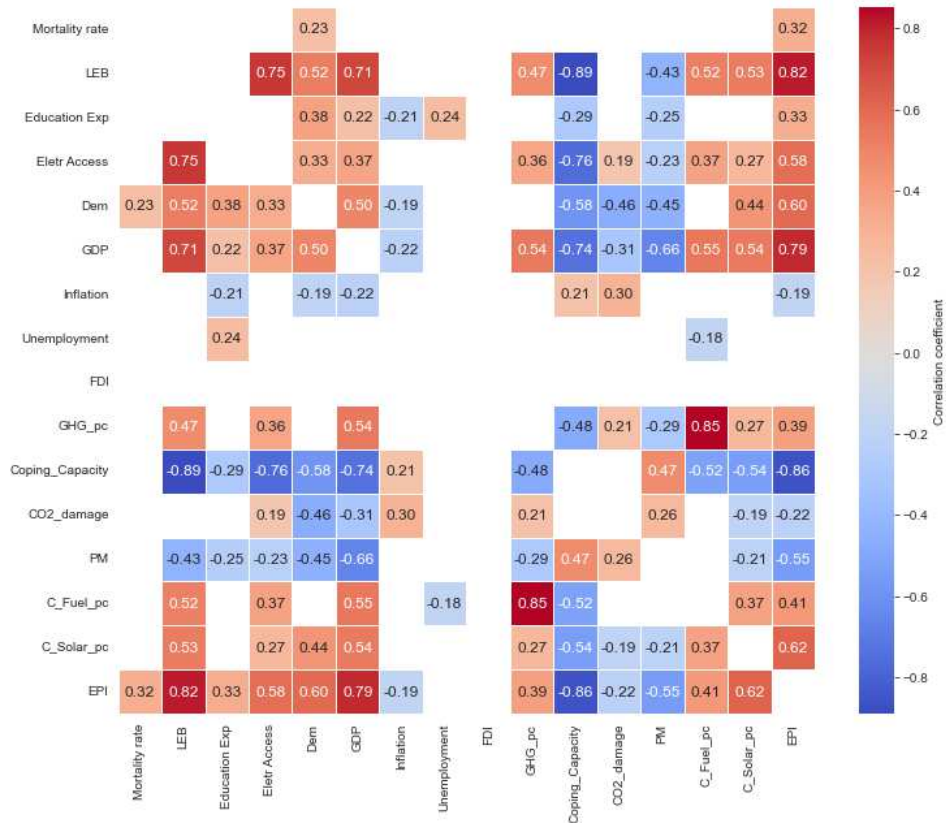


Figura 7 - Correlações estatisticamente significativas de Pearson (valor-p <0,05)

4. ESTUDO EMPÍRICO

4.1 Metodologia

Para este estudo, é realizada a análise de *clusters*, criados através do método não hierárquico *k-means*, de forma a criar grupos homogêneos de países para cada dimensão em análise (i.e. económica, social e ambiental). Este método consiste em separar as observações em *k clusters* distintos, minimizando a variância dentro de cada *cluster*. O algoritmo *k-means* atribui iterativamente países a *clusters* com base na sua proximidade aos valores médios, os centróides, dos *clusters*, ajustando estes centróides até que seja alcançada convergência e os *clusters* se encontrem estáveis. Consultar Hair et al. (2014) para mais detalhes. A nível computacional, este método é superior aos métodos hierárquicos, o que influenciou a escolha do mesmo.

O número ótimo de *clusters* é determinado através dos *scores* Silhueta. Esta é uma métrica utilizada para medir a qualidade dos *clusters*. A mesma é medida considerando

quão semelhante é um objeto do seu *cluster* (semelhança *intra-cluster*) comparado com outros *clusters* (diferença *inter-cluster*). Quanto mais elevado for o valor do *score* melhor é o *cluster*. Para mais informação conferir Maharaj et al. (2019).

Por fim, foi aplicada a análise de componentes principais às variáveis das três dimensões, de forma a reduzir a dimensão e para identificar padrões subjacentes ou componentes principais que expliquem a variância máxima dentro do conjunto de dados. A ACP foi realizada aos indicadores de desenvolvimento global standardizados e foram retidas as componentes que expliquem pelo menos 70% da variância, (Jolliffe & Cadima, 2016). Posteriormente, as componentes selecionadas permitiram projetar os *scores* de cada país a duas dimensões e visualizar a composição dos *clusters*.

Para a criação dos *clusters* foram desconsiderados os *outliers* existentes. Esta remoção é feita considerando como limite a média mais/menos três desvios padrão. Uma vez que são consideradas realidades muito distintas entre as várias observações, os três desvios padrão garantem que as observações excluídas representam, de facto, *outliers*.

4.2 Resultados

4.2.1 Dimensão Económica

Na Figura A.1 (consultar [Anexos](#)) são identificados os vários *outliers* removidos da amostra para, posteriormente, serem criados os *clusters* económicos. Relativamente à variável “GDP” foram removidas as observações da Irlanda, do Luxemburgo e da Suíça pelos elevados valores que apresentavam, todas elas pertencentes à Europa e classificados como países de elevados rendimentos.

As observações da Venezuela e do Zimbabué foram removidas devido aos elevados níveis de inflação. O Jibuti é desconsiderado pela sua elevada taxa de desemprego, revelando desafios socio-económicos bastante severos. As ilhas Caimão, o Chipre e a Hungria são desconsiderados devido às altas percentagens, em valor absoluto, de investimento direto estrangeiro.

Após a remoção dos *outliers* prosseguiu-se com a criação dos *clusters*. O número ótimo de cluster a considerar é cinco, valor obtido através da aplicação dos *scores*

Silhueta, i.e. 0,424 (consultar [Anexos – Figura A.2](#)), que indica que os *clusters* são mais efetivos e estão separados de forma mais correta ao considerar cinco *clusters*.

A Figura 8 apresenta a distribuição dos países por *clusters* e a Figura 9 apresenta um sumário das estatísticas de cada grupo de países.

O *cluster 0* inclui países de todos os continentes, como o Brasil, Marrocos, Grécia, Afeganistão e Samoa, predominado, pelo continente africano, evidenciando uma mistura de várias realidades económicas, com as nações de rendimentos médio-baixos a sobressair. Os países deste *cluster* apresentam uma grande variabilidade dos indicadores económicos, destacando-se os altos níveis de desemprego e a flutuação do IDE e da inflação.

O *cluster 1* inclui países de África, continente com a maior presença neste *cluster*, Ásia e América Latina, como a Nigéria, a China e a Argentina, respetivamente. Este *cluster* é uma mistura de mercados emergentes e economias em desenvolvimento, destacando-se o peso de nações com rendimentos médio-baixos. Sobressai a elevada variedade de valores para o PIB *per capita* e para a taxa de inflação. A taxa de desemprego e o IDE apresentam valores moderados, apesar da flutuação do último. Os países deste *cluster* caracterizam-se por uma grande variedade de condições económicas, geralmente com potencial de crescimento e desafios económicos.

O *cluster 2* consiste essencialmente em países de rendimentos elevados, incluindo os EUA, o Canadá, a Alemanha e a Austrália, com maior presença de países europeus, especialmente do norte da Europa. Estes países registam um PIB *per capita* elevado, taxas de inflação e de desemprego baixas e, em média, níveis negativos de IDE. Estão representadas nações economicamente avançadas com indicadores económicos estáveis, exibindo *performances* económicas robustas e elevados padrões de vida.

O *cluster 3* engloba territórios como Hong Kong, Singapura e Malta, com maior incidência de países africanos e asiáticos. Caracterizado por representar países de rendimentos elevados, com perfis económicos únicos. Estes países apresentam um elevado PIB *per capita*, baixas taxas de desemprego, com alguma variabilidade do mesmo e da inflação, e níveis bastante elevados de IDE. Apesar de economicamente fortes, estamos perante economias únicas.

Por fim, o *cluster* 4 é constituído pelo Líbano e pelo Sudão, os quais apresentam condições económicas potencialmente instáveis o que se conclui através dos baixos valores do PIB, o mais baixo de todos os *clusters*, da taxa extremamente alta da inflação e da elevada taxa de desemprego. Apesar desta realidade, o IDE apresenta valores moderados.

Conclui-se que os países de rendimentos elevados tendem a agrupar-se juntos, no *cluster* 2, enquanto que as economias emergentes e em desenvolvimento encontram-se distribuídas pelos outros *clusters*. O *cluster* 4 revela casos extremos de condições económicas.

Cluster	Países
0	'Afghanistan, Islamic Rep. of', 'Albania', 'Algeria', 'Angola', 'Armenia, Rep. of', 'Bahamas, The', 'Belize', 'Bosnia and Herzegovina', 'Botswana', 'Brazil', 'Cabo Verde', 'Chile', 'Colombia', 'Congo, Rep. of', 'Costa Rica', 'Eswatini, Kingdom of', 'Gabon', 'Georgia', 'Greece', 'Haiti', 'Honduras', 'Iraq', 'Jordan', 'Lesotho, Kingdom of', 'Mauritania, Islamic Rep. of', 'Montenegro', 'Morocco', 'Namibia', 'Nepal', 'North Macedonia, Republic of', 'Panama', 'Rwanda', 'Samoa', 'São Tomé and Príncipe, Dem. Rep. of', 'Somalia', 'South Africa', 'Spain', 'St. Lucia', 'St. Vincent and the Grenadines', 'Tunisia'
1	'Argentina', 'Azerbaijan, Rep. of', 'Bahrain, Kingdom of', 'Bangladesh', 'Barbados', 'Belarus, Rep. of', 'Benin', 'Bhutan', 'Bolivia', 'Brunei Darussalam', 'Bulgaria', 'Burkina Faso', 'Burundi', 'Cambodia', 'Cameroon', 'Central African Rep.', 'Chad', 'China, P.R.: Mainland', 'Comoros, Union of the', 'Congo, Dem. Rep. of the', 'Croatia, Rep. of', 'Czech Rep.', 'Dominican Rep.', 'Ecuador', 'Egypt, Arab Rep. of', 'El Salvador', 'Equatorial Guinea, Rep. of', 'Estonia, Rep. of', 'Ethiopia, The Federal Dem. Rep. of', 'Fiji, Rep. of', 'Gambia, The', 'Ghana', 'Guatemala', 'Guinea', 'Guinea-Bissau', 'India', 'Indonesia', 'Iran, Islamic Rep. of', 'Jamaica', 'Kazakhstan, Rep. of', 'Kenya', 'Kyrgyz Rep.', 'Lao People's Dem. Rep.', 'Latvia', 'Lithuania', 'Madagascar, Rep. of', 'Malawi', 'Malaysia', 'Maldives', 'Mali', 'Mauritius', 'Mexico', 'Moldova, Rep. of', 'Mongolia', 'Myanmar', 'Nicaragua', 'Niger', 'Nigeria', 'Oman', 'Pakistan', 'Papua New Guinea', 'Paraguay', 'Peru', 'Philippines', 'Poland, Rep. of', 'Portugal', 'Romania', 'Russian Federation', 'Saudi Arabia', 'Senegal', 'Serbia, Rep. of', 'Sierra Leone', 'Slovak Rep.', 'Solomon Islands', 'Sri Lanka', 'Suriname', 'Tajikistan, Rep. of', 'Tanzania, United Rep. of', 'Thailand', 'Togo', 'Tonga', 'Trinidad and Tobago', 'Turkmenistan', 'Uganda', 'Ukraine', 'Uruguay', 'Uzbekistan, Rep. of', 'Vanuatu', 'Vietnam', 'Zambia'
2	'Australia', 'Austria', 'Belgium', 'Canada', 'China, P.R.: Macao', 'Denmark', 'Finland', 'France', 'Germany', 'Iceland', 'Israel', 'Italy', 'Japan', 'Korea, Rep. of', 'Kuwait', 'Netherlands, The', 'New Zealand', 'Norway', 'Qatar', 'Slovenia, Rep. of', 'Sweden', 'Timor-Leste, Dem. Rep. of', 'United Arab Emirates', 'United Kingdom', 'United States'
3	'China, P.R.: Hong Kong', 'Guyana', 'Liberia', 'Malta', 'Mozambique, Rep. of', 'Singapore'
4	'Lebanon', 'Sudan'

Figura 8 - Composição dos *clusters* económicos

		Cluster					
		0	1	2	3	4	
		total	40	90	25	6	2
Continente	único		5	5	4	4	2
	moda	Africa	Africa	Europe	Asia/Africa	Asia/Africa	
	freq		16	28	13	2	1
Região	único		12	17	8	6	2
	moda	Southern Europe	Western Africa	Northern Europe	Várias regiões	Western Asia/Northern Africa	
	freq		6	12	6	1	1
Situação económica	único		4	4	2	3	2
	moda	Upper-middle	Low-middle	High	High	Upper-middle/Low	
	freq		18	33	24	3	1
GDP	média		6128	6410	43588	24224	2183
	dp		5941	6787	14199	25757	1988
	mín		611	260	1673	454	777
	máx		26968	27175	68275	61274	3589
Inflation	média		3.54	5.30	0.96	3.76	124.07
	dp		4.95	7.15	0.77	6.55	55.42
	mín		0.04	0.03	0.03	0.18	84.88
	máx		22.94	42.02	2.85	16.95	163.26
Unemployment	média		16.0	5.2	5.2	6.4	16.2
	dp		4.0	2.4	2.3	4.6	4.2
	mín		10.4	0.2	0.1	4.1	13.3
	máx		24.8	11.5	9.7	15.7	19.2
FDI	média		2.3	2.6	-2.6	26.1	3.9
	dp		4.9	3.1	9.6	4.8	1.7
	mín		-17.3	-4.9	-33.0	22.4	2.7
	máx		11.2	14.0	5.8	34.1	5.1

Figura 9 - Estatísticas dos *clusters* para indicadores económicos

4.2.2 Dimensão Social

Para criação dos *clusters*, considerando os aspetos sociais de cada território, foram removidas algumas observações que representam *outliers*, tal como sugerido na Figura A.3 (consultar [Anexos](#)).

Como tal, a Sérvia foi excluída da análise devido à sua elevada taxa de mortalidade. Cuba, as Ilhas Marshall e os Estados Federados da Micronésia foram removidos pelo peso que a despesa em educação tem sobre o PIB. Por último, Burundi, Chade, Maláui e Sudão do Sul são desconsiderados pela percentagem, bastante reduzida, de população com acesso à eletricidade.

Nem a variável representante da democracia nem a variável associada à esperança de vida à nascença apresentam *outliers*.

Através do resultado dos *scores* Silhueta, i.e. 0,350 (consultar [Anexos – Figura A.4](#)) e do perfil de cada território são criados oito *clusters*.

A Figura 10 apresenta a divisão registada entre os vários países e a Figura 11 apresenta várias estatísticas associadas a cada *cluster*.

O *cluster* 0, apesar de incluir um reduzido número de países, na sua maioria países africanos, representa várias situações económicas. Engloba países de rendimento elevados (i.e. Nauru), de rendimentos médio-altos (e.g. Botswana) e médio-baixos (e.g. Senegal), sendo esta última categoria a que contém mais registos. A taxa de mortalidade é reduzida, especialmente se comparada com os valores dos outros *clusters*, assim como a esperança de vida à nascença. A despesa em educação é a segunda mais elevada dos *clusters* analisados. Relativamente ao acesso à eletricidade é o terceiro *cluster* com piores valores médios. Por fim, no respeitante ao nível da democracia, apesar de apresentar um nível médio longe do ótimo é o terceiro melhor *cluster* nesta temática.

O *cluster* 1 inclui países de vários continentes, por exemplo, a Austrália, o Chile, a Coreia do Sul e a Noruega, com maior incidência de países europeus e de nações com rendimentos elevados. Este grupo regista a melhor *performance* a nível social, pelos elevados valores na esperança de vida à nascença, no acesso à eletricidade e no nível de democracia e pelos baixos valores referentes à taxa de mortalidade.

O *cluster* 2, engloba uma grande variedade de países, situados em vários continentes, com maior expressão do continente americano, e de realidades económicas distintas, desde rendimentos médio-baixos (e.g. Argélia) realidade da maioria das nações, médio-altos (e.g. Maldivas) e altos (e.g. Bahamas). A taxa de mortalidade e a despesa em educação registam valores baixos. Já o acesso à eletricidade é bastante elevado. O nível de democracia pode ser considerado mediano, uma vez que se encontra distante dos valores desejados, sendo, no entanto, superior a vários valores registados noutros *clusters*.

No *cluster* 3 encontram-se países asiáticos (i.e. a Arménia e a Geórgia) e, na sua maioria países europeus (e.g. Croácia) e de rendimentos médio-altos. O *cluster* caracteriza-se por uma elevada taxa de mortalidade, sendo o grupo com a taxa mais alta, uma esperança de vida à nascença que se assemelha à do *cluster* 2 e 5, uma baixa despesa

em educação, níveis muito elevados de acesso à eletricidade e níveis medianos de democracia, registando, esta variável, uma grande variabilidade.

O *cluster* 4, é dominado por países africanos, englobando, apenas, um país americano, pertencente às Caraíbas (i.e. o Haiti) e caracteriza-se por ser constituído por países em situações económicas menos desenvolvidas e de grandes dificuldades. Com exceção da taxa de mortalidade, que apresenta valores próximos da maioria dos *clusters*, as restantes variáveis registam valores bastante reduzidos, evidenciando as dificuldades sociais vividas nestes países.

O *cluster* 5 é constituído por países de vários continentes, nomeadamente o americano (e.g. Nicarágua), a Oceânia (i.e. Vanuatu), o africano (e.g. Comores) e o asiático (e.g. Vietname) este último com maior presença, e maioritariamente por nações de rendimentos médio-baixos. A taxa de mortalidade associada a este grupo de países é baixa, a mais baixa dos *clusters* analisados, assim como a despesa em educação. A esperança de vida à nascença assemelha-se com a dos *clusters* 2 e 3 e o acesso à eletricidade é generalizado a quase toda a população. O nível de democracia é bastante baixo, representando o registo mais baixo e evidenciando graves problemas nesta temática.

O *cluster* 6, agrega países como a Albânia, o Canadá e o Uruguai, predominando os países europeus e as nações de rendimentos elevados. A taxa de mortalidade e a esperança de vida à nascença são, ambas, elevadas. A despesa em educação é reduzida, o que não implica, necessariamente, pouco investimento na área, pode, apenas, significar que o peso do mesmo no PIB é diminuto, à semelhança do *cluster* 3. O acesso à eletricidade é garantido quase à totalidade da população. O nível de democracia é elevado e é o segundo *cluster* melhor classificado nesta variável.

Finalmente, o *cluster* 7 é composto exclusivamente por países africanos, i.e. Lesoto, Moçambique, Namíbia e Serra Leoa com realidades económicas desfavoráveis. A taxa de mortalidade e a despesa em educação apresentam valores elevados, já a esperança de vida à nascença e o acesso à eletricidade são dois desafios para estas nações, que apresentam os valores mais baixos de entre os vários *clusters*. O nível de democracia pode ser classificado como mediano.

Em suma, os *clusters* dominados por países europeus e de rendimentos elevados (i.e. *cluster* 1 e 6) são, de forma geral, os que têm a melhor *performance* a nível social. Em oposição, os *clusters* formados, na sua maioria por países africanos e de rendimentos baixos (i.e. *cluster* 4 e 7) apresentam maiores dificuldades e desafios nesta dimensão. Os países apresentam características sociais distintas marcadas pelas diferenças políticas, económicas e regionais.

Cluster	Países
0	'Bolivia', 'Botswana', 'Nauru, Rep. of', 'São Tomé and Príncipe, Dem. Rep. of', 'Senegal', 'South Africa'
1	'Australia', 'Chile', 'Costa Rica', 'Cyprus', 'Denmark', 'Finland', 'Iceland', 'Israel', 'Korea, Rep. of', 'Malta', 'New Zealand', 'Norway', 'Sweden'
2	'Algeria', 'Bahamas, The', 'Belize', 'Bhutan', 'Brazil', 'China, P.R.: Hong Kong', 'Colombia', 'Dominican Rep.', 'Ecuador', 'El Salvador', 'Fiji, Rep. of', 'Ghana', 'Honduras', 'India', 'Indonesia', 'Jamaica', 'Kyrgyz Rep.', 'Malaysia', 'Maldives', 'Mexico', 'Mongolia', 'Morocco', 'Nepal', 'Panama', 'Paraguay', 'Peru', 'Philippines', 'Samoa', 'Seychelles', 'Suriname', 'Tajikistan, Rep. of', 'Timor-Leste, Dem. Rep. of', 'Tonga', 'Trinidad and Tobago'
3	'Armenia, Rep. of', 'Belarus, Rep. of', 'Croatia, Rep. of', 'Georgia', 'Hungary', 'Latvia', 'Lithuania', 'Moldova, Rep. of', 'Romania', 'Russian Federation', 'Ukraine'
4	'Cameroon', 'Eswatini, Kingdom of', 'Ethiopia, The Federal Dem. Rep. of', 'Gambia, The', 'Guinea', 'Haiti', 'Kenya', 'Liberia', 'Madagascar, Rep. of', 'Mali', 'Mauritania, Islamic Rep. of', 'Niger', 'Rwanda', 'Tanzania, United Rep. of', 'Togo', 'Uganda', 'Zambia'
5	'Azerbaijan, Rep. of', 'Bahrain, Kingdom of', 'Bangladesh', 'Cambodia', 'Comoros, Union of the', 'Gabon', 'Guatemala', 'Iran, Islamic Rep. of', 'Kazakhstan, Rep. of', 'Lao People's Dem. Rep.', 'Lebanon', 'Nicaragua', 'Pakistan', 'Qatar', 'Singapore', 'Thailand', 'Turkmenistan', 'Uzbekistan, Rep. of', 'Vanuatu', 'Vietnam'
6	'Albania', 'Argentina', 'Austria', 'Barbados', 'Canada', 'Czech Rep.', 'Dominica', 'Estonia, Rep. of', 'France', 'Greece', 'Ireland', 'Italy', 'Japan', 'Luxembourg', 'Mauritius', 'Netherlands, The', 'Poland, Rep. of', 'Portugal', 'Slovak Rep.', 'Slovenia, Rep. of', 'St. Vincent and the Grenadines', 'United States', 'Uruguay'
7	'Lesotho, Kingdom of', 'Mozambique, Rep. of', 'Namibia', 'Sierra Leone'

Figura 10 - Composição dos *clusters* sociais

		Cluster								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
total		6	13	34	11	17	20	23	4	
Continente	único	3	4	4	2	2	4	4	1	
	moda	Africa	Europe	America	Europe	Africa	Asia	Europe	Africa	
	freq	4	6	15	9	16	15	14	4	
Região	único	5	7	12	4	5	8	9	3	
	moda	Southern Africa	Northern Europe	South America	Eastern Europe	Eastern Africa	South-Eastern Asia	Southern Europe	Southern Africa	
	freq	2	5	6	6	7	5	5	2	
Situação económica	único	3	2	3	3	2	3	2	3	
	moda	Low-middle	High	Low-middle	Upper-middle	Low	Low-middle	High	Low	
	freq	3	12	16	6	10	10	18	2	
Mortality rate	média	7.36	7.25	6.67	14.83	7.73	5.96	10.19	9.66	
	dp	1.62	1.54	1.28	1.05	1.28	1.75	1.74	2.2	
	mín	5.58	5.3	3	12.79	5.85	1.22	6.5	8	
	máx	9.43	10	9.33	16.55	9.85	8.6	12.6	12.86	
LEB	média	65.77	82.01	72.63	73.44	62.63	72.45	78.98	59.61	
	dp	1.82	1.34	3.75	2.28	2.46	5.34	3.26	3.51	
	mín	63.44	79.28	64.11	70.17	58.63	64.17	72.13	54.69	
	máx	68.01	83.43	85.5	77.72	66.77	84.47	84.56	62.83	
Education Exp	média	6.64	6.55	4.78	4.42	3.29	3.09	4.72	7.93	
	dp	1.34	1.2	0.99	1.03	1.04	0.97	0.73	1.31	
	mín	5.02	4.8	2.87	2.71	1.37	1.67	3.27	6.64	
	máx	8.44	8.61	7.04	6.6	5.36	4.95	5.68	9.28	
Eletr Access	média	83.36	99.99	98.04	99.99	48.27	95.14	99.98	39.18	
	dp	14.51	0.03	3.22	0.03	15.35	8.34	0.11	12.65	
	mín	64.3	99.9	85.44	99.9	18.72	67.3	99.46	26.31	
	máx	100	100	100	100	79.99	100	100	52.3	
Dem	média	74.83	93.38	63.56	62.09	38	29	90.91	62	
	dp	6.43	7.17	18.85	26.37	13.49	18.62	7.3	14.09	
	mín	66	76	8	11	16	2	66	43	
	máx	84	100	91	90	60	82	98	77	

Figura 11 - Estatísticas dos *clusters* para indicadores sociais

4.2.3 Dimensão Ambiental

Na Figura A.5 (consultar [Anexos](#)) encontram-se os *outliers* da dimensão ambiental. O Bahrain, o Brunei, o Kuwait, o Qatar, o Turquemenistão e os Emirados Árabes Unidos, todos países de rendimentos altos ou médio altos, foram removidos pelas elevadas emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera. O Irão, a Mongólia, a Síria e o Uzbequistão, países de rendimentos baixos e médio-baixos, são desconsiderados pelos elevados valores associados ao custo dos danos causados pelas emissões de CO₂.

O Canadá, a Islândia, a Irlanda, as Maurícias, Nova Zelândia, a Noruega e os Estados Unidos, países de rendimentos altos e médio altos, apresentam valores muito reduzidos para a variável “PM” e, por isso, não são incluídos na formação de *clusters*.

As Bahamas, o Omã e a Arábia Saudita, todos países de elevados rendimentos, registam valores bastante elevados de capacidade instalada de eletricidade proveniente de combustíveis fósseis, em oposição, a Austrália, a Bélgica, a Alemanha, o Japão e os Países Baixos, também países de elevados rendimentos apresentam valores elevados da capacidade instalada de eletricidade proveniente da energia solar. Como tal, todos estes países não são tidos em consideração, para a formação destes *clusters*.

Apenas as variáveis “Coping_Capacity” e “EPI” não apresentam *outliers*.

Através do resultado dos *scores* Silhueta, i.e. 0,457 (consultar [Anexos – Figura A.6](#)), o número ótimo de *clusters* para a dimensão ambiental é quatro.

A Figura 12 apresenta a divisão dos países por *clusters* e a Figura 13 apresenta várias estatísticas dos mesmos.

O *cluster 0* engloba uma grande variedade de países, de todos os continentes, com o continente asiático a registar o maior número de ocorrências. A nível económico encontram-se representados países de rendimentos médio-baixos (e.g. Argélia), médio-altos (e.g. Argentina), correspondendo à maioria dos registos, e altos (e.g. Trinidad e Tobago). Este grupo de países caracteriza-se pelas elevadas emissões de GEE *per capita*, pela variabilidade das mesmas dentro do *cluster* e pelos elevados danos causados pelas emissões de CO₂. Estas nações registam algumas dificuldades para lidar com eventuais desastres naturais, uma exposição a elevados níveis de partículas, de, praticamente, toda a população e uma grande dependência de eletricidade proveniente de combustíveis fósseis. Em oposição, a eletricidade proveniente da energia solar é bastante diminuta e o IPA regista valores reduzidos.

O *cluster 1* agrega, maioritariamente países europeus, e nações de rendimentos elevados (e.g. Singapura), situação com mais registos, e médio-altos (e.g. Bulgária). Neste *cluster* destaca-se o elevado nível de emissões, *per capita*, de gases com efeitos de estufa, a percentagem de população exposta a partículas 2.5 e a elevada capacidade instalada de eletricidade, *per capita*, proveniente de combustíveis fósseis, o valor mais elevado entre os *clusters*. Este grupo apresenta relativa facilidade em lidar com possíveis

desastres e os danos causados pelas emissões de CO₂ são reduzidos. Relativamente à capacidade instalada de eletricidade proveniente de energia solar, o valor da mesma é reduzido, no entanto é o *cluster* com o valor mais alto desta variável. Por fim, a prestação no IPA é mediana, contudo, uma das melhores registadas.

O *cluster 2* é o de maior dimensão, composto, maioritariamente, por países africanos e comportando realidades económicas díspares, uma vez que é composto por países de rendimentos médio-altos, médio-baixos (a maioria) e baixos, como a Albânia, as Filipinas e o Uganda, respetivamente. Este grupo tem emissões de GEE reduzidas e é o que regista o menor número de emissões, de entre os grupos considerados. Denotam-se dificuldades evidentes na gestão de possíveis desastres e uma grande exposição às partículas 2.5. É um dos que sofre mais com os danos causados pelas emissões de CO₂ e apresenta a menor capacidade instalada de eletricidade, quer seja através de combustíveis fósseis quer seja através da energia solar, com a última a registar um valor diminuto. A *performance* no IPA é bastante baixa, sendo o *cluster* com o pior registo desta variável.

Por fim, o *cluster 3*, de menor dimensão, representa, predominantemente, economias de rendimentos altos e de rendimentos médio-altos, sendo o *cluster* com a melhor *performance* ambiental. Maioritariamente, é um *cluster* de países europeus e com elevadas emissões de GHG *per capita*. Tem facilidade em lidar com um possível desastre ambiental e os danos causados pelas emissões de CO₂ são reduzidos. A população deste *cluster* é a menos afetada pela exposição às partículas 2.5, no entanto regista-se uma grande variabilidade nesta variável. Para a capacidade de eletricidade instalada proveniente de combustíveis fósseis regista-se um valor elevado e para a proveniente da energia solar, apesar de o valor ser baixo é o segundo mais alto, dos *clusters* analisados. A prestação do IPA, apesar de mediana, é a melhor, tendo em conta os *clusters* criados.

Em resumo, os *clusters 1* e *3*, predominado por países europeus e de rendimentos elevados, são os que têm maior facilidade em lidar com possíveis desastres, são menos afetados pelos danos causados pelas emissões de CO₂, são os que estão mais preparados para usufruir de energias de fontes renováveis, apesar de, ainda, serem muito dependentes dos combustíveis fósseis, e são os que se encontram mais bem classificados no IPA. Já o *cluster 2*, o único predominado por países de rendimentos médio-baixos, apesar das

baixas emissões de GEE, aparenta ser o mais prejudicado e com pior *performance* ambiental.

Apesar de, aparentemente, a situação económica influenciar o desempenho ambiental dos países, a transição para energias limpas, nomeadamente a solar, ainda se encontra numa fase inicial, para a maioria dos países.

Cluster	Países
0	'Algeria', 'Argentina', 'Armenia, Rep. of', 'Azerbaijan, Rep. of', 'Belarus, Rep. of', 'Bosnia and Herzegovina', 'China, P.R.: Mainland', 'Egypt, Arab Rep. of', 'Georgia', 'Grenada', 'Guyana', 'India', 'Iraq', 'Jamaica', 'Jordan', 'Kazakhstan, Rep. of', 'Lao People's Dem. Rep.', 'Lebanon', 'Malaysia', 'Maldives', 'Marshall Islands, Rep. of the', 'Mexico', 'Moldova, Rep. of', 'Montenegro', 'North Macedonia, Republic of', 'Russian Federation', 'South Africa', 'Suriname', 'Tajikistan, Rep. of', 'Thailand', 'Trinidad and Tobago', 'Tunisia', 'Ukraine', 'Vietnam'
1	'Antigua and Barbuda', 'Barbados', 'Bulgaria', 'Chile', 'Cyprus', 'Czech Rep.', 'Greece', 'Hungary', 'Israel', 'Italy', 'Korea, Rep. of', 'Malta', 'Poland, Rep. of', 'Romania', 'Singapore', 'Slovak Rep.', 'Slovenia, Rep. of'
2	'Afghanistan, Islamic Rep. of', 'Albania', 'Angola', 'Bangladesh', 'Belize', 'Benin', 'Bhutan', 'Bolivia', 'Botswana', 'Brazil', 'Burkina Faso', 'Burundi', 'Cabo Verde', 'Cambodia', 'Cameroon', 'Central African Rep.', 'Chad', 'Colombia', 'Congo, Dem. Rep. of the', 'Congo, Rep. of', 'Costa Rica', 'Djibouti', 'Dominica', 'Dominican Rep.', 'Ecuador', 'El Salvador', 'Equatorial Guinea, Rep. of', 'Eswatini, Kingdom of', 'Ethiopia, The Federal Dem. Rep. of', 'Fiji, Rep. of', 'Gabon', 'Gambia, The', 'Ghana', 'Guatemala', 'Guinea', 'Guinea-Bissau', 'Haiti', 'Honduras', 'Indonesia', 'Kenya', 'Kiribati', 'Lesotho, Kingdom of', 'Liberia', 'Madagascar, Rep. of', 'Malawi', 'Mali', 'Mauritania, Islamic Rep. of', 'Micronesia, Federated States of', 'Morocco', 'Mozambique, Rep. of', 'Myanmar', 'Namibia', 'Nepal', 'Nicaragua', 'Niger', 'Nigeria', 'Pakistan', 'Panama', 'Papua New Guinea', 'Peru', 'Philippines', 'Rwanda', 'Samoa', 'São Tomé and Príncipe, Dem. Rep. of', 'Senegal', 'Sierra Leone', 'Solomon Islands', 'Sri Lanka', 'St. Lucia', 'St. Vincent and the Grenadines', 'Tanzania, United Rep. of', 'Timor-Leste, Dem. Rep. of', 'Togo', 'Tonga', 'Uganda', 'Vanuatu', 'Zambia', 'Zimbabwe'
3	'Austria', 'Croatia, Rep. of', 'Denmark', 'France', 'Latvia', 'Lithuania', 'Paraguay', 'Portugal', 'Spain', 'Switzerland', 'United Kingdom', 'Uruguay'

Figura 12 - Composição dos *clusters* ambientais

		Cluster				
		0	1	2	3	
total		34	17	78	12	
Continente	único	5	3	5	2	
	moda	Asia	Europe	Africa	Europe	
	freq	15	10	41	10	
Região	único	13	7	14	4	
	moda	Western Asia	Eastern Europe	Western Africa	Northern Europe	
	freq	6	6	15	4	
Situação económica	único	3	2	3	2	
	moda	Upper-middle	High	Low-middle	High	
	freq	25	15	40	11	
GHG_pc	média	6.77	8.14	2.32	6.61	
	dp	4.37	2.93	1.40	1.56	
	mín	1.85	4.04	0.34	5.09	
	máx	19.39	13.03	6.48	10.50	
Coping_Capacity	média	4.26	2.41	5.67	2.17	
	dp	0.85	0.68	1.37	0.91	
	mín	2.90	1.00	2.50	0.90	
	máx	6.50	3.70	8.80	4.30	
CO2_damage	média	3.27	1.19	1.41	0.64	
	dp	1.17	0.50	0.60	0.28	
	mín	1.19	0.41	0.27	0.20	
	máx	5.39	2.26	3.36	1.05	
PM	média	98.18	98.47	98.66	43.82	
	dp	5.67	3.69	4.39	20.50	
	mín	71.52	84.58	69.72	15.92	
	máx	100	100	100	79.16	
C_Fuel_pc	média	0.630	0.990	0.110	0.490	
	dp	0.320	0.480	0.110	0.300	
	mín	0.080	0.410	0.000	0.000	
	máx	1.590	2.000	0.490	0.950	
C_Solar_pc	média	0.040	0.200	0.010	0.140	
	dp	0.050	0.100	0.020	0.110	
	mín	0.000	0.060	0.000	0.000	
	máx	0.180	0.360	0.080	0.340	
EPI	média	44.2	63.1	35.6	69.1	
	dp	6.8	7.9	7.3	12.8	
	mín	27.6	45.6	22.6	46.4	
	máx	55.4	72.0	52.9	82.5	

Figura 13 - Estatísticas dos *clusters* para indicadores ambientais

4.2.4 Indicadores de Desenvolvimento Global

Após a análise individual a cada dimensão, importa perceber de que forma as três dimensões consideradas se conjugam e qual o comportamento de cada país ao considerar

todas as dimensões, simultaneamente. À semelhança da abordagem seguida para a criação de *clusters*, também para a ACP foram retirados os *outliers* existentes.

Primeiramente, aplica-se a ACP às variáveis recolhidas. Para garantir que as mesmas são indicadas para a realização da ACP foi efetuado o teste Kaiser-Meyer-Olkin, obtendo-se um resultado de 0,77, sendo superior a 0,5, pode-se prosseguir com a aplicação da ACP. Segundo enunciado por Kaiser (1974), o facto de o resultado se encontrar entre 0,7 e 0,8 faz das variáveis medianamente indicadas para a aplicação do método mencionado.

A Figura 14 permite realizar uma análise dos resultados obtidos com a ACP, através da observação dos *loadings*, que evidenciam quais as variáveis que mais contribuem para as componentes principais, e através da variância explicativa das cinco componentes principais retidas, que representa quanto da variância total é explicada pelas novas variáveis. Para a interpretação das componentes são considerados *loadings* com valores superiores a 0,4 ou 0,5, como recomendado por Hair et al. (2014).

A CP1 representa 37,8% da variância total. Esta componente tem uma forte influência positiva das variáveis representantes da esperança de vida à nascença, do acesso à eletricidade, do nível de democracia, do PIB *per capita*, das emissões de GEE, *per capita*, da capacidade de eletricidade instalada, *per capita*, proveniente dos combustíveis fósseis e da energia solar e do IPA. A variável Coping_Capacity tem uma influência negativa muito forte nesta componente.

Esta componente, pelas variáveis que lhe estão associadas, reflete o desenvolvimento geral dos países bem como o bem-estar associado a cada um deles, evidenciando a importância do desenvolvimento económico, social e do avanço tecnológico. No entanto, é necessário contabilizar os *loadings* elevados das emissões de GEE e da capacidade instalada de eletricidade proveniente de combustíveis fósseis. Os elevados valores destas duas variáveis demonstram que, ao refletir o desenvolvimento económico das nações, esta componente engloba, também, as emissões de GEE e o papel que os combustíveis fósseis têm no desenvolvimento de uma sociedade, evidenciando os desafios relacionados com a sustentabilidade ambiental.

Considerando que as três dimensões estudadas se encontram representadas nesta componente e considerando as variáveis que estão fortemente associadas à CP1, a mesma pode ser interpretada como um “Índice de Desenvolvimento Global e Resiliência”. Como

tal, é expectável que os países com valores mais elevados no índice registem boas *performances* no IPA, deem importância acrescida às energias renováveis, tenham capacidade e facilidade em lidar com desastres ambientais, apresentem boas estruturas sociais e um forte desenvolvimento económico e contribuam fortemente para as emissões GEE.

A CP2, que explica 11,35% da variância total, apresenta um *loading* positivo e elevado para os danos causados pelas emissões de CO₂ e *loadings* moderados para a capacidade instalada de eletricidade proveniente de combustíveis fósseis, *per capita*, e para as emissões de GEE. Em oposição, a variável representante da democracia apresenta um *loading* moderado negativo. Como tal, pode-se interpretar esta componente como a relação que se estabelece entre a governação de um país e as consequências que a mesma tem a nível ambiental, tanto ao nível das emissões e dos danos causados como das políticas ambientais em vigor. É expectável que um *score* reduzido na CP2 seja acompanhado por um nível de democracia mais alto e por reduzidos danos ambientais.

Na CP3, apenas com 9,46% da variância explicada, destacam-se os *loadings* negativos da despesa em educação e da taxa de desemprego e o *loading* positivo do Investimento Direto Estrangeiro. Esta componente, aparenta, captar a relação entre a instabilidade económica e o investimento direto estrangeiro, o que pode ser interpretado como a capacidade de um país para atrair IDE.

A CP4, com uma variância explicada de 7,37%, apresenta um *loading* positivo para a taxa de mortalidade e *loadings* negativos para a despesa em educação, a taxa de desemprego e a exposição às partículas 2.5. Este contraste pode representar dinâmicas importantes entre as dimensões social e ambiental em grupos específicos de países.

Por fim, a CP5 explica uma variância muito reduzida, apenas 6,81%. Esta componente centra-se, essencialmente, na inflação, o que denota a importância da mesma entre os vários indicadores de desenvolvimento. Assim, a instabilidade económica, marcada por uma elevada inflação, opõe-se a aspetos mais favoráveis, tal como uma esperança de vida à nascença, entre moderada a alta, e o acesso geral da população à eletricidade. Como tal, esta componente representa disparidades na resiliência económica e social, evidenciando como a inflação pode coexistir com outros aspetos do bem-estar.

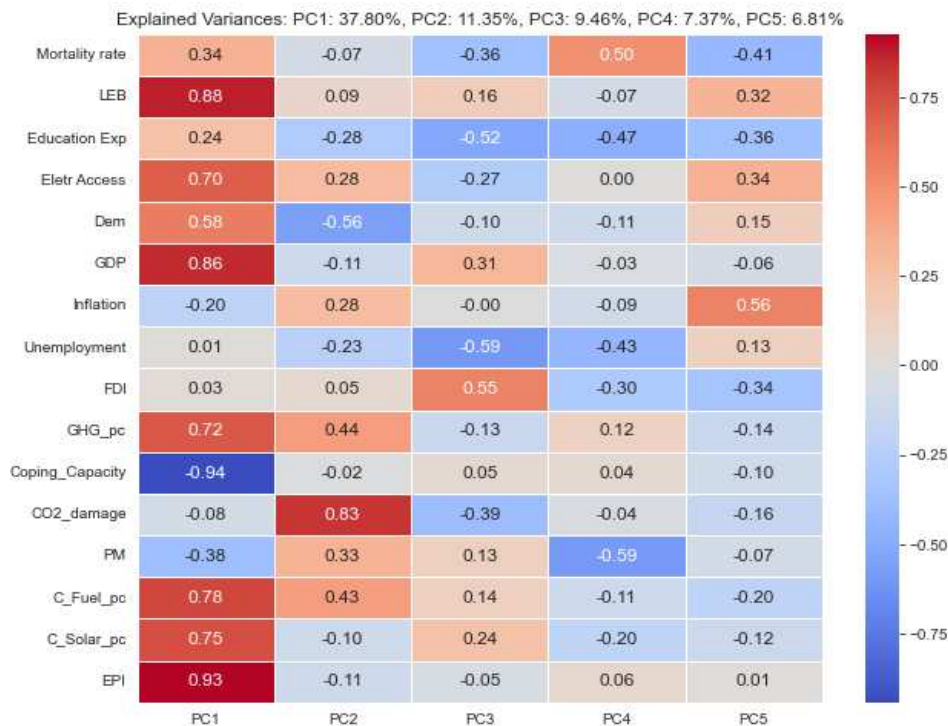


Figura 14 - *Loadings* da ACP (*heatmap* dos indicadores de desenvolvimento global)

As Figuras 15 e 16 dizem respeito aos *clusters* criados que englobam as três dimensões, em simultâneo. Através dos resultados dos *scores* Silhueta, i.e. 0,308 (consultar [Anexos – Figura A.7](#)), devem ser criados oito *clusters*.

O *cluster 0* é o mais pequeno, sendo constituído, apenas, por países de altos rendimentos. Destaca-se a elevada esperança de vida à nascença associada, o nível médio-alto de democracia, o PIB *per capita* elevado, a taxa reduzida de inflação, a alta percentagem de IDE, a elevada dependência de combustíveis fósseis e o valor do IPA, o segundo mais alto registado.

O *cluster 1* é o que agrupa mais países, representando todos os continentes. É, maioritariamente, composto por países de rendimentos médio altos. Este *cluster* apresenta um comportamento mediano para a maioria das variáveis, merecendo menção as baixas emissões de gases com efeito de estufa *per capita*, a reduzida aposta nas energias renováveis e a baixa *performance* do IPA.

O *cluster 2* constituído por países de rendimentos baixos e médio baixos é o que apresenta maiores dificuldades e desafios, na dimensão global, conclusão retirada através da reduzida esperança de vida à nascença, do fraco acesso à eletricidade, do baixo nível

de democracia, do valor muito reduzido do PIB *per capita*, da alta inflação, da dificuldade em lidar com desastres, da reduzida capacidade de eletricidade instalada e da fraca *performance* no IPA, ou seja, fracos indicadores de desenvolvimento e grandes desafios económicos.

O *cluster* 3 é formado, predominantemente, por países europeus e por países de rendimentos altos. Neste grupo destaca-se a elevada esperança de vida à nascença, a predominância da democracia, que regista o valor mais alto de todos os *clusters*, o valor considerável do PIB *per capita*, as elevadas emissões de GEE, a aposta na eletricidade proveniente de energia solar e a pontuação do IPA, a mais alta dos vários grupos.

O *cluster* 4 contém, na generalidade, países do leste europeu, de rendimentos médio altos, nos quais se evidencia a elevada taxa de mortalidade, o reduzido nível de democracia e as emissões de GEE, sendo o *cluster* que mais contribui para esta variável.

O *cluster* 5 é marcado pelos países de rendimentos médios, médio baixos (maioria) e médio altos, com predominância de nações do continente asiático. Destaca-se a baixa democracia experienciada deste grupo, a inflação forte e a fraca *performance* no IPA, indicando desafios no desenvolvimento dos países.

No *cluster* 6, maioritariamente europeu, inclui-se, também, o Paraguai e o Uruguai, com forte presença de países com rendimentos altos, destaca-se, negativamente pela alta taxa de mortalidade e positivamente pelo nível de democracia, pela baixa exposição a partículas 2.5 e pela pontuação no IPA, que apesar de estar longe do melhor resultado possível, é o terceiro *cluster* com melhor classificação.

Por fim, o *cluster* 7 é predominado por países sul africanos, com uma divisão quase igualitária entre rendimentos médio baixos e médio altos, com os últimos em maioria. Neste grupo o foco é na baixa esperança de vida à nascença, no valor, longe do ótimo, do acesso à eletricidade, no nível mediano da democracia, no elevado desemprego e na prestação muito fraca no IPA.

Em suma, os *clusters* predominados por países de rendimentos elevados (i.e. *clusters* 0,3 e 6) são os que apresentam um maior desenvolvimento global, os que dão maior importância à presença de energias renováveis, mas, também, dos que mais contribuem para as emissões de gases com efeito de estufa. Em oposição, os *clusters* de rendimentos

mais baixos (i.e. *clusters* 2 e 5) são os que incluem países com maiores dificuldades no seu desenvolvimento.

Cluster	Países
0	'Israel', 'Korea, Rep. of', 'Malta', 'Singapore'
1	'Albania', 'Argentina', 'Armenia, Rep. of', 'Bangladesh', 'Belize', 'Bhutan', 'Brazil', 'Colombia', 'Costa Rica', 'Dominican Rep.', 'Ecuador', 'El Salvador', 'Fiji, Rep. of', 'Gabon', 'Georgia', 'Guatemala', 'Honduras', 'India', 'Indonesia', 'Jamaica', 'Maldives', 'Mexico', 'Morocco', 'Nepal', 'Nicaragua', 'Panama', 'Peru', 'Philippines', 'Samoa', 'São Tomé and Príncipe, Dem. Rep. of', 'Timor-Leste, Dem. Rep. of', 'Tonga'
2	'Cambodia', 'Cameroon', 'Ethiopia, The Federal Dem. Rep. of', 'Gambia, The', 'Ghana', 'Guinea', 'Haiti', 'Kenya', 'Liberia', 'Madagascar, Rep. of', 'Mali', 'Mauritania, Islamic Rep. of', 'Mozambique, Rep. of', 'Niger', 'Rwanda', 'Senegal', 'Sierra Leone', 'Tanzania, United Rep. of', 'Togo', 'Uganda', 'Vanuatu', 'Zambia'
3	'Austria', 'Barbados', 'Chile', 'Czech Rep.', 'Greece', 'Italy', 'Poland, Rep. of', 'Slovak Rep.', 'Slovenia, Rep. of'
4	'Belarus, Rep. of', 'Kazakhstan, Rep. of', 'Malaysia', 'Moldova, Rep. of', 'Russian Federation', 'Trinidad and Tobago', 'Ukraine'
5	'Algeria', 'Azerbaijan, Rep. of', 'Lao People's Dem. Rep.', 'Lebanon', 'Pakistan', 'Suriname', 'Tajikistan, Rep. of', 'Thailand', 'Vietnam'
6	'Croatia, Rep. of', 'France', 'Latvia', 'Lithuania', 'Paraguay', 'Romania', 'Uruguay'
7	'Bolivia', 'Botswana', 'Eswatini, Kingdom of', 'Lesotho, Kingdom of', 'Namibia', 'South Africa', 'St. Vincent and the Grenadines'

Figura 15 - Composição dos *clusters* globais

		Cluster							
		0	1	2	3	4	5	6	7
	total	4	32	22	9	7	9	7	7
Continente	único	2	5	4	2	3	3	2	2
	moda	Asia	America	Africa	Europe	Europe	Asia	Europe	Africa
	freq	3	15	19	7	4	7	5	5
Região	único	4	11	6	5	4	6	5	3
	moda	Várias regiões	Central America	Western Africa	Eastern/Southern Europe	Eastern Europe	South-Eastern Asia	Northern/Southern Europe	Southern Africa
	freq	1	8	10	3	4	3	2	5
Situação económica	único	1	2	2	1	3	2	2	2
	moda	High	Upper-middle	Low	High	Upper-middle	Low-middle	High	Upper-middle
	freq	4	18	12	9	5	5	5	4
GDP	média	41735	5181	1204	23498	8393	3491	18046	4479
Inflation	média	0.52	3.99	7.41	1.66	3.42	17.05	2.27	2.54
Unemployment	média	4.14	8.97	4.95	7.60	4.85	7.10	7.86	19.76
FDI	média	14.50	1.69	5.55	1.62	2.13	1.97	2.36	0.93
Mortality rate	média	6.08	7.20	7.45	10.90	11.90	6.57	12.24	9.66
LEB	média	83.22	72.32	63.58	79.29	72.41	72.12	76.56	63.53
Education Exp	média	4.93	4.53	3.65	4.90	4.82	3.85	4.50	7.11
Eletr Access	média	100.00	96.81	50.04	100.00	99.99	99.02	99.96	76.98
Dem	média	74.25	62.91	45.18	90.67	44.00	30.11	85.71	66.71
GHG_pc	média	9.29	3.20	1.55	7.98	11.13	4.75	6.73	4.38
Coping_Capacity	média	1.75	4.40	6.37	2.30	3.74	4.73	2.90	4.91
CO2_damage	média	0.79	1.61	1.32	1.18	3.90	3.88	0.84	2.09
PM	média	99.91	97.58	99.38	94.29	94.77	99.50	56.02	99.87
C_Fuel_pc	média	1.680	0.240	0.030	0.790	1.080	0.410	0.370	0.260
C_Solar_pc	média	0.260	0.020	0.000	0.200	0.040	0.030	0.060	0.030
EPI	média	65.3	42.3	30.3	65.9	48.2	40.8	61.1	39.7

Figura 16 - Estatísticas dos *clusters* para os indicadores de desenvolvimento global

A Figura 17 projeta os *clusters*, acima analisados, considerando os *scores* obtidos na CP1 e na CP2. Na parte direita da figura encontram-se os países com os melhores resultados na CP1 (e.g. Coreia, Singapura, Áustria) ou seja, os países mais desenvolvidos, aqueles que apresentam melhores *performances* no Índice Global de Desenvolvimento e Resiliência. Estes compõem os *clusters* 0, 3 e 6.

Na base da figura encontram-se os países que obtêm os resultados mais baixos na CP2, o que na verdade é favorável, uma vez que, tal como mencionado na interpretação das componentes principais, um valor reduzido nesta componente pressupõe países mais democráticos e danos inferiores causados ao ambiente.

Assim, os países representados no campo inferior direito (e.g. Áustria, França, Itália) apresentam os melhores resultados da análise.

No canto inferior esquerdo da figura encontram-se, maioritariamente, países do *cluster 2*, ou seja, países de rendimentos baixos. Nestes, os resultados do Índice de Desenvolvimento são muito baixos, no entanto apresentam uma boa *performance* na CP2, que se deve mais aos baixos valores registados de emissões GEE, de capacidade instalada de eletricidade proveniente de combustíveis fósseis e aos danos reduzidos provocados pelo CO₂, do que a bons níveis de democracia. Estes países são os que têm os piores resultados na CP1.

Na parte negativa da CP1 e na positiva da CP2 encontram-se países como o Índia, a Indonésia e o Paquistão que apresentam as maiores dificuldades ao nível das métricas de desenvolvimento.

No centro da figura encontra-se o cluster 1, apresentando resultados medianos para as duas componentes.

Por fim, apesar de algum afastamento espacial, é possível afirmar que os países do *cluster 4* se encontram na mesma região, o que permite aferir uma proximidade entre os países pós-soviéticos, que se pode dever a uma vertente histórica que influencia a situação global de desenvolvimento dos diferentes países.

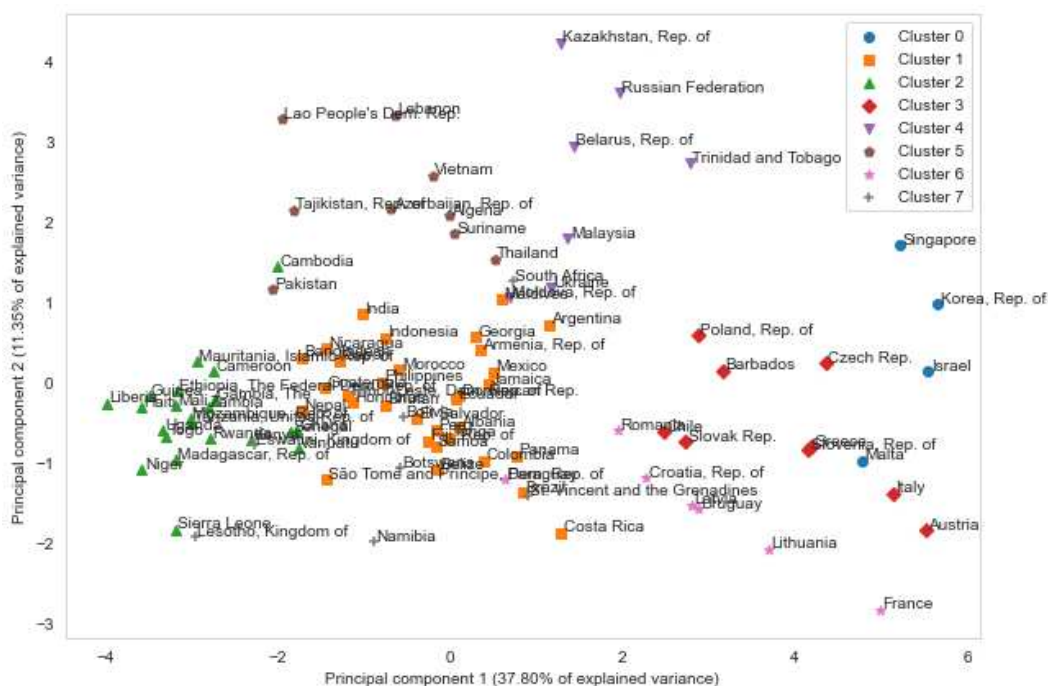


Figura 17 - Projeção dos *clusters* ao nível da CP1 e CP2

4.3 Discussão

Cada dimensão analisada apresenta um número de *clusters* diferente. Este comportamento evidencia que, apesar de coincidentes numa dimensão, os países podem ter comportamentos bastante diferentes noutras, não obstante alguns países encontram-se juntos em mais do que uma dimensão.

De forma geral, os países europeus e de rendimentos elevados tendem a agrupar-se em conjunto e a registar boas *performances* nas várias dimensões e os países africanos e de rendimentos baixos revelam as maiores dificuldades em todas as dimensões, o que se assemelha aos resultados de Çağlar & Gürler (2022), para quem os países de rendimentos elevados são agrupados em conjunto e apresentam os melhores resultados no Índice dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e os países de rendimentos baixos e médio baixos apresentam os piores resultados.

Esta situação, que não apresenta surpresa, evidencia as desigualdades latentes entre as várias nações, que perduram há muito no tempo, com os países europeus e, alguns americanos, a apresentarem uma *performance* superior à de vários países africanos e alguns asiáticos.

Prova desta discrepância entre países e regiões são os *scores* obtidos na CP1, por países como Coreia do Sul, Israel, Áustria, Singapura, Itália, França, Malta, Eslovénia, Lituânia e República Checa, que apresentam um grau de desenvolvimento e uma capacidade de resiliência muito superior aos países com os *scores* mais baixos como Libéria, Haiti, Guiné, Etiópia, Mali, Uganda, Togo, Madagáscar, Níger e Serra Leoa.

A alusão da CP1 a um índice pode ser equiparada ao trabalho de Jain & Mohapatra (2023) que, através da ACP, construíram um Índice Composto da Sustentabilidade Ambiental para economias emergentes. O Brasil, a Colômbia e o Chile obtiveram as melhores *performances*, com índices próximos. No presente estudo, estes países não são os melhores classificados, mas o que mais se destaca é o facto da sua *performance* não se encontrar tão próxima como em Jain & Mohapatra (2023). Alguns dos países com piores classificações na CP1 coincidem com os piores classificados em Khatun (2009), e.g. Togo, Moçambique e Níger, que recorreu à ACP para medir a degradação ambiental. Conclui-se, assim, que a *performance* destes países para além de fraca ao nível ambiental, também o é numa perspetiva de desenvolvimento global.

Importa realçar que o desempenho dos países nas dimensões estudadas pode estar relacionado com dois fatores que merecem ser mencionados, nomeadamente, as condicionantes históricas associadas a cada nação e o governo de cada uma delas. Na CP2 é destacado o papel do governo, o qual aparenta impactar o meio ambiente. Esta conclusão coincide com o trabalho de Gültekin et al (2023) que defende que um país com baixos níveis de democracia é um país com níveis mais elevados de poluição.

Um aspeto interessante é que, apesar de os países de rendimentos mais baixos apresentarem piores desempenhos e serem mais prejudicados na dimensão ambiental, as suas emissões GEE são, por norma, inferiores à dos países de rendimentos elevados. Como referido por Jabbari et al. (2020), tal deve-se aos limites impostos pelos seus níveis de desenvolvimento e não pela consciencialização dos danos causados pelos GEE, até porque alguns destes países concedem subsídios para o uso de combustíveis fósseis, Jain & Mohapatra (2023).

Este estudo evidencia as divergências existentes entre países, especialmente numa ótica de países de rendimentos baixos *versus* países de rendimentos elevados. Estas diferenças evidenciam a necessidade de os países, de menores rendimentos, criarem políticas nacionais que tenham por base um desenvolvimento sustentável, que potencie, simultaneamente, as diversas dimensões analisadas, mas, também, de serem implementadas políticas internacionais de cooperação que permitam a aproximação dos países em desenvolvimento aos países desenvolvidos.

Finalmente, apesar do desempenho, claramente, superior dos países de maiores rendimentos, os mesmos devem apostar na criação de medidas que privilegiem a sustentabilidade ambiental, tendo como objetivo a redução das emissões GEE, através, por exemplo, de uma transição sustentada e duradora para as energias renováveis.

5. CONCLUSÃO

Este estudo, tem o intuito de elucidar sobre as relações que se estabelecem entre as várias dimensões que compõem uma sociedade (i.e. económica, social e ambiental) e procura averiguar de que forma os países, a nível mundial, se comportam nestas dimensões e como se assemelham uns aos outros. Para o efeito recorre-se à análise de *clusters* e à ACP.

Inicialmente, cada dimensão é analisada individualmente e, numa fase posterior, as três dimensões são contabilizadas, em conjunto, para a ACP e para a análise de *clusters*. Um aspeto comum a todas as análises de *clusters* é que os países de rendimentos elevados tendem a agrupar-se, evidenciado bons desempenhos económicos, sociais e ambientais. Os países de rendimentos reduzidos agrupam-se com os seus semelhantes e as dificuldades económicas, sociais e ambientais são evidentes, através dos desempenhos registados em cada uma das dimensões.

De facto, os países de rendimentos elevados apresentam valores de PIB *per capita* elevados, elevadas esperanças de vida à nascença, os valores mais elevados de democracia, elevadas emissões de GEE, maiores apostas nas energias renováveis e os melhores IPA. Em contrapartida, os países menos desenvolvidos estão associados a esperanças de vida à nascença inferiores, índices de democracia mais baixos, PIB *per capita* reduzidos, emissões GEE mais reduzidas e maiores dificuldades em lidar com desastres.

Através da aplicação da ACP retiram-se conclusões que merecem destaque, nomeadamente a comparação da CP1 a um índice de desenvolvimento. Se através dos *clusters* não ficasse claro quais as nações mais desenvolvidas e com melhores *performances*, através da análise dos *scores* da CP1 é evidente quais os países com melhores desempenhos (e.g. Coreia do Sul e Israel), mas, também com os piores (e.g. Libéria, Níger).

Ainda relativamente à ACP importa realçar a importância que a estrutura governativa tem no meio ambiente e na sustentabilidade do mesmo, uma vez que governos democráticos tendem a privilegiar a qualidade ambiental.

Posto isto, é clara a necessidade de criação de políticas que promovam um desenvolvimento sustentável e que permitam uma convergência dos países menos desenvolvidos com a realidade dos países de maiores rendimentos, como por exemplo a transição para energias renováveis, por parte das economias emergentes e, para os países de rendimentos elevados, um foco maior na diminuição da dependência dos combustíveis fósseis.

Importa destacar que da análise foram excluídas observações que se desviavam, consideravelmente, dos valores médios das variáveis consideradas, os *outliers*, de forma a garantir resultados mais precisos e significativos, tanto para a ACP como para a criação de *clusters*.

Por fim, a incorporação do índice dos ODS nesta análise foi considerada, no entanto o mesmo não foi incluído por não se enquadrar em nenhuma das três dimensões consideradas. Os ODS representam várias dimensões e, por essa razão, não é possível atribuir uma única dimensão ao índice. Assim, futuramente, seria interessante estudar o comportamento dos vários países no cumprimento dos ODS.

BIBLIOGRAFIA

- Almarafi, B., Khudari, M. & Abdullah, A. (2023). A Critical Review of the Relationship Between Environmental Performance Index, Financial Development and Economic Growth. *International Journal of Professional Business Review*, 8 (7), e02568. doi: <https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i7.2675>
- Armstrong, A. K., Krasny, M.E. & Schuldt, J.P. (2018). *Communicating Climate Change: A Guide for Educators*, Cornell University Press, Comstock Publishing Associates. doi: [10.7298/cnbq-an02](https://doi.org/10.7298/cnbq-an02)
- Boslaugh, S. & Watters, P. A. (2008). *Statistics in a Nutshell*, 1º Ed. Sebastopol: O'Reilly.
- Çağlar, M., Gürler, C. (2022). Sustainable Development Goals: A cluster analysis of worldwide countries. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 8593-8624. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01801-6>
- Chen, C., Ge, Q., Tao, Z. & Liang, L. (2022). Evaluation of Ecological Environment Quality in Chongqing Main City Area Based on Principal Component Analysis. *Scientific Programming*, 7374034. doi: <https://doi.org/10.1155/2022/7374034>
- Drastichová, M. (2020). Cluster Analysis of Sustainable Development Goal Indicators in the European Union. In: Bilgin, M., Danis, H., Karabulut, G. and Gözgor, G., eds. *Euroasian Economic Perspectives: Proceedings of the 25th Euroasia Business and Economics Society Conference*. Berlin, Springer, Cham, 12 (1), 99-124. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35040-6_7
- Fakher, H. & Abedi, Z. (2017). Relationship between Environmental Quality and Economic Growth in Developing Countries (based on Environmental Performance Index). *Environmental Energy and Economic Research*, 1 (3), 299-310. doi: [10.22097/eeer.2017.86464.1001](https://doi.org/10.22097/eeer.2017.86464.1001)
- Flor, A. (2023) Não há ar seguro: só 0,001% da população respira ar sem excesso de partículas finas. *Público* [online]. 6 novembro. Disponível em: <https://www.publico.pt/2023/03/06/azul/noticia/nao-ha-ar-seguro-so-0001-populacao-respira-ar-excesso-particulas-finas-2041273> [Acedido 1 setembro 2024]

- Gallego-Alvarez, I., Vicente-Galindo, M. P., Galindo-Villardón, M. P. & Rodríguez-Rosa, M. (2014). Environmental Performance in Countries Worldwide: Determinant Factors and Multivariate Analysis. *Sustainability*, 6(11), 7807-7832. doi: <https://doi.org/10.3390/su6117807>
- Galeotti, M. (2007). Economic Growth and the Quality of the Environment: Taking Stock. *Environment, Development and Sustainability*, 9, 427-454. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-006-9030-y>
- Gültekin, Ö. F., Sayar, R. & Ari, Y. O. (2023). Socio-economic determinants of environmental degradation: Empirical evidence for the Environmental Kuznets Curve. *Economics and Business Review*, 9 (3), 66-97. doi: <https://doi.org/10.18559/ebr.2023.3.797>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate Data Analysis*. 7^o Ed. Pearson Education.
- Horii, R. & Ikefujii, M. (2014) *Environment and Growth* [online]. 37.2014. Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM). Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/resrep01049> [Acedido a 11 agosto 2024]
- Jabbari, M., Motlagh, M. S., Ashrafi, K & Abdoli, G (2020). Differentiating countries based on the sustainable development proximities using the SDG indicators. *Environment, Development and Sustainability* 22, 6405-6423. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00489-z>
- Jain, N. & Mohapatra, G. (2023). A comparative assessment of Composite Environmental Sustainability Index for emerging economies: a multidimensional approach. *Management of Environmental Quality*, 34 (5), 1314-1331. doi: <https://doi.org/10.1108/MEQ-12-2022-0330>
- Jančovič, P. (2022). Cluster analysis of European Union member states performance in terms of SGD indicators. In: Dančo, J., Kromková, J., Orlovská, S., Pernický, J., Sýkora, J. and Vlková, E., eds. *International Relations 2022: Current issues of world economy and politics*. Bratislava, 1-2 Dezembro 2022. Ekonóm, 251-262.
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical,*

- Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202. doi: <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39, 31-36. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02291575>
- Karsch, N. M. (2019). Examining the Validity of the Environmental Kuznets Curve. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, 21 (1), 32-50. doi: <https://doi.org/10.7916/consilience.v0i21.5727>
- Khatun, T. (2009). Measuring environmental degradation by using principal component analysis. *Environment, Development and Sustainability*, 11, 439-457. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-007-9123-2>
- Kumari, R., Raman, R. & Patel, R. K. (2023). Regional disparities in social, environmental, and economic indicators among the Indian States. *GeoJournal*, 88 (4), 4351-4371. doi: <https://doi.org/10.1007/s10708-023-10868-9>
- Lu, Y & Liu, R. (2022). An Empirical Analysis of Jiangxi Province's Financial Development, Economic Growth, and Environmental Pollution. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 3327318. doi: <https://doi.org/10.1155/2022/3327318>
- Maharaj, E. A., D'Urso, P. & Caiado, J. (2019). *Time Series Clustering and Classification*, 1^o Ed. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. doi: <https://doi.org/10.1201/9780429058264>
- Mathrani, A., Wang, J., Li, D. & Zhang, X. (2023). Clustering Analysis on Sustainable Development Goal Indicators for Forty-Five Asian Countries. *Sci*, 5(2), 14. doi: <https://doi.org/10.3390/sci5020014>
- Onofrei, M., Vatamanu, A.F. & Cigu, E. (2022). The Relationship Between Economic Growth and CO2 emissions in EU Countries: A Cointegration Analysis. *Frontiers in Environmental Science*, 10. doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.934885>
- Organização Mundial de Saúde (2021) *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide* [online]. Genebra: Organização Mundial de Saúde. Disponível em:

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228> [Acedido 1 setembro 2024]

- Rasli, A. M., Qureshi, M.I., Isah-Chikaji, A., Zaman, K. & Ahmad, M. (2018). New toxics, race to the bottom and revised environmental Kuznets curve: The case of local and global pollutants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81 (2), 3120-3130. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.092>
- Ratner, B. (2009). The correlation coefficient: Its values range between +1/-1, or do they?. *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*, 17, 139-142. doi: <https://doi.org/10.1057/jt.2009.5>
- Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32 (8), 1419-1439. doi: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>Get rights and content

ANEXOS

Nesta secção apresentam-se as informações referentes aos *outliers* e aos *scores* Silhueta calculados para cada dimensão.

Pais	Continente	Região	Situação económica	GDP	Inflation	Unemploy-ment	FDI
Ireland	Europe	Northern Europe	High	85787	0.47	5.62	6.58
Luxembourg	Europe	Western Europe	High	117616	0.01	6.77	13.35
Switzerland	Europe	Western Europe	High	86110	0.73	4.82	-32.64
Venezuela, Rep. Bolivariana de	America	South America	Na	1567	2355.15	7.53	Na
Zimbabwe	Africa	Eastern Africa	Low-middle	1771	557.21	8.65	0.70
Djibouti	Africa	Eastern Africa	Low-middle	3224	1.79	27.85	4.97
Cayman Islands	America	Caribbean	High	Na	Na	Na	121.76
Cyprus	Asia	Western Asia	High	28142	1.10	7.76	-103.16
Hungary	Europe	Eastern Europe	High	16094	3.33	4.25	106.57

Figura A.1 - *Outliers* identificados e removidos da dimensão económica

# Clusters	Score
3	0.367
4	0.388
5	0.424
6	0.421
7	0.331
8	0.346
9	0.355
10	0.397

Figura A.2 - *Scores* Silhueta – *Cluster* económico

País	Continente	Região	Situação económica	Mortality rate	LEB	Education Exp	Eletr Access	Dem
Serbia, Rep. of	Europe	Southern Europe	Upper-middle	16.90	74.48	3.56	100	64
Cuba	America	Caribbean	Upper-middle	10.23	77.57	11.52	99.93	13
Marshall Islands, Rep. of the	Oceania	Micronesia	Upper-middle	7.43	64.98	13.78	98.26	93
Micronesia, Federated States of	Oceania	Micronesia	Low-middle	Na	70.67	10.54	81.85	92
Burundi	Africa	Eastern Africa	Low	Na	61.57	5.32	9.10	14
Chad	Africa	Middle Africa	Low	12.49	52.78	2.74	10.87	17
Malawi	Africa	Eastern Africa	Low	6.71	63.72	Na	11.50	66
South Sudan, Rep. of	Africa	Eastern Africa	Low	10.76	55.48	Na	7.26	2

Figura A.3 - *Outliers* identificados e removidos da dimensão social

# Clusters	Score
3	0.325
4	0.321
5	0.341
6	0.347
7	0.347
8	0.350
9	0.323
10	0.314

Figura A.4 - *Scores Silhueta* – *Cluster* social

Pais	Continen te	Região	Situação econômica	GHG	Coping	CO2	PM	Fuel	Solar	EPI
Bahrain	Asia	Western Asia	High	36.65	3.00	4.10	99.93	5.20	0.0066	51.0
Brunei Darussalam	Asia	South-Eastern Asia	High	26.97	3.50	2.42	4.62	2.78	0.0033	54.8
Kuwait	Asia	Western Asia	High	31.17	3.70	Na	99.72	4.62	0.0193	53.6
Qatar	Asia	Western Asia	High	43.33	2.90	2.66	100.0 0	3.83	0.0018	37.1
Turkmenistan	Asia	Central Asia	Upper-middle	31.05	5.90	Na	100.0 0	1.12	Na	43.9
United Arab Emirates	Asia	Western Asia	High	26.91	1.80	2.12	99.95	3.39	0.2512	55.6
Iran, Islamic Rep. of	Asia	Southern Asia	Low-middle	9.68	4.60	11.50	99.98	0.8140	0.0049	48.0
Mongolia	Asia	Eastern Asia	Low-middle	16.37	4.60	7.53	91.82	0.3746	0.0287	32.2
Syrian Arab Rep.	Asia	Western Asia	Low	2.27	5.50	9.85	100.0 0	0.4152	0.0006	Na
Uzbekistan, Rep. of	Asia	Central Asia	Low-middle	5.48	3.80	7.81	100.0 0	0.4271	0.0001	44.3
Canada	America	Northern America	High	17.83	2.40	1.41	0.51	0.9281	0.0950	71.0
Iceland	Europe	Northern Europe	High	7.24	1.90	0.29	3.66	0.3173	0.0191	72.3
Ireland	Europe	Northern Europe	High	11.93	1.80	0.46	3.44	1.2371	0.0180	72.8
Mauritius	Africa	Eastern Africa	Upper-middle	5.08	2.80	1.27	10.49	0.5055	0.0851	45.1
New Zealand	Oceania	Australia and New Zealand	High	15.75	1.80	0.67	0.18	0.4326	0.0283	71.3
Norway	Europe	Northern Europe	High	8.57	1.60	0.39	0.78	0.1760	0.0297	77.7
United States	America	Northern America	High	16.61	2.20	0.89	8.85	2.2057	0.2306	69.3
Bahamas	America	Caribbean	High	6.89	3.10	0.98	98.65	2.1601	0.0073	43.5
Oman	Asia	Western Asia	High	20.93	3.70	4.46	99.99	2.3084	0.0284	38.5
Saudi Arabia	Asia	Western Asia	High	19.80	3.40	2.93	99.75	2.2131	0.0030	44.0
Australia	Oceania	Australia and New Zealand	High	22.30	2.10	1.23	18.16	2.0256	0.8124	74.9
Belgium	Europe	Western Europe	High	8.67	1.80	0.68	86.64	0.6044	0.4830	73.3
Germany	Europe	Western Europe	High	8.33	1.60	0.65	55.89	1.0347	0.6454	77.2
Japan	Asia	Eastern Asia	High	8.67	1.50	0.82	98.37	1.5309	0.5692	75.1
Netherlands	Europe	Western Europe	High	8.94	1.30	0.66	85.73	1.3078	0.6369	75.3

Figura A.5 - *Outliers* identificados e removidos da dimensão ambiental

# Clusters	Score
3	0.431
4	0.457
5	0.416
6	0.413
7	0.405
8	0.407
9	0.368
10	0.353

Figura A.6 - Scores Silhueta – Cluster ambiental

# Clusters	Score
3	0.280
4	0.289
5	0.296
6	0.287
7	0.289
8	0.308
9	0.239
10	0.256

Figura A.7 - Scores Silhueta – Cluster global