

2º CICLO

ECONOMIA E GESTÃO DO AMBIENTE

Segurança energética na União Europeia – principais determinantes

Maria Beatriz Pereira

M

2023

Segurança energética na União Europeia- principais determinantes

Maria Beatriz Pereira

Dissertação

Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente

Orientado por

Professora Doutora Susana Silva

2023

Agradecimentos

A presente tese resultou do apoio de diversas pessoas, que de forma direta ou indireta deram o seu contributo para que a realização da mesma fosse possível. Desta forma queria agradecer, de forma especial:

À minha orientadora, por parte da Faculdade de Economia, Professora Doutora Susana Silva, por todo o apoio, orientação e tempo disponibilizado.

À minha família, por todo o apoio e me ensinarem o significado da palavra resiliência. Pelos momentos de paciência nas horas mais difíceis e pelo exemplo de força e motivação.

Ao meu grupo de amigas por toda a ajuda prestada, inspiração e exemplos de sucesso e ambição.

Resumo

O crescimento populacional global e o aumento da qualidade de vida resultaram num aumento significativo no consumo de energia, o que levantou preocupações relacionadas ao acesso e à dependência da mesma, o que levou a uma necessidade de implementar políticas. A segurança energética é definida pela capacidade do sistema energético de responder a mudanças repentinas no equilíbrio entre a oferta e a procura. Portanto, é de extrema importância que a União Europeia (UE) aumente sua segurança energética e avalie os fatores que a comprometem, tanto positivamente como negativamente. Com a guerra entre a Rússia e a Ucrânia, a UE enfrentou um período de vulnerabilidade em relação à segurança energética, visto que não produz energia suficiente para atender à sua procura. Este estudo aborda uma lacuna na literatura devido à sua relevância atual, explorando os fatores que podem afetar a segurança energética da UE, os fluxos de energia dentro da UE e a necessidade de diversificar os fornecedores de energia para se proteger contra futuras crises energéticas. Diferencia-se pela sua abordagem espacial, que vai além do cálculo de indicadores de segurança energética. Ele inclui na sua metodologia uma análise aprofundada dos fornecedores de energia da UE, considerando também os regimes políticos desses países, bem como indicadores como Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), Produto Interno Bruto per capita (PIB per capita) e Índice de Gini. A metodologia inclui uma pesquisa exploratória, recorrendo ao uso de índices, como os mencionados anteriormente, os quais serviram para analisar os fornecedores. Quanto à UE, o Índice Shannon-Wiener (SWI) será usado para calcular a diversidade do mix energética da mesma, a sua dependência em relação às importações de energia e a estabilidade geopolítica do fornecimento. Além disso, o estudo empregará o Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) para avaliar a concentração no fornecimento de energia.

Palavras-chave: Segurança energética ; União Europeia; fontes de energia ; fluxos de energia

Abstract

Global population growth and rising quality of life have resulted in a significant increase in energy consumption, raising concerns about access to and dependence on energy, which has led to a need to implement policies. Energy security is defined by the energy system's ability to respond to sudden changes in the balance between supply and demand. It is therefore extremely important for the European Union (EU) to increase its energy security and assess the factors that jeopardize it, both positively and negatively.

With the war between Russia and Ukraine, the EU has faced a period of vulnerability in relation to energy security, as it does not produce enough energy to meet its demand. This study addresses a gap in the literature due to its current relevance, exploring the factors that can affect the EU's energy security, energy flows within the EU and the need to diversify energy suppliers to protect against future energy crises. It stands out for its spatial approach, which goes beyond calculating energy security indicators. It includes in its methodology an in-depth analysis of the EU's energy suppliers, also taking into account the political regimes of these countries, as well as indicators such as the Human Development Index (HDI), Gross Domestic Product per capita (GDP per capita) and the Gini Index. The methodology includes exploratory research, using indices such as those mentioned above to analyse the suppliers. As for the EU, the Shannon-Wiener Index (SWI) will be used to calculate the diversity of its energy mix, its dependence on energy imports and the geopolitical stability of supply. In addition, the study will use the Herfindahl-Hirschman Index (HHI) to assess the concentration of energy supply.

Keywords: Energy security ; European Union ; energy sources ; energy flows

Índice

1. Introdução	9
2. Revisão de literatura.....	13
2.1 Segurança energética da União Europeia	13
2.2 Energias Renováveis.....	17
2.3 Materiais raros	19
2.4 Energia Nuclear.....	20
2.5 Hidrogénio	22
2.6 Conflito Rússia- Ucrânia	23
2.7 Armazenamento	23
3. Metodologia	25
3.1 Diversidade do mix energético.....	27
3.2 Dependência da importação de energia.....	28
3.3 Estabilidade Geopolítica do fornecimento de energia	29
3.4 Concentração do fornecimento de energia	30
4. Resultados.....	32
4.1 Diversidade do mix energético.....	32
4.2 Dependência de importação de energia.....	33
4.3 Estabilidade Geopolítica do Fornecimento de energia	34
4.4 Concentração do Fornecimento de Energia	35
4.5 Principais fornecedores de energia	36
4.5 Análise aos principais fornecedores de energia	39
5. Discussão dos resultados.....	42
6. Conclusão	51
7. Anexo	55
8. Referências bibliográficas.....	58

Índice de Figuras

Figura 1. Gráfico da diversidade do mix energético dos países da UE	32
Figura 2. Gráfico da dependência de importação de energia dos países da UE	33
Figura 3. Gráfico da estabilidade geopolítica do fornecimento de energia dos países da UE	34
Figura 4. Gráfico da concentração do fornecimento de energia dos países da UE.....	35
Figura 5. Importações de petróleo por fornecedor da UE em 2021	36
Figura 6. Importações de gás natural por fornecedor da UE em 2021	37
Figura 7. Importações de carvão por fornecedor da UE em 2021	38
Figura 8. Importações de eletricidade por fornecedor da UE em 2021	38
Figura 9. Importações de biocombustível por fornecedor da UE em 2021	39

Índice de Tabelas

Tabela 1. Fontes de energia utilizadas no cálculo do mix energético	25
Tabela 2. Fontes de energia utilizadas nos cálculos da dependência da importação de energia, estabilidade geopolítica do fornecimento e concentração do fornecimento de energia	25
Tabela 3. Fórmulas utilizadas nos cálculos da dependência da importação de energia, estabilidade geopolítica do fornecimento e concentração do fornecimento de energia	26
Tabela 4. Variáveis utilizadas nos cálculos da dependência da importação de energia, estabilidade geopolítica do fornecimento e concentração do fornecimento de energia	26
Tabela 5. Principais fornecedores de energia da UE e respectivos IDH, Índice de Gini e PIB Per Capita (Bank, 2023b, 2023a; Data, 2023a)	39
Tabela 6. resultados das equações de cada um dos indicadores de segurança energética por país	55
Tabela 7. resultados por fonte de energia da equação 9	56

Abreviaturas

UE- União Europeia

USA / EUA – Estados Unidos da América

SWI - Índice Shannon-Wiener

HHI- Índice Herfindahl-Hirschman

IDH – Índice de desenvolvimento Humano

PIB - Produto Interno Bruto

GNL – Gás Natural liquefeito

1. Introdução

O acesso a energia é um dos aspetos mais importantes para o bem-estar das sociedades atuais (Chalvatzis, 2009). Certas questões, como o aumento da população mundial, levam ao aumento da procura por energia (Matsumoto et al., 2018), pelo que na década de 1970 começaram a aparecer questões relativas ao acesso e dependência de recursos naturais. A existência das mesmas impôs uma necessidade de instituir políticas energéticas em determinados países importadores, principalmente na Europa e nos Estados Unidos da América (Hache, 2018). Foram implementadas medidas relativamente à criação de mercados de eletricidade e de gás, aumento da concorrência, diversificação de fontes e fornecimentos e redução do consumo e emissões de gases com efeito de estufa (Matsumoto et al., 2018).

Não existe um consenso relativamente à definição de segurança energética, no entanto a mesma é definida pela Agência Internacional de Energia como “a disponibilidade ininterrupta de fontes de energia a um preço acessível”¹ (Agency, 2023.). A mesma entidade afirma que a segurança energética engloba diversos aspetos, sendo que a de longo prazo concentra-se em investimentos oportunos para fornecer energia em conformidade com a desenvolvimento económico e preocupações ambientais. Enquanto isso, a segurança energética a curto prazo diz respeito à capacidade do sistema energético em reagir de forma ágil à rápidas flutuações de equilíbrio entre oferta e procura (Agency, n.d.).

Os últimos anos encontram-se marcados por uma crise energética, a primeira grande guerra mundial de energia, a qual teve início com a invasão por parte da Rússia à Ucrânia, em fevereiro de 2022, sendo a justificação para tal ocorrido baseada numa falsa insegurança por parte da Rússia devido a uma suposta ameaça por parte da Ucrânia moderna. O mundo focou-se neste conflito e a Rússia foi acusada de destruir a paz existente no continente europeu (Kirby, 2023).

A existência desta crise está a ter grandes repercussões não só a nível económico, como também empresarial e até ao nível familiar, pelo que existe uma necessidade de respostas a curto prazo dos governos, debates referentes a formas de reduzir os riscos energéticos futuros e como promover a segurança energética (Agency, 2022a).

¹ <https://www.iea.org/about/energy-security>

Os conflitos entre a Rússia e a Ucrânia não são recentes. Após o colapso da União Soviética, estes eram recorrentes, sendo que a Rússia utilizava o gás como uma arma (Lee, 2017). É notório destacar a anexação da Crimeia por parte da Rússia, decorria o ano de 2014. Posto isto, é notório referir que os críticos acreditam na existência de uma necessidade por parte da União Europeia (UE) de se tornar mais geopoliticamente estratégica, utilizando movimentos geopolíticos para contrariar a geopolítica russa (Auer, 2015); (Rynning, 2015).

É crucial a UE aumentar a sua segurança energética e analisar quais os fatores que comprometem a mesma, seja de forma positiva ou negativa. Diante da extrema vulnerabilidade dos mercados de energia, o atual choque energético serve como um alerta para a fragilidade e falta de sustentabilidade do nosso atual sistema energético (Agency, 2022a).

A UE não produz energia suficiente para satisfazer a sua procura, existindo uma necessidade da mesma de importar mais de metade dos recursos energéticos que utiliza (De Rosa et al., 2022). Em 2021, 40% do gás natural consumido na UE teve origem russa, tal como 25% do total de importações de petróleo e 20% do total das importações de carvão (BP, 2022).

Como o principal meio de transporte de gás natural são os gasodutos, existe uma interdependência direta entre os compradores e os consumidores, pelo que se houver algum conflito entre os dois países, o fluxo do gás torna-se um desafio (Abrahám et al., 2018). Nos primeiros dez meses de 2022 houve uma diminuição para metade dos fornecimentos de gás natural russo para a EU por gasodutos, sendo que comparado com 2021 isto se traduz numa queda de 60 mil milhões de metros cúbicos (bcm). Tendo em consideração o ano inteiro, é estimado que o fornecimento de gás natural por gasodutos entre a Rússia e a Europa sofra uma quebra superior a 55%, ou seja, de 80 bcm, criando um grande problema tanto nos mercados mundiais de gás natural como no mercado europeu (Agency, 2022b).

Devido aos cortes de fornecimento de gás natural, uma das preocupações da UE era a chegada do Inverno no hemisfério norte. É necessário destacar o facto de que mesmo com os cortes de fornecimento por parte da Rússia, no início de outubro de 2022 as instalações de armazenamento de gás natural da UE estavam mais de 90% cheias (Agency, 2022b).

Como resposta à atual situação, a principal medida tomada foi a criação do Plano REPower UE, por parte da Comissão Europeia. O mesmo apresenta ações a serem realizadas para combater os problemas relacionados com os preços da energia, armazenamento de gás para

o próximo inverno e medidas para acabar com a dependência energética russa (Comission, 2022b). O plano requer investimentos significativos, os quais serão implementados com o objetivo de melhorar a eficiência energética, aumentar a utilização de energias renováveis, resolver problemas nas infraestruturas, expandir as importações de GNL e gasodutos de fornecedores não russos, e elevar a produção de hidrogénio renovável e bio-metano (Comission, 2022a).

O presente estudo preenche uma lacuna temporal na literatura devido à sua atualidade, sendo a questão de investigação referente a fatores que podem influenciar a segurança energética da UE, os fluxos energéticos da UE e dos seus Estados Membros, e se existe uma necessidade da UE diversificar os seus fornecedores, de forma a se precaver contra a crises energéticas futuras.

Nos estudos realizados anteriormente por De Rosa et al (2022) e Matsumoto et al. (2018) foi avaliado o estado da segurança UE, no entanto este estudo distingue-se dos anteriores devido à dimensão espacial, visto que os anos em análise são diferentes mas também devido ao facto que além da realização dos cálculos referentes aos indicadores de segurança energética, os quais foram realizados nos dois estudos mencionados, existe uma análise mais aprofundada dos fornecedores de energia da UE, com a realização de uma análise a nível individual dos regimes políticos dos mesmos, qual o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), produto interno bruto per capita (PIB per capita) e Índice de Gini.

Relativamente à metodologia, será realizada uma pesquisa exploratória, recorrendo ao uso de índices. O Índice Shannon-Wiener (SWI) será utilizado para calcular a diversidade do mix energético dos Estados membros da EU, a dependência de importações de energia dos mesmos e a estabilidade geopolítica do fornecimento. Utilizarei o mesmo para calcular a estabilidade política dos países fornecedores, com o auxílio do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). O Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) servirá para calcular a concentração de fornecimento de energia.

A presente investigação encontra-se dividida em 8 capítulos: capítulo 1 introdução; capítulo 2 revisão de literatura; capítulo 3 metodologia; capítulo 4 resultados; capítulo 5 discussão; capítulo 6 conclusão.

2. Revisão de literatura

2.1 Segurança energética da União Europeia

Nos últimos anos houve um aumento de preocupação relativamente a segurança energética devido a diversas jogadas geopolíticas. Consequentemente foram levantadas questões referentes à segurança energética dos Estados Membros da UE e um desenvolvimento de literatura relativa à mesma. O que sabemos sobre segurança energética baseia-se em grande medida em estudos exploratórios e revisões de literatura previamente realizadas.

Recorrendo a quatro índices, De Rosa et al. (2022) desenvolveram um estudo com o objetivo de avaliar a segurança energética de países membros da UE com destaque para a diversidade e renovabilidade de energia, como um todo e também a nível individual de cada país. Concluiu-se que existem certas condições que afetam a segurança energética dos países pertencentes à UE sendo que a dependência das importações de energia é uma das mais significativas. Os autores destacam que é crucial ter em consideração que o atual mercado energético se encontra preparado maioritariamente para combustíveis fósseis, pelo que existe uma necessidade de renovar a infraestrutura energética existente, como é o caso da rede elétrica. Esse estudo destacou como a convergência que está a ocorrer dentro da UE, como resultado do quadro legislativo da mesma, está a harmonizar as diferenças dos países que fazem parte da UE. Existe a necessidade de criar um plano a longo prazo com o intuito de aumentar significativamente a diversidade dos mixes europeus de combustíveis, visto que as políticas aplicadas não são suficientes, tendo em consideração as diferenças políticas de cada Estado Membro. Os autores creem que é necessário referir a necessidade de assegurar a segurança do aprovisionamento energético dos países, com a finalidade de desenvolver e monitorizar a implementação de medidas adequadas para minimizar interrupções como cortes de energia ou cortes de rede, infraestruturas, a escassez de abastecimento ou stress de mercado durante este período de transição energética. Devem ser também implementadas medidas de políticas comuns de mercado com o objetivo de negociar contratos e parcerias partilhadas da UE com países terceiros, com o intuito de reduzir os custos, minimizar riscos de mercado e otimizar a cadeia global de abastecimento.

Com o intuito de retirar conclusões referentes à evolução da segurança energética, em termos de fornecimento de energia nas últimas décadas dos países pertencentes à EU, Matsumoto et al. (2018) realizaram uma investigação na qual recorreram ao índice SWI para analisar 3 indicadores de segurança energética, os quais se relacionam com a análise de tendências

históricas de segurança energética, disponibilidade de energia e riscos dos países. Os autores concluíram que houve uma evolução em relação à segurança energética dos países da UE em 2014, comparando com 1978. Várias medidas estão a ser implementadas para aumentar a segurança energética, com a introdução de novas políticas focadas na criação de mercados de gás e de eletricidade, aumento de competição, diversificação de fontes e fornecedores e redução da produção de emissões. Visto que a UE é um grande importador de energia, os objetivos de aumentar a competitividade e manter os preços de energia acessíveis enquanto se progride para um sistema energético mais sustentável são de extrema importância. Os autores pretenderam também, com a realização deste estudo, ajudar na formulação de recomendações de política da energia.

Para melhor compreensão de determinados aspetos da segurança energética, Abrehán et al (2018) desenvolveram uma análise, na qual recorreram ao uso de um modelo de análise de influência das fontes de energias renováveis entre o período de 1990 e 2016 para os países da UE 28. Os autores testaram a causalidade entre a implementação de fontes de energia renováveis e o crescimento económico, concluindo que a segurança energética da UE é um problema bastante complexo e uma tarefa desconfortável, sendo uma das grandes questões referente à segurança energética da eletricidade os fluxos não programados de energia entre as fronteiras dos países da Europa Central e Oriental. É notório mencionar que as inovações que têm vindo a ser contempladas na Europa estão relacionadas com a escassez do fornecimento de energia e com a implementação das fontes de energia renováveis. Fontes de energia diversificadas podem ser vistas como um meio de aumentar a segurança energética da UE e ajudar a reduzir os problemas que a mesma tem verificado atualmente. Os países pertencentes à UE necessitam de ser preparados para as possíveis futuras mudanças do panorama energético e crescimento económico das próximas décadas.

Relativamente a custos e benefícios das estratégias referentes a diversificação do mercado de gás europeu, Hauser (2021) desenvolveu um estudo no qual analisou os mesmos, tendo em consideração as incertezas existentes, até 2045. É possível retirar três conclusões principais do presente estudo. A primeira é referente à existência de custos de sistemas superiores quando existe uma política de diversificação, comparativamente a uma de não diversificação, como é o caso da existência de uma quota mínima relativa a importações de gás natural liquefeito em conjunto com custos de sistema mais elevados. A segunda conclusão é relativa ao facto de que as decisões quanto a investimento vão depender da estratégia de

diversificação imposta. Por último, o autor conclui que a construção de armazéns com o fim de armazenar gás é vista como último recurso uma vez que os mesmos são apontados como um investimento muito dispendioso. Os resultados obtidos pelo autor demonstram como existe uma implicação política para a UE-28. Em primeiro lugar, a necessidade de estratégias de diversificação vai depender da relação entre a UE-28 e a Rússia. Esta relação é o fator determinante para os custos dos sistemas de gás existentes no mercado europeu. É necessário ter também em consideração a incerteza do futuro do gás. Existe uma necessidade da política climática ser mais clara, principalmente no que toca a licenças de emissão e utilização do gás em sistemas energéticos, de forma a delinear quais os investimentos que devem ser feitos no futuro. Como estamos a realizar uma transição energética, é questionável se os atuais fornecedores de gás estão dispostos a alterar os seus processos de produção para fornecer hidrogénio verde ou hidrogénio azul, pelo que existe uma discussão referente aos processos de produção e o seu impacte nas emissões de gases.

No que diz respeito à segurança energética do fornecimento de energia primária dos países pertencentes à UE, (Chalvatzis & Ioannidis, 2017) desenvolveram um estudo no qual foram utilizados dois índices, o SWI e HHI, os quais serviram como instrumento para analisar as métricas de dependência das importações. Foram avaliados 65 produtos pertencentes a 11 categorias, conforme o tipo de combustível, sendo que os dados são maioritariamente referentes a 2013, com exceção de algumas ilhas que apenas tinham dados de 2012. Os dados em questão são referentes à dependência de importações. Os autores concluíram que os países de menores dimensões pertencentes à UE são os mais dependentes das importações externas de energia e com menor diversidade de combinações de combustíveis, como é o caso do Luxemburgo, Chipre e Malta. É notório destacar os países escandinavos como os que são menos dependentes de importações, com destaque para a Dinamarca, enquanto a Finlândia o país que apresenta uma mistura mais diversificada de combustíveis.

Ranjan and Hughes (2014), examinaram um conjunto de indicadores de segurança energética com o intuito de observar a relação entre segurança energética e a diversidade dos fluxos de energia de um sistema energético. Os autores realizaram uma análise quantitativa de um conjunto de indicadores e recorreram também ao índice de diversidade SWI. Concluiu-se que para determinar a segurança energética é necessário ter em consideração um conjunto de indicadores, sendo que a utilização de apenas o índice de diversidade é insuficiente. A diversidade é afetada pelo número de fluxos energéticos e a regularidade dos mesmos, pelo

que considerar apenas a diversidade dos fluxos de energia não garante a segurança de uma entidade. Visto que um sistema e suas entidades estão expostos a riscos que podem alterar a os seus fluxos energéticos existe uma incerteza associada à determinação dos seus valores, os indicadores e o índice de diversidade caracterizam um sistema energético num exato momento. Em contrapartida, o estudo de segurança energética e diversidade de fluxos de energia de um sistema oferece uma vasta investigação entre os eventos e o que caracteriza o sistema, ajudando à realização de uma melhor análise entre o sistema energético e as entidades interessadas.

Existe uma necessidade de avaliar se as atuais mudanças tecnológicas são levadas em consideração, tendo em conta os conceitos clássicos de segurança energética, pelo que (Proskuryakova, 2018) realizou uma análise na qual se compararam os principais conceitos de segurança energética nas relações internacionais, através de uma revisão bibliográfica. O autor concluiu que existe uma certa urgência de questionar e revisitar conceitos relacionados com a segurança energética, tais como a descentralização de sistemas energéticos, o rápido avanço das energias renováveis e da rede inteligente, os novos desafios ambientais e climáticos, os elementos básicos da segurança, sendo que todos os conceitos descritos devem dominar os avanços tecnológicos. Por sua vez, os avanços tecnológicos necessitam de ser avaliados tendo em consideração as novas fontes de energia que podem ficar disponíveis, como é o caso do hidrogénio e da fissão nuclear, novas alternativas de armazenamento e de transporte de energia.

Os decisores e gestores políticos discordam relativamente a prioridades energéticas nacionais, no entanto, a realização de estudos referentes a segurança energética tem um impacto nas políticas criadas pelos mesmos, pelo que a previsão tecnológica concede indícios aos decisores e gestores que querem prever futuras mudanças no setor e nas áreas sócio económicas que determinam o seu desenvolvimento. A existência de uma abordagem interdisciplinar, que combine ferramentas e ideias das ciências sociais e naturais, enriquecerá o debate referente a segurança energética.

Estando a segurança energética interligada com a existência de guerras mundiais, Johnstone and Mcleish (2020) realizaram um estudo com o intuito de averiguar qual foi o papel das mesmas na formação da emergência da era do petróleo no culminar da primeira transição energética profunda. Os autores realizaram uma análise relativa a como as pressões da procura em tempo guerra e os desafios logísticos associados levaram ao desenvolvimento da

era do petróleo, com foco nos EUA e Reino Unido, recorrendo à integração de literaturas sócio-técnicas e históricas. Concluiu-se que a existência das duas grandes guerras mundiais levou a uma dependência do petróleo visto o mesmo ser utilizado em múltiplos sistemas sociotécnicos. É perceptível o papel das guerras nas transições energéticas históricas de carbono intenso e danoso para o ambiente. Durante os eventos foi possível presenciar o rápido desenvolvimento das condições tecnológicas, logísticas, científicas, infraestruturais e institucionais subentendidas às sociedades petrolíferas intensivas que ocorriam na “era de ouro” económica do pós-guerra. Ao analisar as perspectivas de uma segunda transição profunda, os processos de pacificação e desmilitarização merecem ser destacados nas lutas contínuas por um futuro mais sustentável.

2.2 Energias Renováveis

As energias renováveis são alvo de forte interesse como meio de diversificar os mixes energéticos, visto que as mesmas podem levar ao aumento da segurança energética, enquanto são parte da solução no que toca à crise climática. Houve um aumento considerável do financiamento global das energias renováveis nos últimos anos. Se cada país apostasse na produção de energias renováveis, a necessidade de importação de energia por parte dos mesmos diminuiria (Scholten & Bosman, 2016). No entanto, cada país tem políticas diferentes relativamente a energias renováveis, pelo que o desempenho das mesmas vai ser diferente conforme onde são aplicadas (Gökgöz & Güvercin, 2018).

Com a finalidade de analisar as consequências geopolíticas da dispersão das energias renováveis pelo mundo, Hache (2018) realizou um estudo no qual efetuou uma análise exploratória descrevendo certas terminologias e explicando um pouco da história da segurança energética ao longo dos anos. O autor apresenta dados referentes a mercados de lítio e reservas de energias não renováveis, por país. Relativamente a conclusões formadas graças a este estudo, Hache infere que os países produtores de energias fósseis sofreriam consequências com o aumento da introdução de energias renováveis nos mixes energéticos dos países importadores, o que leva a que os mesmos comecem a apostar na diversificação deste tipo de energias, como é o caso da Arábia Saudita, e a diminuir a extração de recursos fósseis. Isto traria grandes implicações macroeconómicas, visto que poderia levar a um abrandamento inicial no volume de importações. Haveria um grande impacto no equilíbrio regional e nacional de certos países devido à diminuição de preços, ou seja, das receitas de exportações e orçamentos a longo prazo. Certos países desenvolvidos poderão vir a sofrer

repercussões com a diminuição das receitas de petróleo, visto que beneficiam da reciclagem de petrodólares para as suas emissões da dívida, com destaque para os EUA.

No que diz respeito ao desempenho das energias renováveis dos Estados Membros da UE, como fator que afeta a segurança energética, **Gökgöz e Güvercin (2018)** efetuaram uma Análise por Envoltória de Dados (DEA) em conjunto com o Índice de Produtividade Malmquist. Os autores fazem menção à eficiência e produtividade dos investimentos em energias renováveis de certos países da UE. Concluiu-se que durante o período analisado, tanto a produtividade total dos fatores como a eficiência energética das energias renováveis dos países da UE aumentaram. As energias renováveis são um meio de aumentar a segurança energética destes países visto que servem como alternativa às importações tanto de combustíveis fósseis como de eletricidade. No entanto, existe uma diversidade referente ao desempenho das energias verdes visto que cada país da UE aplica as suas próprias políticas de promoção das mesmas. Os autores referem que as políticas da comissão europeia referentes a energia renovável, segurança energética e eficiência energética permitem liderar os países membros em direção aos objetivos comuns da união.

É fundamental destacar a energia hidroelétrica quando se fala de renováveis, devido à mesma desempenhar um papel importante na incorporação das mesmas no sistema elétrico, principalmente pela sua capacidade de armazenamento (**Marques & Junqueira, 2022**).

No estudo desenvolvido por De Rosa et al. (2022), os autores descrevem que na última década houve uma tendência positiva referente à quota de energias renováveis utilizada para a produção de eletricidade. Esta melhoria está parcialmente relacionada com a implementação de políticas de descarbonização executadas nos países da UE e do Reino Unido. No entanto, como as novas políticas não são aplicadas uniformemente, variam conforme a implementação em cada país, os resultados da implementação das mesmas não são homogêneos.

Existe necessidade de proteger adequadamente os sistemas energéticos vitais, minimizar o tempo da janela de transmissão, descentralizar os sistemas energéticos. Existe também a necessidade de modernizar o parque de produção de energia e das linhas de transmissão, como medidas para aumentar a segurança energética no geral.

É inevitável compreender a interdependência dos sistemas, a qual é provocada pela digitalização da energia, de forma a antecipar ataques e quais as medidas a tomar quando os mesmos ocorrem (Abrahám et al., 2018).

2.3 Materiais raros

A criação de novas tecnologias para a produção de energia solar teve como consequência um aumento da utilização de certos materiais raros. Devido à escassez dos mesmos, no futuro poderão existir restrições referentes ao fornecimento destes materiais, pelo que poderá existir algum ceticismo na utilização a longo prazo das tecnologias solares que necessitem dos mesmos. Consequentemente, existe um encorajamento para a investigação de tecnologias que utilizem outro tipo de materiais, os quais sejam viáveis a longo prazo, sendo na opinião dos autores a única exequível para futuramente ser implementada em larga escala (Grandell & Höök, 2015).

No estudo realizado por Hache (2018), o autor descreve como a introdução massiva de energias renováveis nos mixes energéticos dos países pertencentes à UE pode levar a novas dependências, como é o caso de certos materiais raros e a necessidade de criar patentes, nomeadamente na disseminação de tecnologias de descarbonização dos países do hemisfério Sul. No entanto, estas dependências podem tornar-se vantagens para futuras negociações internacionais referentes ao clima, para os mais variados países.

A fim de analisar qual o papel dos elementos raros terrestres na segurança energética, Bielawski (2020) sentiu a necessidade de realizar uma revisão de literatura sobre o tema. Relativamente à UE, o autor concluiu que os elementos em questão apresentam um papel de extrema relevância para a estabilidade e desenvolvimento da economia europeia, enquanto são imprescindíveis para garantir proeminentes capacidades de defesa da Europa. No entanto, a comunidade da UE apresenta um grave problema visto que não tem acesso aos seus recursos endógenos, o que leva a uma forte dependência das importações chinesas, visto que o país controla o monopólio deste tipo de recursos. Como resposta, a UE decidiu tomar certas medidas com o intuito de diminuir o problema em questão. Primeiramente foi elaborada uma lista de matérias primas críticas que sejam consideradas essenciais para a sua economia, de seguida a UE estreitou as suas relações com os EUA e Japão, visto os mesmos apresentarem o mesmo problema. A UE implementou outras medidas, tais como o desenvolvimento da reciclagem de elementos raros terrestres, a conceção de um quadro legal para os mesmos e a salvaguarda dos interesses da indústria da defesa da UE.

Adotando uma posição semelhante, Charalampides et al. (2015) realizaram um estudo com o intuito de analisarem a literatura existente referente a elementos raros terrestres, a sua aplicação a nível industrial, o valor económico dos metais raros terrestres e a dependência económica da Europa referente aos mesmos. Os autores concluíram que a Europa não tem capacidade de resposta para a procura existente, a nível industrial, de elementos raros terrestres. Com o controlo existente por parte da China quanto aos mesmos, existe uma dependência industrial total de importações deste tipo de matérias primas, por parte da Europa e dos EUA. A Comissão Europeia decidiu avançar com medidas para diminuir esta dependência externa, pelo que foram concebidas diversas Parceiras de Inovação e no futuro há o início de uma Parceria de matérias primas. Para desenvolver a mesma, foram analisados quais os contratemplos inerentes, sendo necessário destacar em primeiro lugar a falta de tecnologias sustentáveis para otimizar a gestão das matérias-primas aliada à carência de possibilidades de substituição de materiais e reciclagem insuficiente na cadeia de valor. Em segundo lugar, a falta de cooperação internacional, particularmente no que diz respeito a políticas minerais nacionais e à inexistência de estruturas para encorajar uma base de conhecimentos europeia de matérias-primas.

2.4 Energia Nuclear

A energia nuclear é extremamente controversa devido a problemas relacionados com a radiação, a relação com armas nucleares e radiológicas, questões de proliferação nuclear e potenciais efeitos catastróficos de acidentes graves (Jonsson et al., 2015).

O acidente que ocorreu na central nuclear de Fukushima, em 2011, teve como consequência o facto de muitos países se tornarem céticos quanto ao uso deste tipo de energia, pelo que apelaram a uma mudança para centrais alimentadas a gás (Abrhám et al., 2018). No entanto, devido à atual crise energética, certos países europeus alteraram um pouco o seu posicionamento quanto a este tipo de energia, sendo que muitos países da Europa estão a promover as centrais nucleares como alternativa ao uso de combustíveis fósseis. Certos países decidiram prolongar a vida dos seus reatores, enquanto outros, como é o caso da França anunciaram novas construções (Agency, 2022a).

Na visão de Právělie e Bandoc (2018) existem três pontos de vista pelos quais é necessário investigar qual o estado da energia nuclear global, sendo os mesmos a nível energético, climático e ambiental. Relativamente a metodologia, foi realizada uma revisão de literatura com o objetivo de avaliarem as vantagens e desvantagens da utilização deste tipo de energia.

Os investigadores concluíram que a nível económico, os países que produzem energia nuclear não pretendem abdicar da mesma, sendo que habitualmente prolongam a vida das centrais elétricas existentes e observa-se um crescimento de novas centrais nucleares por todo o mundo. Como o ciclo de vida de uma central nuclear produz emissões semelhantes a energias renováveis, do ponto de vista climático a energia nuclear é um meio para promover a descarbonização do setor energético a nível mundial. Devido à falta de interesse de promover uma gestão de resíduos tóxicos eficiente e o risco de acidentes nucleares existente, os autores propõem a eliminação da energia nuclear tradicional, de forma gradual, no futuro. Os mesmos sugerem que a mesma seja substituída por fontes de energia renovável e por energia nuclear baseada na fusão. Os autores destacam o facto de que se a energia nuclear baseada na fusão for uma opção viável num futuro próximo, seria um mecanismo de reforço para a segurança energética global e também para a produção de eletricidade limpa, visto não ser fonte de resíduos nucleares de longa duração.

Quanto à viabilidade da energia nuclear baseada na fusão, a mesma ainda se encontra no início de desenvolvimento. Foi obtida pela primeira vez em Dezembro de 2022 onde foram produzidos 3,15 megajoules de energia com o uso de 2,05 megajoules de energia, ou seja, produziu-se mais energia de fusão do que a foi usada para a produzir através de um laser (Ahire et al., 2023). Infelizmente, a produção dos feixes do laser é feita com enorme ineficiência o que torna a energia produzida uma pequena fração da energia total (Economist, 2022b). Foi um grande avanço científico mas produzido em meio laboratorial e longe do necessário para a produção a nível comercial (Ahire et al., 2023), no entanto o sector privado está a investir cada vez mais na investigação para a produção deste tipo de energia (Economist, 2022b).

Uma solução para combater certos problemas associados a energias renováveis, como serem intermitentes e dependerem de certas localizações geográficas, são os chamados sistemas híbridos de energia nuclear-renováveis. Suman (2018) realizou uma análise de literatura com o intuito de averiguar os prós e os contras da utilização dos mesmos, concluindo que são uma opção viável para o futuro. A tecnologia para este tipo de sistemas já existe, no entanto existe falta de financiamento para este tipo de solução. O autor comprova que a criação deste tipo de sistemas não provoca o desenvolvimento destes, e torna-se um desafio técnico e político, pois sistemas híbridos de energia passam as estruturas empresariais, governamentais e regulares que foram criadas para fontes de energia únicas.

Quanto à alteração da taxonomia da energia nuclear, em Fevereiro de 2022 foi apresentado pela Comissão Europeia um ato delegado adicional que aborda a dimensão climática da taxonomia, englobando atividades específicas relacionadas com gás e energia nuclear, com

foco na mitigação e adaptação às alterações climáticas. As atividades em questão estão em conformidade com os objetivos da UE no que diz respeito a objetivos ambientais e climáticos, proporcionando uma transição energética mais rápida (Comission, 2022c). Embora tenha enfrentado resistência por parte da Comissão do Ambiente do Parlamento Europeu, da Alemanha e de diversos grupos de legisladores europeus, a alteração foi aprovada a Julho de 2022 (Kuzemko et al., 2022).

2.5 Hidrogénio

Quanto ao hidrogénio, é indubitável o crescimento do mesmo. O hidrogénio é visto como um meio para atingir os compromissos europeus referentes a zero emissões de gases com efeito de estufa. Há cada vez mais projetos-piloto para a produção de hidrogénio a grande escala, sendo que muitos governos europeus estão a considerar o hidrogénio verde como um substituto aos combustíveis fósseis, aumentando também a segurança energética dos mesmos (Agency, 2022a) .

Existem quatro categorias para a aplicação do hidrogénio, sendo as mesmas: “a indústria (por exemplo, utilizando hidrogénio como fonte de calor, matéria-prima química, ou para melhorar a produção de aço), aquecimento de espaços (por exemplo, substituindo gás natural, combustíveis sólidos, ou fuelóleo), transporte (por exemplo, utilizando combustíveis sintéticos ou células de combustível), e produção de energia (por exemplo, utilizando hidrogénio em centrais termoelétricas ou como meio de armazenamento de energia para proteger a rede e melhorar a produção intermitente de energia renovável)” (Chapman et al., 2019).

A fim de garantir a segurança energética e económica no futuro, o hidrogénio é considerado uma opção eficaz e limpa para vetores energéticos sustentáveis e limpos, com boa relação custo-eficácia, pelo que Abe et al (2019) sugerem que se faça um trabalho mais centrado nas descobertas que tenha grandes hipóteses de abrir caminho para uma economia do hidrogénio, das quais se destacam os estudos relacionados com os sistemas de armazenamento de estado sólido baseados em hidretos metálicos.

Relativamente à introdução do hidrogénio no mercado de eletricidade, Durakovic et al. (2023) concluíram na sua investigação que o aumento da capacidade eólica offshore no Mar do Norte é facilitado pela inclusão de “energy hubs”. A produção de energia na Europa aumentará significativamente como resultado de uma expansão significativa da produção de hidrogénio verde por todo o continente. Além disso, os investimentos em energia eólica no

Mar do Norte serão promovidos pelo aumento da procura por energia dos eletrolisadores. Os autores descrevem que a França, Noruega e Alemanha são os principais produtores de hidrogénio do Mar Norte, no entanto a Noruega destaca-se porque devido à sua pequena interligação com o continente europeu e à abundância de energia hidroelétrica e eólica em seu próprio país, a Noruega sempre tem o fator de capacidade mais alto. Os autores defendem que a produção do hidrogénio verde tem o potencial de diminuir os cortes de energia eólica ao largo do Mar do Norte, mas que não é suficiente para evitar os cortes.

2.6 Conflito Rússia- Ucrânia

O conflito entre a Rússia e a Ucrânia não é um conflito recente, tal como corroborado no estudo realizado por Lee (2017), no qual pretendeu clarificar a natureza do conflito de gás entre os dois países em 2009. No estudo em questão utilizaram-se métodos indiretos para chegar às conclusões, sendo os dados mais importantes as declarações públicas e as transcrições publicadas das entrevistas dos decisores políticos. O autor concluiu que os conflitos referentes a gás não foram tão graves nos anos 90 nem em 2014 como foram em 2009. A conclusão apresenta duas recomendações políticas: a diversificação para diminuir a importância das questões envolvidas no comércio de gás para estes dois Estados e consequentemente a sua interdependência no que toca ao gás e a outra é instigar um comércio de gás com base em princípios comerciais baseados no mercado.

2.7 Armazenamento

A atual guerra expôs o acréscimo da necessidade existente de desenvolver métodos de armazenamento de energia, não só como “backup” de energias intermitentes mas também de problemas de fornecimento. Sendo a segurança energética dos países pertencentes à UE uma questão-chave para o progresso dos mesmos. Chalvatzis & Ioannidis (2017) realizaram um estudo com o objetivo de analisar o fornecimento de energia primária e a segurança energética dos países pertencentes à UE. Os autores referem a necessidade de investir em instalações de armazenamento de energia e em inovação, realçando que seria aconselhável cada país analisado focar-se numa estratégia que poderia oferecer uma vantagem competitiva aos mesmos, consoante a sua localização geográfica, redes nacionais existentes e recursos naturais. Os autores mencionam também que o aumento do investimento em energias renováveis propicia o crescimento da diversidade e do aprovisionamento energético, enquanto leva a uma redução do domínio das centrais de combustíveis fósseis.

No que diz respeito à construção de armazéns de gás, segundo (Hauser, 2021), por norma só ocorre como última opção de estratégia de diversificação do mercado de gás europeu, visto que os mesmos são considerados um tipo investimento caro e por norma os países optam por outras estratégias, como a expansão de gasodutos.

Relativamente a questões existentes referentes à utilização dos sistemas de armazenamento de energia na rede de eletricidade, Das et al. (2018) realizaram um estudo no qual apelam para a necessidade de mais investigação referente aos impactes do uso dos sistemas de armazenamento de energia nas redes de distribuição. Os mesmos concluíram que de um modo geral, o uso destes sistemas de armazenamento pode levar a uma melhor eficiência por parte da rede. Os autores referem a importância da utilização dos sistemas de armazenamento em conjunto com a inserção de energias renováveis na rede de distribuição, sendo que a utilização deste tipo de tecnologias em conjunto é vista como um mecanismo para a diminuição das emissões de carbono.

Relativamente ao hidrogénio, ao analisarem a literatura existente, (Abe et al., 2019) deduziram que a melhor solução para o armazenamento do mesmo são os sistemas de armazenamento de estado sólido baseados em hidretos metálicos. Todavia, os mesmos apresentam alguns contratempos, como o fato de a maioria não ter capacidade para armazenar grandes quantidades de hidrogénio e os que têm capacidade para tal têm uma cinética lenta e são incapazes de libertar hidrogénio a baixas temperaturas. Tendo em consideração que a literatura existente apresenta resultados que fundamentam a continuação da investigação para apoiar a viabilidade deste tipo de tecnologia, o objetivo principal do estudo do armazenamento do hidrogénio será melhorar a cinética dos hidretos promissores, bem como descobrir novas combinações de materiais e/ou técnicas para executar um armazenamento de elevada densidade de hidrogénio com cinética rápida a temperaturas consideravelmente baixas.

3. Metodologia

A investigação apresenta uma pesquisa exploratória na qual foram utilizados os índices SWI e HHI para calcular os indicadores de segurança energética. Os cálculos foram realizados de forma individual para cada Estado Membro da UE. Na fase inicial deste procedimento foi realizada uma recolha de dados da Eurostat (2022) relativos a importações e exportações de fontes primárias de energia, por parte dos países da UE, sendo os últimos dados disponíveis relativos a 2021. Os dados em questão são referentes a petróleo, combustíveis fósseis sólidos, biocombustível, eletricidade e gás natural. O The World Bank (Data, 2023b) serviu para obter dados relativamente ao consumo de energia primária por fonte, os quais foram utilizados para o cálculo do mix energético.

Tabela 1. Fontes de energia utilizadas no cálculo do mix energético

Fonte de energia	Unidade SI	Fonte
Petróleo	Terawatt/hora	Our World in Data
Combustíveis fósseis sólidos	Terawatt/hora	Our World in Data
Solar	Terawatt/hora	Our World in Data
Biocombustível	Terawatt/hora	Our World in Data
Gás Natural	Terawatt/hora	Our World in Data
Nuclear	Terawatt/hora	Our World in Data
Eólica	Terawatt/hora	Our World in Data
Hídrica	Terawatt/hora	Our World in Data

Tabela 2. Fontes de energia utilizadas nos cálculos da dependência da importação de energia, estabilidade geopolítica do fornecimento e concentração do fornecimento de energia

Fonte de energia	Unidade SI	Fonte
Petróleo	Milhares de toneladas	Eurostat
Combustíveis fósseis sólidos	Milhares de toneladas	Eurostat
Elétrica	Gigawatt/hora	Eurostat
Biocombustível	Milhares de toneladas	Eurostat
Gás Natural	Milhões de metros cúbicos	Eurostat

Tabela 3. Fórmulas utilizadas nos cálculos da dependência da importação de energia, estabilidade geopolítica do fornecimento e concentração do fornecimento de energia

Indicador	Fórmula	Capítulo
Diversidade do mix energético $SWI^{(I)}$	$-\sum_{i=1}^N c_i p_i \log p_i$ (2)	3.1
Dependência da importação de energia $SWI^{(II)}$	$-\sum_{i=1}^N c_i^{(II)} p_i \log p_i$ (3)	3.2
$c_i^{(II)}$	$1 - m_i \left(1 - \frac{SWI_i^m}{SWI_i^{m,max}}\right)$ (4)	3.2
SWI_i^m	$-\sum_j m_{ij} \log m_{ij}$ (5)	3.2
Estabilidade Geopolítica do fornecimento de energia $SWI^{(III)}$	$-\sum_{i=1}^N c_i^{(III)} p_i \log p_i$ (6)	3.3
$c_i^{(III)}$	$1 - m_i \left(1 - \frac{SWI_i^m}{SWI_i^{m,max}}\right)$ (7)	3.3
SWI_i^m	$-\sum_j h_j m_{ij} \log m_{ij}$ (8)	3.3
Concentração do fornecimento de energia	$\sum_{j=1}^N S_i^2$ (9)	3.4

Tabela 4. Variáveis utilizadas nos cálculos da dependência da importação de energia, estabilidade geopolítica do fornecimento e concentração do fornecimento de energia

Variáveis utilizadas nos cálculos	Significado de cada variável	Fórmulas em que foram utilizadas
N	número de fontes de energia	(1), (2), (3), (6)
α	fator de correção de p_i , sendo $c_i^{(I)}=1$	(1)
p_i	percentagem proporcional da opção i	(1), (2), (3), (6)
$\log p_i$	Logaritmo da variável p_i	(1), (2), (3), (6)
M_i	percentagem de “net import” no fornecimento de energia primária de cada fonte de energia “ i ”	(4), (7)

h_j	IDH de cada fornecedor de energia	(8)
M_{ij}	percentagem das importações da fonte primária i da região j .	(5), (8)
$\log m_{ij}$	Logaritmo da variável M_{ij}	(5), (8)
SWI_i^m	índice de SWI do total dos fluxos de importação do recurso i	(4), (5), (7), (8)
$SWI_i^{m,max}$	o valor máximo de SWI do total dos fluxos de importação do recurso i , o qual considera uma distribuição igual entre os fluxos de importação.	(4), (7)
$c_i^{(II)}$	Fator de correção de p_i da equação (3)	(3), (4)
$c_i^{(III)}$	Fator de correção de p_i da equação (6)	(6), (7)

O método utilizado é um método estabelecido para este tipo de estudo, sendo o mesmo previamente empregue, por exemplo, nos estudos realizados por De Rosa et al. (2022) e Matsumoto et al. (2018).

Como complemento ao cálculo dos índices acima mencionados foi elaborada uma análise referente aos maiores fornecedores de energia da UE em 2021, relativamente às cinco fontes de energia mencionadas anteriormente, e para obtermos uma melhor compreensão da situação política dos principais fornecedores de energia dos Estados Membros da UE foi conduzida uma análise aos seus regimes políticos, pelo que a mesma envolveu o uso do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), Índice de Gini e Produto Interno Bruto Per Capita (PIB per capita) com a finalidade de obter resultados mais aprofundados.

As secções seguintes apresentam uma visão geral das métricas utilizadas neste estudo para avaliar a segurança energética dos 27 países, incluindo a diversidade do mix energético (capítulo 3.1), a dependência da importação de energia (capítulo 3.2), a estabilidade geopolítica do fornecimento (capítulo 3.3) e a concentração do fornecimento de energia (capítulo 3.4).

3.1 Diversidade do mix energético

A diversidade é fundamental para manter um elevado nível de segurança energética. O conceito de diversidade relaciona-se com o facto de que um fornecimento energético mais

diversificado ser mais seguro, pois o país fica menos dependente de uma fonte primária de energia em específico.

O SWI foi utilizado para calcular a diversidade do mix energético de cada país em estudo. Tal como demonstrado no artigo de Chalvatzis e Ioannidis (2017) existe um valor mínimo para o índice, o qual é 0 quando existe apenas uma fonte de energia disponível. Conforme o número de fontes vai aumentando, o valor de SWI aumenta também, o que faz com que um valor baixo de SWI possa ser interpretado como uma baixa diversidade do mix, enquanto um valor elevado se traduz numa diversidade mais elevada. O SWI pode ser definido com tal como mostra a Equação (1) e (2):

$$SWI = - \sum_{i=1}^N c_i p_i \log p_i \quad (1)$$

Onde:

N = número de fontes de energia

p_i = percentagem proporcional da opção i

A Equação (2) surge ao adicionarmos um fator de correção a p_i , no qual:

c_i = fator de correção de p_i , sendo $c_i^{(I)}=1$

$$SWI^{(I)} = - \sum_{i=1}^N c_i p_i \log p_i \quad (2)$$

3.2 Dependência da importação de energia

Devido ao aumento de procura de energia, a UE depende de importações externas, visto que a produção de energia doméstica não é suficiente para cobrir o consumo atual.

O índice SWI foi utilizado para calcular a dependência de importação de energia de cada país em estudo. Conforme o valor de dependência vai aumentando, o valor de SWI diminui, o que faz com que um valor baixo de SWI possa ser interpretado como dependência alta de importações de energia, enquanto um valor elevado se traduz numa dependência de importações externas inferior e consequentemente uma maior segurança energética. O SWI tem como base a Equação (1), no entanto tem um fator de correção diferente, o qual tem em consideração o “net import” das dependências tal como definido por Jansen et al. (2004). O mesmo pode ser calculado utilizando as Equações (3,4 e 5):

$$SWI^{(II)} = - \sum_{i=1}^N c_i^{(II)} p_i \log p_i \quad (3)$$

$$c_i^{(II)} = 1 - m_i \left(1 - \frac{SWI_i^m}{SWI_i^{m,max}} \right) \quad (4)$$

$$SWI_i^m = - \sum_j m_{ij} \log m_{ij} \quad (5)$$

Onde:

N = número de fontes de energia

p_i = percentagem proporcional da opção i

M_i = percentagem de “net import” no fornecimento de energia primária de cada fonte de energia “ i ”

M_{ij} = percentagem das importações da fonte primária i da região j .

SWI_i^m = índice de Shannon-Wiener do total dos fluxos de importação do recurso i

$SWI_i^{m,max}$ = o valor máximo de SWI do total dos fluxos de importação do recurso i , o qual considera uma distribuição igual entre os fluxos de importação.

3.3 Estabilidade Geopolítica do fornecimento de energia

A estabilidade geopolítica dos países que exportam energia para a UE é um fator a ter em consideração quando pretendemos analisar a segurança energética dos fluxos de energia.

Para a realização do cálculo, todos os países fornecedores são tratados de forma equitativa. No entanto, é necessário ter em consideração que quanto mais estável e seguro for considerado o país fornecedor, maior será a segurança energética associada (Matsumoto et al., 2018).

O SWI foi utilizado para calcular a estabilidade geopolítica do fornecimento de energia. Conforme a estabilidade política vai aumentando, o valor de SWI aumenta também, o que faz com que um valor baixo de SWI possa ser interpretado como uma baixa estabilidade política da importação, enquanto um valor elevado se interpreta como uma estabilidade geopolítica mais elevada. É possível calcular o indicador recorrendo às equações (6, 7 e 8):

$$SWI^{(III)} = - \sum_{i=1}^N c_i^{(III)} p_i \log p_i \quad (6)$$

$$c_i^{(III)} = 1 - m_i \left(1 - \frac{SWI_i^m}{SWI_i^{m,max}} \right) \quad (7)$$

$$SWI_i^m = - \sum_j h_j m_{ij} \log m_{ij} \quad (8)$$

Onde:

N = número de fontes de energia

p_i = percentagem proporcional da opção i

M_i = percentagem de “net import” no fornecimento de energia primária de cada fonte de energia “ i ”

M_{ij} = percentagem das importações da fonte primária i da região j .

SWI_i^m = índice de Shannon-Wiener do total dos fluxos de importação do recurso i

$SWI_i^{m,max}$ =o valor máximo de SWI do total dos fluxos de importação do recurso i , o qual considera uma distribuição igual entre os fluxos de importação.

Para a realização do cálculo, a equação (1) foi utilizada como base inicial, acrescentando um elemento h_j , o qual é acrescentado para ter em consideração a estabilidade política da região j , o que resulta na fórmula final (6).

Tal como sugerido por Jansen et al. (2004), o IDH foi utilizado com o intuito de determinar o valor de h_j , o qual varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 0 for o IDH de um país, mais instável é o mesmo, pelo contrário quanto mais próximo de 1 for o IDH de um país, mais estável é o país analisado. A escolha deste método foi reforçada pelo facto de o mesmo já ter sido aplicado em mais literatura existente, como é o caso do artigo de De Rosa et al. (2022).

3.4 Concentração do fornecimento de energia

O Índice HHI é frequentemente utilizado para analisar a concentração de um determinado mercado. Este índice avalia corretamente a concorrência quando a concentração resulta de uma distribuição desigual das quotas de mercado ou quando há menos empresas no mercado (Amador & Soares, 2012). O valor máximo é de 1, o qual equivale a um mercado monopolista, em contrapartida um valor mais baixo revela uma menor concentração, o que consequentemente leva a uma maior segurança energética.

O índice HHI é calculado através da soma dos quadrados da quota de cada fonte primária de energia, resultando na equação (9):

$$HHI = \sum_{j=1}^N S_i^2 \quad (9)$$

Onde:

s_I^2 = Soma dos quadrados de cada percentagem de mercado de um dado portfólio

N = número total de fontes de energia da região j

4. Resultados

Tendo como base os métodos da secção anterior, foram originados gráficos que irão servir para avaliar o desempenho das nações da UE em relação à segurança energética.

Com o objetivo de aprofundar a compreensão da situação dos países fornecedores, foi realizada uma análise comparativa do IDH, Índice de Gini e PIB Per Capita dos mesmos. Os valores utilizados encontram-se na tabela 3.

Os resultados da análise da segurança energética da UE e dos seus Estados Membros foram divididos por secções, sendo estas a diversidade do mix energético (capítulo 4.1), a dependência da importação de energia (capítulo 4.2), a estabilidade geopolítica do fornecimento (capítulo 4.3) a concentração do fornecimento de energia (capítulo 4.4), principais fornecedores de energia (capítulo 4.5) e por fim análise aos principais fornecedores de energia (capítulo 4.6) sendo que os resultados das Equações 2,3, 6 e 9 encontram-se no sector “anexo”.

Como valor de referência, quando os valores do SWI ultrapassam 0,5, é considerado um valor aceitável de diversificação na oferta de energia para todos os índices avaliados(De Rosa et al., 2022; Lopes Ferreira et al., 2011).

4.1 Diversidade do mix energético

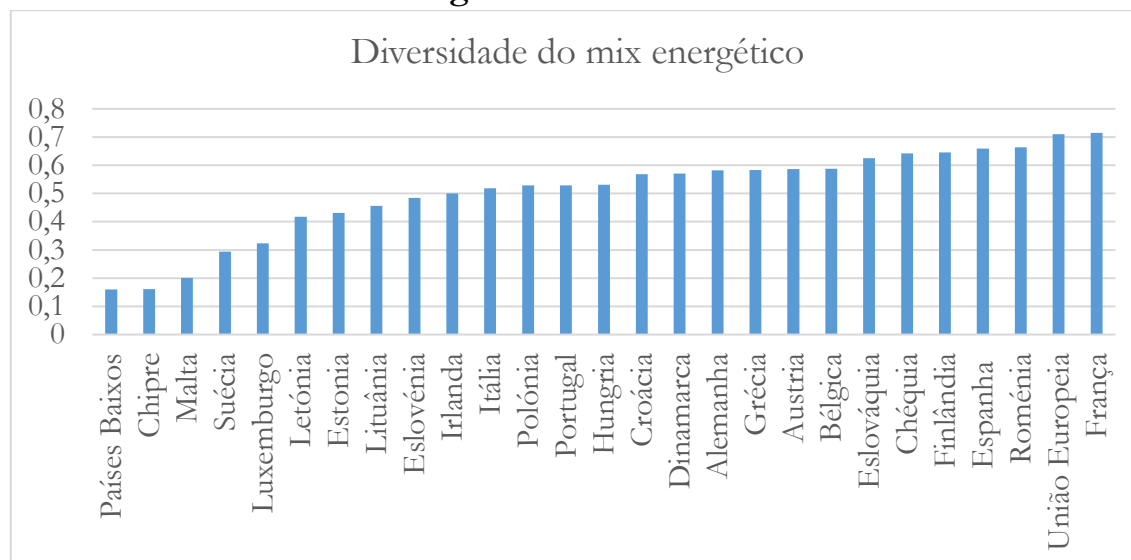


Figura 1. Gráfico da diversidade do mix energético dos países da UE

Ao analisar a figura 1 é possível concluir que a maioria dos países se encontra entre $0,5 \leq \text{SWI} \leq 0,7$, sendo esses considerados valores aceitáveis para a diversidade do mix

energético. A UE apresenta um valor de 0,73 a nível individual que apenas é ultrapassado pela Finlândia, a qual tem o valor mais elevado de todas as nações sendo o mesmo 0,77. Quanto aos países com valores inferiores destacando-se pela baixa diversidade dos seus mixes energéticos, Chipre apresenta o valor mais baixo com 0,16, seguido por Malta com 0,22. Dentro dos valores consideráveis, a Estónia e a Letónia encontram-se no limite inferior com o mesmo valor de 0,51 enquanto o Luxemburgo com 0,35 e a Lituânia com 0,47 apresentam valores preocupantes.

Ao observarmos os dados utilizados para a realização dos cálculos do índice, verificamos que a Finlândia apresentava dados referentes a 8 fontes de energia (N), enquanto Malta e Chipre de apenas 5 fontes de energia.

4.2 Dependência de importação de energia

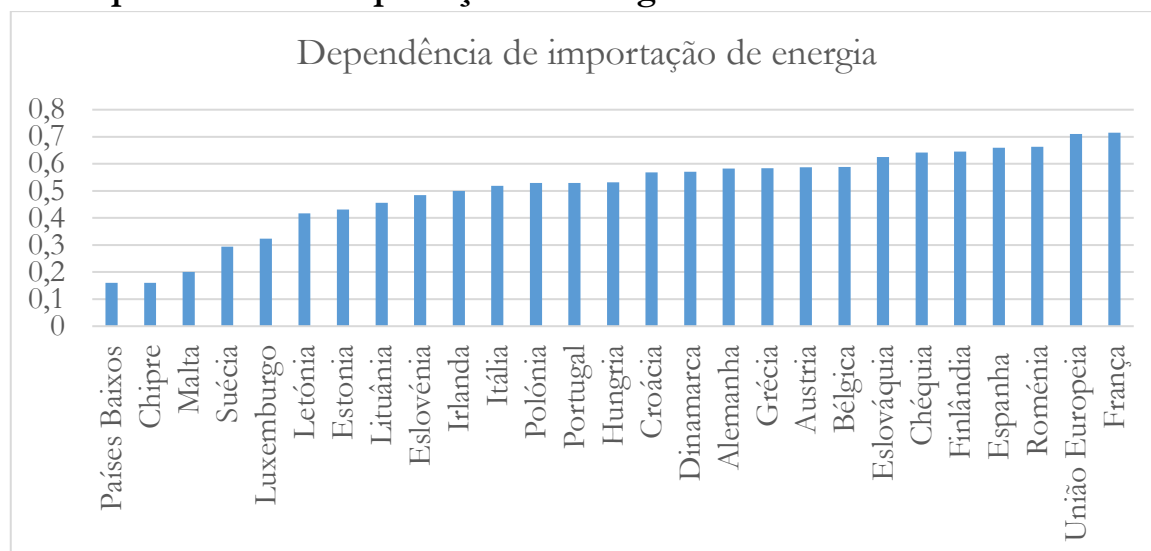


Figura 2. Gráfico da dependência de importação de energia dos países da UE

Relativamente a dependência de importação de energia, a figura 2 demonstra que mais de metade dos países em análise apresenta valores superiores ao aceitável, ou seja, 0,5. A França distingue-se por revelar o valor mais elevado de 0,72, ou seja, é a nação em estudo que apresenta ser o menos dependente de importações externas. Por sua vez, o valor da UE é muito próximo ao de França, uma vez que é 0,71. Nações como Chéquia que apresenta um valor de dependência de 0,64, Finlândia com um valor de 0,65, Roménia com um índice de 0,66, e a Espanha, que também regista esse valor, apresentam índices superiores ao limite aceitável de 0,5. Portanto, esses países devem ser considerados como nações que dependem menos de importações.

No que diz respeito a países mais dependentes, é necessário destacar Chipre e Países Baixos com o mesmo valor de 0,16 e Malta que apresenta um valor de 0,20. Os 3 países apresentam valores iguais ou inferiores a 0,2, o que neste caso significa que são muito dependentes dos seus fornecedores.

4.3 Estabilidade Geopolítica do Fornecimento de energia

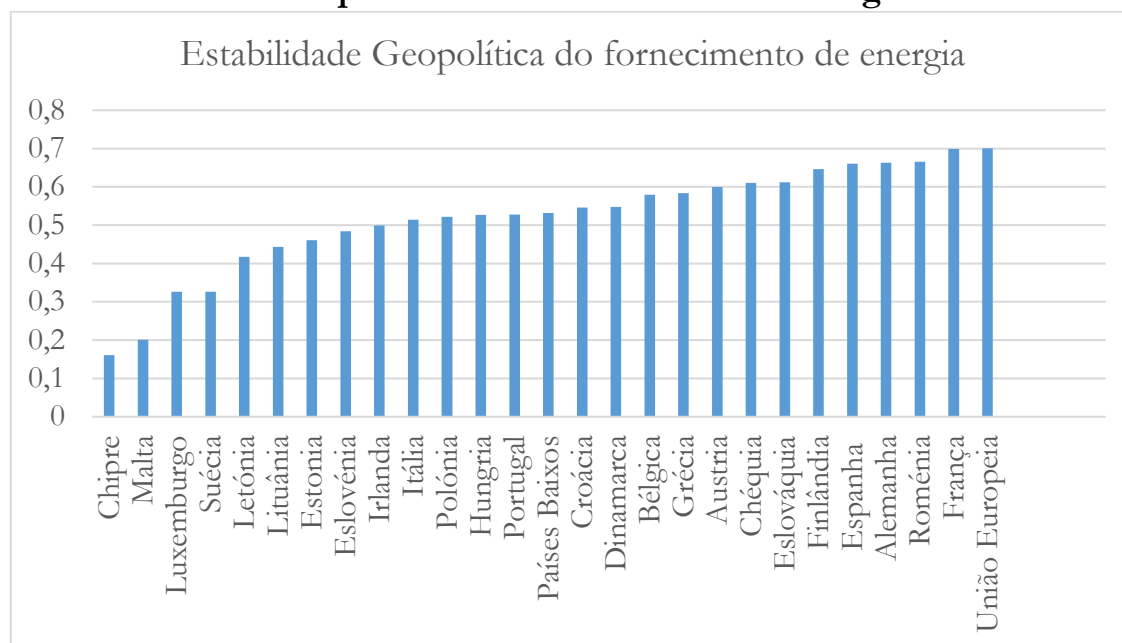


Figura 3. Gráfico da estabilidade geopolítica do fornecimento de energia dos países da UE

A figura 3 comprova que os valores referentes a estabilidade geopolítica do fornecimento de energia variam consideravelmente entre os países em análise. O valor da UE é de 0,7 sendo que a nível individual apenas a França tem um valor tão elevado, o qual é também 0,70. Quanto a valores baixos é necessário destacar o Chipre, Malta e Suécia, sendo que o primeiro apresenta o valor mais baixo com 0,16, Malta apresenta um valor de 0,2 e a Suécia exibe um valor de 0,33. É possível observarmos que mais de metade dos países em análise apresenta um valor acima de 0,5, que é o mínimo valor considerado aceitável.

Este indicador relaciona-se com a segurança do fornecimento visto que para calcular o fator de correção do mesmo foi utilizado de forma individual o IDH de cada fornecedor de energia de cada Estado Membro, para as 5 fontes de energia utilizadas nesta análise. Desta forma, ao realizarmos este cálculo, estamos a analisar o nível de segurança de cada país tendo em conta os seus fornecedores individuais, obtendo resultados com os quais conseguimos analisar quais as nações com os fluxos de energia mais seguros e consequentemente maior segurança energética relativamente a importações de energia.

4.4 Concentração do Fornecimento de Energia

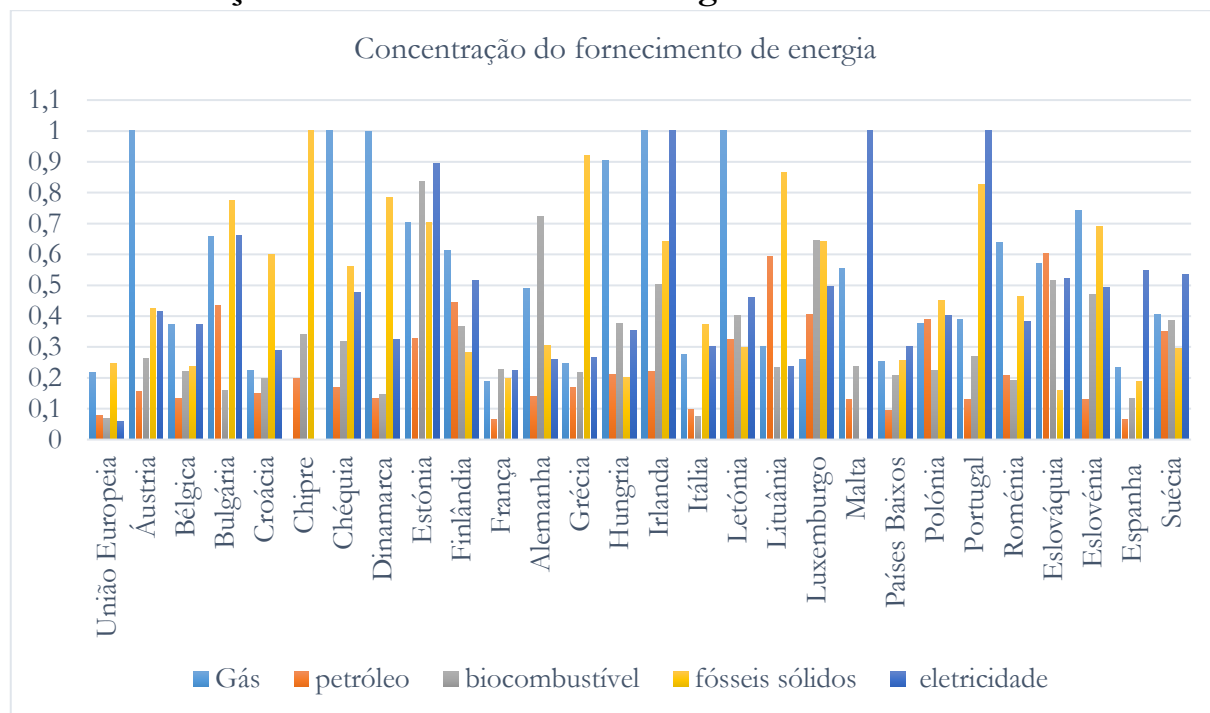


Figura 4. Gráfico da concentração do fornecimento de energia dos países da UE

A figura 4 compara a concentração de mercado do fornecimento de energia por fonte primária de energia dos Estados Membros da UE. O gráfico mostra que os valores exibidos variam significativamente entre os países examinados. Tal como descrito anteriormente, o valor máximo é de 1, o qual equivale a um mercado monopolista, enquanto um valor mais baixo revela uma menor concentração, o que consequentemente leva a uma maior segurança energética. Ao observarmos o gráfico podemos concluir que a UE apresenta um mercado em que cada fonte de energia a nível individual apresenta um valor baixo, sendo que o valor mais alto é o de combustíveis fósseis sólidos com 0,25.

França destaca-se pela positiva visto exibir os valores mais baixos referentes às 5 fontes primárias de energia em análise, ou seja, no geral as fontes apresentam todas valores inferiores a 0,3. O valor mais alto é o da eletricidade que é 0,23.

Chipre é o país com os piores resultados relativamente a concentração de mercado, é o único de todos os países em estudo que apresenta valores de apenas 3 fontes primárias de energia, excluindo o gás e a eletricidade. Em contrapartida apresenta um mercado com uma forte concentração no que diz respeito a fósseis sólidos, visto que o seu valor é 1.

É crucial mencionar que as fontes de energia que apresentam valores de 1 são o gás e a eletricidade. Áustria, Chéquia, Irlanda, Letónia apresentam o valor de 1 relativamente a gás natural, no que diz respeito a eletricidade, Irlanda, Malta e Portugal apresentam o valor máximo de 1.

A Irlanda é a única nação em estudo que apresenta um valor máximo de 1 em duas fontes primárias de energias que são o gás e a eletricidade.

O país que apresenta o valor mais elevado de biocombustível é a Estónia com 0,84, e o valor mais baixo é o da Itália com 0,07.

Relativamente ao petróleo, a Eslováquia apresenta o valor mais alto com 0,60, enquanto a Espanha apresenta o valor de 0,064, sendo este o mais baixo relativamente a esta fonte primária de energia.

4.5 Principais fornecedores de energia

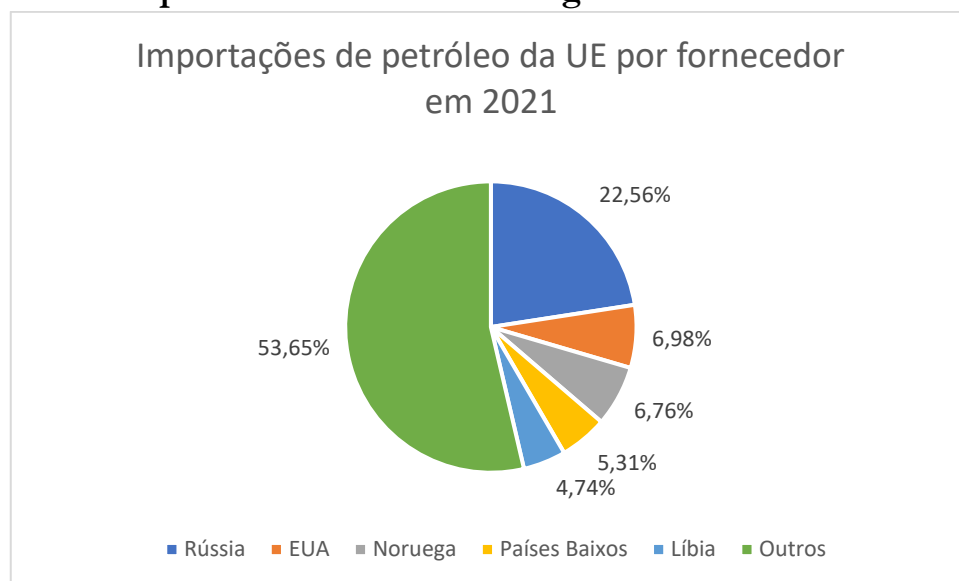


Figura 5. Importações de petróleo por fornecedor da UE em 2021

A figura 5 apresenta as os principais fornecedores de petróleo da UE no ano de 2021. Podemos observar no gráfico que a Rússia apresenta o maior valor individual, com 22,56%, sendo o maior fornecedor da UE, com um valor 3 vezes superior ao do segundo fornecedor, os EUA com 6,98% e em terceiro lugar está a Noruega com 6,76%. Os outros dois países que compõem os 5 maiores fornecedores são os Países Baixos com uma 5,31% e por fim a Líbia 4,94%. É possível observar que mais de metade do fornecimento existente é composto por outros países.

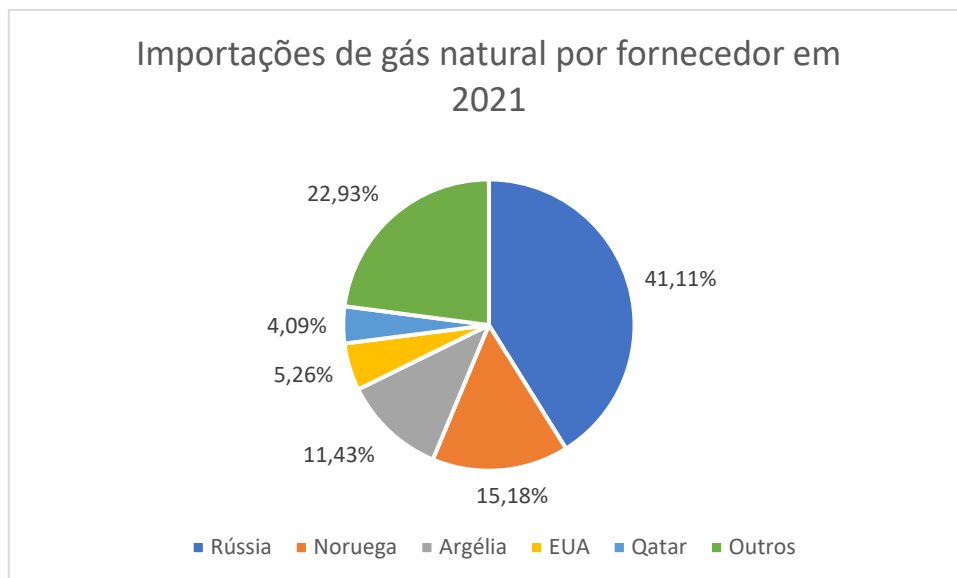


Figura 6. Importações de gás natural por fornecedor da UE em 2021

Relativamente a importações de gás natural por parte da UE, ao observarmos a figura 6 concluímos que existiu um grande domínio por parte da Rússia relativamente ao fornecimento do mesmo. A Rússia foi responsável por 41,1% de importação de gás natural. Tal como no fornecimento de petróleo, a Noruega sucede a Rússia e ocupa o segundo lugar enquanto fornecedora, com 15,18%. A Argélia, EUA e Qatar completam o grupo dos principais fornecedores com respetivamente 11,43%, 5,26% e 4,09%. É possível observarmos que os cinco principais fornecedores são provenientes de quatro continentes diferentes que os mesmos no total são responsáveis por 77,07% da importação de gás natural da UE.

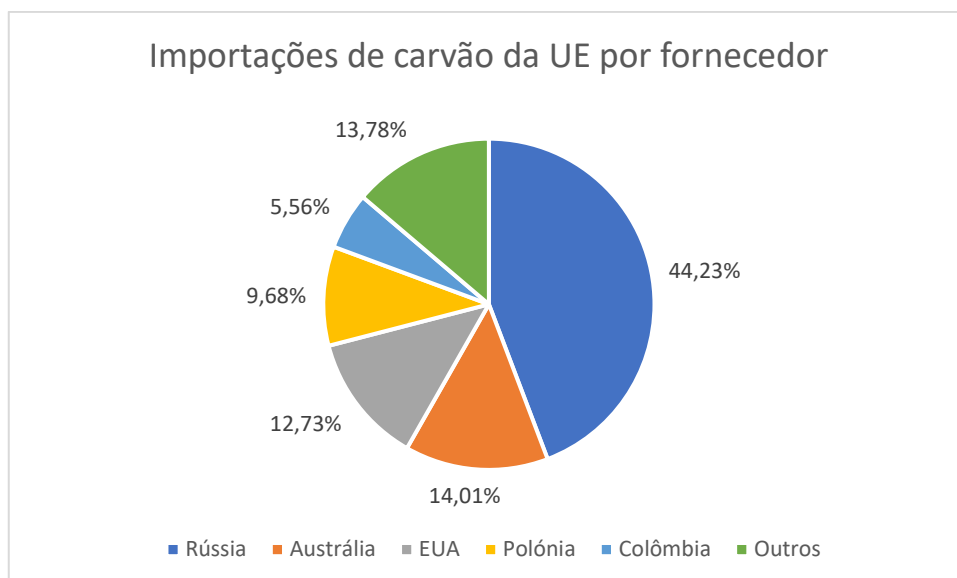


Figura 7. Importações de carvão por fornecedor da UE em 2021

Ao analisar a figura 7 é possível concluir que, tal como no caso do gás, existia em 2021 um elevado controlo por parte da Rússia relativamente ao fornecimento de carvão para a Europa. A mesma foi responsável por 44,23%, o que representa quase metade das importações deste tipo de fonte primária de energia. Em segundo lugar podemos observar a Austrália com 14,01%, seguida dos EUA com 12,73%. A Polónia com 9,68% aparece em quarto lugar e por fim podemos observar a Colômbia com 5,56%.

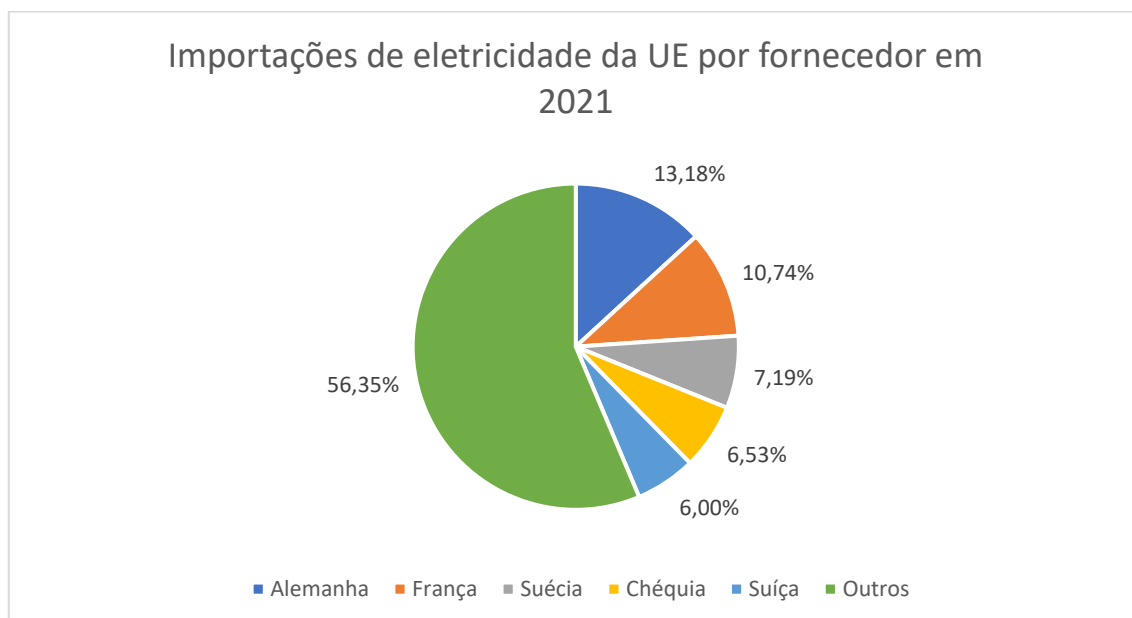


Figura 8. Importações de eletricidade por fornecedor da UE em 2021

No que diz respeito a importações de eletricidade por parte da UE concluímos que os principais fornecedores são Europeus, sendo que apenas a Suíça não faz parte da UE.

Os 5 maiores provedores são responsáveis por quase metade do fornecimento de eletricidade da UE, com um valor total de 43,65%. A nível individual o maior fornecedor é a Alemanha, responsável por 13,18% das importações, seguida pela França com 10,74%.

Os outros três países que compõem os 5 maiores fornecedores são a Suécia com 7,19%, seguida da Chéquia com 6,53%, e por fim a Suíça com 6,00%.

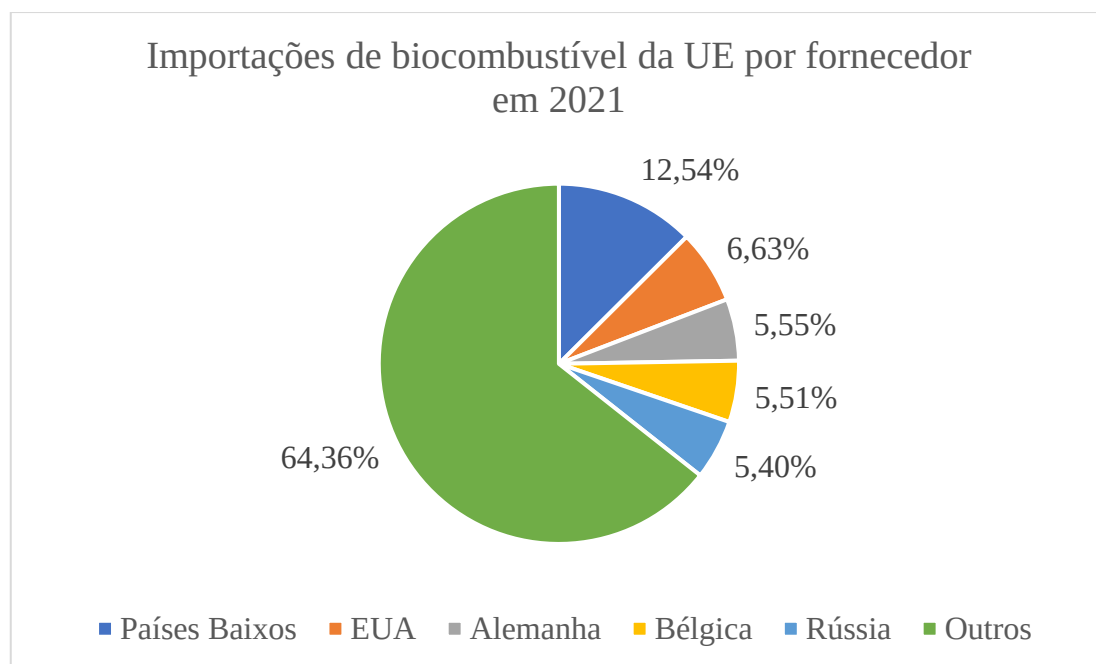


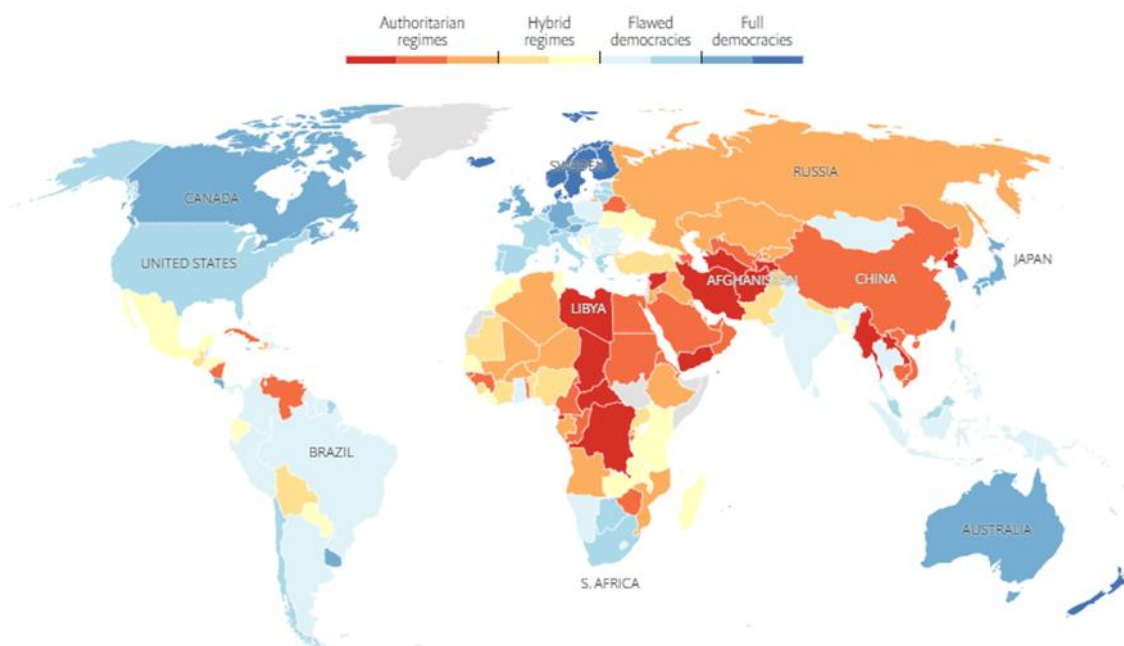
Figura 9. Importações de biocombustível por fornecedor da UE em 2021

Quanto a importações de biocombustível em 2021 por parte da UE, existe um destaque por parte do principal fornecedor, os Países Baixos, responsáveis por 12,54% do fornecimento. Os valores dos 4 fornecedores que sucedem são bastante próximos, sendo que em segundo lugar se encontram os EUA com 6,63%, seguido pela Alemanha com 5,55%. Com um valor muito próximo a Bélgica foi responsável por 5,51% das importações, seguida pela Rússia com 5,40%.

4.5 Análise aos principais fornecedores de energia

Tabela 5. Principais fornecedores de energia da UE e respetivos IDH, Índice de Gini e PIB Per Capita (Bank, 2023b, 2023a; Data, 2023a)

Fornecedores	IDH 2021	Índice de Gini	PIB per capita 2021
Alemanha	0.942	2019 - 0.317	51203,5545\$
Argélia	0.745	2011 - 0.276	3700,311195\$
Austrália	0.951	2018 - 0.343	60444,50236\$
Bélgica	0.937	2020 – 0.26	51268,38804\$
Chéquia	0.889	2020 – 0.262	26822,51419\$
Colômbia	0.752	2021 – 0.515	6182,707099\$
EUA	0,921	2020 – 0.397	70219,47245\$
França	0.903	2020 – 0.307	43658,97898\$
Líbia	0.718	sem valores	5908,951323\$
Noruega	0.961	2019 – 0.277	90655,39102\$
Países Baixos	0.941	2020 – 0.26	57708,11121\$
Polónia	0.876	2019 – 0.288	17999,83227\$
Qatar	0.55	Sem valores	66838,32764\$
Rússia	0,822	2020 – 0.36	12593,15723\$
Suíça	0.962	2018 – 0.331	91991,60046\$
Suécia	0.947	2020 – 0.289	61143,22124\$



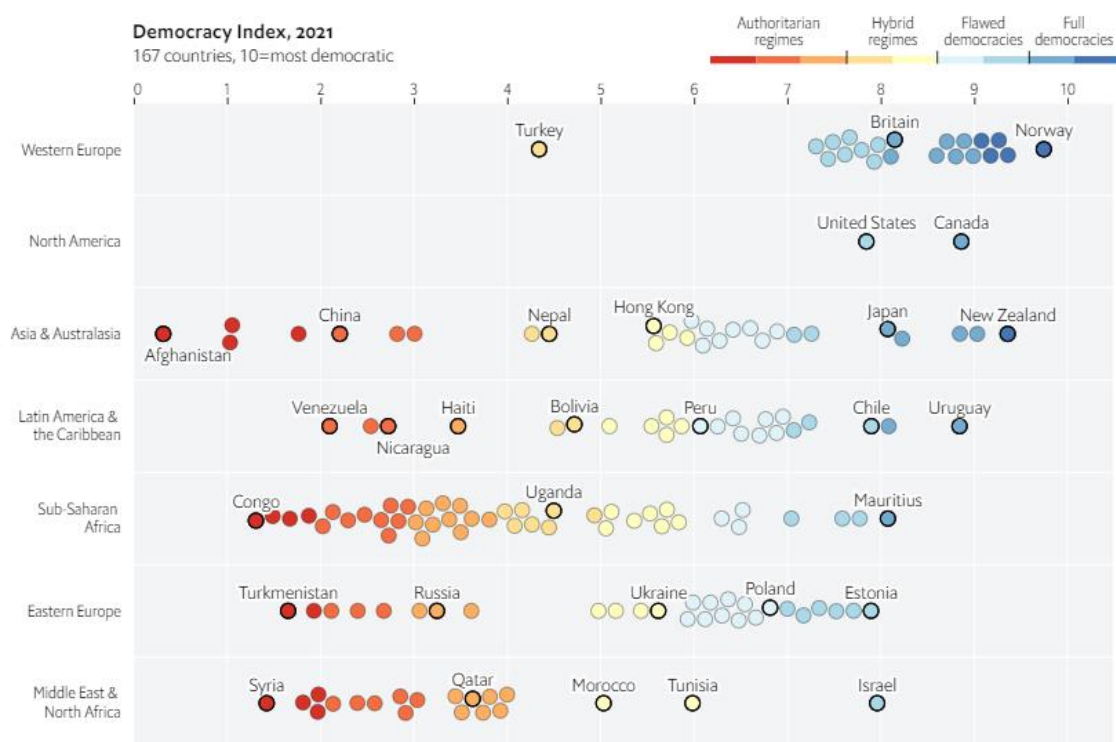


Figura 10. Índice de democracia referente ao ano 2021 a nível global

Extraído de: (Economist, 2022a)

Ao analisar a tabela 3 podemos concluir que quanto ao IDH os melhores resultados são da Suíça, 0.962, Noruega e Austrália com respetivamente 0.961 e 0.951 e o pior resultado é o da Líbia com 0.718. No índice de Gini a Argélia tem o melhor resultado com 0.276, mas os últimos valores publicados são de 2011 pelo que devem ser desconsiderados. A mesma é seguida pela Suíça com 0.331 e Austrália com 0.343. Por sua vez o pior resultado é da Colômbia, sendo o mesmo 0.515. Em relação ao PIB Per Capita, o mesmo é expresso em dólares, sendo que o país com o melhor valor é a Suíça com 91991,60046\$, seguido pela Noruega com 90655,39102\$ e por fim EUA com 70219,47245\$. O pior resultado por sua vez voltou é o da Rússia com 12593,15723\$.

5. Discussão dos resultados

Este estudo revela a necessidade dos Estados Membros da UE em monitorar a estabilidade da sua segurança energética. É crucial que explorem as abordagens existentes, alinhando-as com as suas políticas locais, afim de elevar os padrões dos seus indicadores energéticos. Dessa forma poderão aprimorar significativamente a sua segurança energética.

Os dados utilizados nesta investigação são referentes ao ano 2021, ou seja, não têm em consideração os acontecimentos que ocorreram desde fevereiro de 2022 que consequentemente levaram aos cortes de fornecimento de energia por parte da Rússia, a qual é um dos maiores exportadores de fontes primárias de energia, com destaque para o gás natural, petróleo e carvão para os Estados Membros da UE. Os dados em questão também não têm em conta as recuperações económicas e de abastecimento pós covid 19.

Relativamente a diversidade do mix energético, o qual está representado na Figura 1, podemos concluir que a maior parte das nações em análise apresenta valores entre $0,5 \leq \text{SWI} \leq 0,7$, os quais são valores considerados acima do aceitável. Porém existe uma necessidade por parte dos Estados Membros da UE de aumentarem a diversidade dos seus mixes, de forma a assegurarem uma maior estabilidade na sua segurança energética. A maioria dos países em análise apresenta um valor acima do aceitável, superior a 0,5, no entanto podemos observar Chipre possui o menor valor, com apenas 0,16, seguido por Malta, que apresenta um valor ligeiramente superior, de 0,22. A Estónia e a Letónia figuram no limite inferior, ambos com um valor de 0,51, enquanto o Luxemburgo, com 0,35, e a Lituânia, com 0,47, exibem valores que também suscitam preocupações. O facto de que a maioria apresenta um valor acima do aceitável não deixa de acarretar alguma preocupação. Os países com valores mais baixos devem diversificar os seus mixes, de forma a não ficarem dependentes de uma fonte primária de energia e aumentarem a diversidade e segurança do seu fornecimento de energia. Um método de aumentar a diversidade dos mixes energéticos e consequentemente a segurança energética das nações em questão é apostar em fontes endógenas, de preferência renováveis. Tal como referido no estudo realizado por Su et al. (2021) as energias renováveis têm a capacidade de diminuir riscos geopolíticos enquanto promovem uma interdependência entre países, pelo que os países obtêm benefícios ao realizarem uma transição energética para este tipo de energia.

No que diz respeito a dependência de importação de energia é possível observar na figura 2 que os países em análise dependem consideravelmente de importações externas, fator esse que é preocupante visto que quanto mais dependerem forem, pior será a sua segurança energética. Sendo a França o país com o valor mais elevado, com 0,72, podemos concluir que, de todos os países em estudo, é o menos dependente, que é o que aposta mais em fontes endógenas de energia. Existe uma relação entre a figura 1 e a figura 2 sendo que em ambas Chipre e Malta fazem parte das nações em análise com os piores resultados, ou seja, ambos apresentam uma baixa diversidade de mix energético e são muito dependentes de importações externas de energia.

Um dos principais fatores para a baixa diversidade do mix energético e grande dependência de importações do Chipre e Malta são as suas características geográficas. Ambos são ilhas, pelo que se encontram isolados e dependentes do fornecimento externo de energia dos países vizinhos, todavia têm potencial de produzir energia renovável dentro de seus sistemas energéticos. Chipre destaca-se por possuir reservas prósperas de gás natural no Mar Mediterrâneo Oriental enquanto Malta decidiu fechar a sua central elétrica a carvão, o que vai ao encontro dos objetivos da UE para diminuir as emissões de carbono, mas consequentemente diminuiu a diversidade do mix energético do país (Ioannidis & Chalvatzis, 2017)(De Rosa et al., 2022).

Os mercados de energia de Malta não são totalmente liberalizados visto que as únicas empresas de eletricidade e produtos petrolíferos se encontram detidas pelo Estado e os preços de retalho de energia são fixados administrativamente, pelo que as intervenções rápidas nos mercados de energia são possíveis devido ao controlo do governo. Devido à atual situação energética mundial Malta decidiu congelar os preços da eletricidade e combustíveis, utilizando subsídios para neutralizar as perdas por parte das empresas do Estado. Consequentemente os preços de retalho da eletricidade e dos combustíveis em Malta são dos mais baixos a nível europeu (Fund, 2023).

Contrariamente a Malta, devido à invasão da Ucrânia por parte da Rússia e consequente crise energética, certos países decidiram estender o tempo de vida das suas centrais a carvão, visto preferirem aumentar a produção de carvão na UE e acabar com o fornecimento por parte da Rússia. Esta medida é fortemente apoiada pela Alemanha, com 0,71 de diversidade de mix energético tal como é possível observar na figura 1, a qual tem vindo a pressionar os outros países constituintes do G7 para abdicarem até ao final deste ano dos seus compromissos de

reduzirem os seus investimentos em projetos que não envolvam combustíveis fósseis. A situação da Alemanha não é a única visto que a Polónia pretende aumentar o seu consumo de carvão, a Grécia, Itália e a Chéquia desejam atrasar a adoção do “Green Deal” reabrindo as suas centrais térmicas a carvão e em casos de emergência, países como a Áustria os Países Baixos pretendem aumentar a produção de energia a partir desta fonte primária de energia (Dorobat et al., 2022). É possível observar na figura 1 que as nações mencionadas que decidiram apostar nesta fonte de energia não renovável têm todas um valor superior a 0,55 relativamente ao indicador mix energético, ou seja, todas apresentam um valor que não é considerado baixo mas no entanto aproveitam a atual situação para recorrerem ao uso de combustíveis fósseis. A utilização desta fonte de energia leva a um aumento do valor do seu indicador de mix energético mas consequentemente aumenta a poluição produzida por parte dos mesmos, visto que esta fonte de energia é uma das mais poluentes que existe. Ou seja, ao diversificarem o mix energético vão melhorar a sua segurança energética, no entanto ao optarem por este tipo de fonte energia em específico vão sofrer outro tipo de consequências visto que a mesma vai contra as medidas definidas no Pacto Ecológico Europeu (Comission, 2019) e o que foi decidido no Acordo de Paris.

Quanto ao uso do hidrogénio como complemento para energias intermitentes e a introdução do mesmo nos mercados de eletricidade, Durakovic et al. (2023) realizaram um estudo no qual destacam que a França e Alemanha fazem parte dos principais produtores de hidrogénio do Mar Norte. Ao examinarmos o gráfico presente na figura 1, torna-se evidente que os dois países exibem valores julgados como aceitáveis em relação à diversidade do seu mix energético pelo que a busca por alternativas que garantam a segurança energética apresenta um benefício adicional significativo.

O interesse no Mar do Norte também se estende à criação de energia eólica offshore. Os ministros da energia dos países europeus circundantes do mesmo pretendem aumentar em quatro vezes a capacidade deste tipo de energia até ao final da década, com o intuito de transformar a região em um centro de excelência em energia renovável. Dos países envolvidos no projeto, sete são Estados Membros da UE, incluindo a Alemanha, a França, os Países Baixos, Bélgica, Dinamarca, Irlanda e Luxemburgo (Abnett, 2023). Ao observarmos a figura 1 concluímos que as nações pertencentes à UE que fazem parte deste acordo possuem valores superiores a 0,5 relativamente a diversidade do mix energético, excetuando o Luxemburgo que é um dos países com piores resultados neste indicador, com

0,34, o qual é um valor que demonstra uma grande preocupação na segurança energética deste Estado Membro.

A fevereiro 2022 o Chanceler alemão comunicou perante o parlamento da Alemanha que a construção dos terminais de GNL do país estaria pronta para a importação de hidrogénio num futuro próximo. Adicionalmente há expectativas que outras nações como a Itália, Estónia e Finlândia, todas Estados Membros da UE, migrem, futuramente, parte dos seus terminais de GNL para instalações com capacidade de também importar hidrogénio verde (Lambert et al., 2022).

Com a alteração da taxonomia da energia nuclear certos países decidiram prolongar a vida dos seus reatores, como é o caso da Bélgica, enquanto outros como a França anunciaram novas construções (Agency, 2022a) (Kuzemko et al., 2022). No que diz respeito a França em específico, foi divulgado a Fevereiro de 2022 um projeto de desenvolvimento de seis novos reatores de grande porte a serem edificados a partir de 2028. O investimento estimado para essa iniciativa é de aproximadamente 50 mil milhões de euros. Adicionalmente, existe a possibilidade de construir mais oito reatores nucleares até o ano de 2050 (Agency, 2022a)

Quanto a estabilidade geopolítica do fornecimento de energia, ao observarmos a figura 3 comprovamos que os resultados obtidos variam consideravelmente. Tal como mencionado anteriormente este indicador permite analisar quais as nações com os fluxos de energia mais seguros e consequentemente maior segurança energética relativamente a importações de energia, visto que foi utilizado o IDH de cada fornecedor de energia de cada Estado Membro, para as 5 fontes de energia utilizadas nesta análise. É observável que a França volta a exibir os melhores resultados, com 0,70, sendo um dos países menos dependentes de fornecimentos externos de energia visto investir em grande escala em fontes endógenas, como é o caso da energia nuclear, tal como mencionado anteriormente. Concluimos também que os países a quem recorre para importar são países que não devem apresentar um elevado risco a nível geopolítico. Chipre, Malta e Suécia são os países com os valores mais baixos, com respetivamente 0,16, Malta apresenta um valor de 0,2 e a Suécia 0,33. É evidente que mais de 50% dos países envolvidos na pesquisa apresentaram um valor acima de 0,5, que é o valor mínimo considerado aceitável, porém é necessário mencionar que este indicador expõe uma necessidade de os países em análise avaliarem os seus fornecedores de energia e as relações com os mesmos.

Tal como mencionado anteriormente os dados em análise são referentes a 2021, pelo que não têm em consideração a atual crise energética mundial, proveniente da invasão da Ucrânia por parte da Rússia. A Rússia era um fornecedor dominante dos países membros da UE, posto que em 2021 forneceu 40% do gás natural consumido pela UE, 25% das importações de petróleo e 20% das importações de carvão (BP, 2022).

Com o objetivo de se tornar menos dependente da mesma, a UE definiu alternativas ao fornecimento de energia da Rússia. Como o mercado de gás exibe diversos entraves relacionados com infraestrutura, o mesmo apresenta uma notável dimensão regional, sendo o maior fornecedor a Rússia. A UE pretende diminuir estas importações recorrendo a fornecedores alternativos de GNL, tais como os EUA, Qatar, Egito e determinadas nações africanas. Além disso, pretende ampliar as importações por gasodutos de parceiros comerciais já estabelecidos, como a Noruega, Azerbaijão e Argélia. Existe também a alternativa de explorar energia solar através de painéis instalados em telhados residenciais e o aumento do uso de outras fontes de energias renováveis, como o aumento da produção interna de biometano (Dempsey et al., 2022; Korosteleva, 2022).

Relativamente a concentração de mercado do fornecimento de energia por fonte primária de energia, os valores obtidos variam significativamente entre as nações em análise, tal como é possível observar na Figura 4. No geral a UE revela apresentar valores baixos relativos às 5 fontes primárias de energia em estudo neste índice, o que se traduz num mercado mais seguro do que se houvesse monopolização por parte de uma das fontes.

Assim como mencionado previamente, o valor máximo é de 1, o qual equivale a um mercado monopolista, enquanto um valor mais baixo revela uma menor concentração, o que consequentemente leva a uma maior segurança energética. Ao examinar cada país a nível individual, a França sobressai por apresentar os valores mais baixos referentes às 5 fontes primárias de energia em análise, pelo que o seu mercado de energia demonstra ser bastante diversificado. É necessário mencionar a existência de mercados monopolistas de gás e eletricidade em determinados países da UE, tal como podemos observar na figura 4, com destaque para a Irlanda que tem 1 em ambas as fontes de energia, o que se traduz numa segurança energética em risco relativamente a este indicador. Outro país que se destaca negativamente é o Chipre visto que de acordo com a concentração de mercado apresenta os piores resultados. É a única nação do estudo que apresenta valores de apenas 3 fontes primárias de energia, visto o seu mix não apresentar valores referentes à utilização de gás e

eletricidade. Por outro lado, mostra um mercado com forte concentração de fósseis sólidos com 1.

Ao observarmos as figuras 5,6,7,8 e 9 podemos deduzir quais foram os principais fornecedores de energia da UE no ano de 2021.

No que diz respeito à Rússia, a mesma encontrava-se presente em quatro dos cinco gráficos representados, apresentando um domínio relativamente ao fornecimento de gás natural e carvão, sendo responsável por 41,1% e 44,23% do fornecimento dos mesmos, respetivamente. A mesma exibiu também o valor mais elevado no que diz respeito a fornecimento de petróleo, com 22,56%. Ou seja, existe uma grande dependência de energia proveniente da Rússia por parte da UE.

Tal como a Rússia, os EUA encontram-se em quatro dos cinco gráficos referentes aos fluxos de energia para a UE, no entanto com valores menos expressivos. Os EUA são responsáveis por 6,98% do petróleo fornecido à UE em 2021, ocupando o segundo lugar enquanto fornecedor. Os mesmos exportam também carvão, gás natural e biocombustível, sendo respetivamente responsáveis por 12,73%, 5,26% e 6,63% do fornecimento total.

A nível europeu é notório destacar a Noruega e Alemanha visto ambas estarem presentes duas vezes como parte dos cinco fornecedores principais. A Noruega fornece petróleo para a UE, tal como é possível observar na figura 5, com 6,76%. O mesmo país forneceu 15,78% do gás natural importado pela EU, tal como é possível constatar na figura 6. Quanto à Alemanha, a figura 6 retrata que o país é o maior fornecedor de eletricidade da UE com 13,18%. O mesmo também faz parte do fluxo de biocombustível para a UE, sendo responsável por 5,5% do fornecimento e ocupando o lugar de segundo maior exportador desta fonte de energia. É importante assinalar, que tirando a Suíça, todos os principais fornecedores de electricidade da UE são Estados membros da EUE, o que vai ao encontro da existência de um mercado interno de energia, o qual tem sofrido profundas mudanças estruturais desde a invasão da Ucrânia por parte da Rússia e consequente crise energética (Parliament, 2023).

A equitatividade é uma mais-valia para a UE que pode ser obtida com uma maior diversificação dos seus fornecedores de energia, o que diminui a sua vulnerabilidade perante a dependência exclusiva de um único país. Dessa forma os possíveis impactes decorrentes da interrupção de exportações por parte de qualquer fornecedor, motivada por diversas

razões são minimizados, pois é possível verificar que alguns desses fornecedores são países que apresentam algum grau de instabilidade política.

A necessidade de analisar o IDH, Índice de Gini e PIB Per Capita de cada fornecedor advém do facto que quanto melhores os resultados do país em análise relativamente a estes índices, mais estável é o mesmo e melhor a qualidade de vida dos seus habitantes. Quanto melhores os resultados obtidos mais estáveis serão os acordos entre países e possíveis fluxos energéticos, aumentando a segurança energética entre fornecedor e comprador.

A Rússia possui um regime democrático que é também autoritário, aproximando-se cada vez mais do totalitarismo devido ao regime de Vladimir Putin (Kolesnikov, 2022). Tal como observado na tabela 3, o PIB Per Capita mais baixo de todos os fornecedores em análise no ano 2021. A mesma, de todos os países europeus analisados enquanto fornecedores, apresenta o valor mais baixo de IDH, ocupando a 4ª posição no total com 0.882 em 2020 e um dos Índices de Gini mais elevados com 0.36 em 2020 também.

No que diz respeito à Argélia, um dos maiores fornecedores de gás da UE, apesar de ter um regime democrático é ainda maioritariamente controlado pelo sistema militar. Em 2020 elaboraram uma nova constituição e em 2021 avançaram com eleições legislativas, as quais ocorreram sem a participação de protestantes, que se uniram num movimento conhecido como Hyrak. Os mesmos são reconhecidos por se expressarem contra a situação política do país (GREWAL, 2023)(Chikhi, 2021)A Argélia apresenta os segundos piores resultados em 2021 relativamente a IDH com 0.745 e o quarto pior PIB Per Capita com 3700,311195\$. O país apresenta o melhor valor no que toca a Índice de Gini, no entanto os últimos dados são de 2011, pelo que os mesmos não devem ser tidos em consideração. Existe uma necessidade por parte da EU e seus Estados Membros de estarem atentos a possíveis alterações no regime político Argelino e aos indicadores analisados visto que os resultados obtidos não transmitem segurança, o que é preocupante ao termos em consideração que em 2021 o país foi o terceiro maior fornecedor de gás natural da UE.

Em 2020 ocorrerem eleições nos EUA nas quais o atual presidente Joe Biden substituiu Donald Trump. Tal como observado na figura 10 os EUA são uma democracia com falhas, sendo que têm um regime político bipartidário, o que faz com dependendo do partido que governa as políticas em vigor podem variar substancialmente, o que cria instabilidade. Tal como mencionado no artigo do “The Washington post”, o a confiança por parte dos

americanos no seu governo encontra-se consideravelmente abaixo da média mundial (Balz & Morce, 2023). Tal como observado na tabela 3 os EUA apresentam bons resultados relativamente ao seu IDH, Índice de Gini e PIB Per Capita e desde o início da atual crise energética aumentaram consideravelmente as suas exportações de energia para a UE, principalmente de GNL (T. W. House, 2023). O Qatar também apresenta um regime político autoritário, sendo que tem um emir que por sua vez exerce plena autoridade executiva e legislativa, além de ter controle absoluto sobre o sistema judicial do país (House, 2023).

Relativamente à situação política da Líbia, o país encontra-se a viver uma elevada instabilidade desde a queda do regime autoritário, sendo que ocorreram vários tumultos e não consegue ter um governo central estável. A fevereiro de 2022 foi confirmado que a recém-estabelecida autoridade executiva unificada do país, conhecida como Governo de Unidade Nacional, terá uma natureza transitória e será responsável por conduzir o país a eleições nacionais (Intelligence, 2022). De todos os fornecedores analisados neste estudo a Líbia apresenta o pior IDH com 0.718, não foram encontrados dados referentes ao Índice de Gini e o seu PIB Per Capita encontra-se num nível intermédio com 5908,951323\$. Estes resultados por parte da Líbia, não só dos índices mas também da sua situação política, fazem com que exista uma necessidade por parte da UE de estar atenta à situação do país, de forma a evitar futuros problemas que possam colocar em causa o fornecimento de energia.

A Colômbia é um país democrático com falhas, tal como é possível observar na figura 10. A mesma apresenta alguma instabilidade devido ao elevado nível de pobreza e elevado nível de criminalidade, sendo que o país tem uma longa tradição de tráfico de cocaína e presença de gangues. O atual presidente, o primeiro que preside um governo de esquerda encontra-se a tentar reunir esforços para diminuir estes problemas e consequentemente aumentar a segurança do próprio país e qualidade de vida dos seus habitantes (Economist, 2023). O país apresenta o pior valor do Índice de Gini com 0.515, o terceiro pior IDH com 0.752 e relativamente ao PIB Per Capita é o quinto fornecedor com melhor valor, sendo o mesmo 6182,707099\$. Todos os outros principais fornecedores em análise são europeus e com exceção da Noruega que apresenta um regime político democrático total, são regimes democráticos com falhas, tal como observado na figura 10.

Após a realização da análise relativamente aos fornecedores de energia concluímos que por norma, os países com regimes democráticos apresentam melhores resultados do que os países com regimes autoritários, como é o caso da Líbia que de todos os fornecedores

apresenta o pior IDH, o PIB mais baixo e não apresenta valores relativamente ao Índice de Gini.

6. Conclusão

A segurança energética é um dos elementos que compõe a segurança nacional de um país, pelo que existe necessidade de assegurar a mesma de forma a manter o bem-estar de toda uma nação. Cada vez mais a dependência energética pode tornar um país vulnerável ou numa potência em relação aos outros, pois a energia é uma necessidade para o bom funcionamento de um país. A base da criação da UE foi para garantir paz e estabilidade após o fim da segunda guerra mundial, e garantir uma segurança energética é fundamental para garantir estes princípios.

O presente estudo pretende averiguar qual o estado da segurança energética da UE e o quão seguro é o fornecimento externo de energia, visto que a UE depende dos seus fornecedores para conseguir suprimir a procura.

Primeiramente foram utilizados os índices SWI e HHI para calcular indicadores que servem para avaliar o estado da segurança energética da UE e seus Estados Membros. Os indicadores em questão são referentes a mix energético, dependência de importação de energia, estabilidade geopolítica do fornecimento de energia e concentração do fornecimento de energia. Após a realização dos cálculos foi possível concluir que no que diz respeito a diversidade do mix energético a maioria dos Estados Membros apresenta um valor superior a 0,5, o qual é considerado aceitável. Contudo quanto mais elevado for o valor maior é a segurança energética do país e existem países com valores inferiores, os quais devem considerar diversificar as suas fontes de energia, a fim de reduzir a dependência de uma única fonte primária e fortalecer a diversidade e segurança do seu fornecimento energético.

Quanto a dependência de importação de energia conclui-se que os países em estudo dependem significativamente de fornecimentos externos, visto que a procura é maior do que a oferta existente na UE, fator esse que é preocupante se analisarmos as consequências que os últimos acontecimentos geopolíticos tiveram nos fluxos energéticos mundiais. Este indicador deve ser analisado em conjunto com o indicador referente a estabilidade geopolítica do fornecimento de energia, visto que a estabilidade em questão é relativa aos fornecedores de cada Estado Membro em estudo. É possível observar que mais de metade dos países em análise apresenta um valor superior a 0,5 mas existe uma necessidade por parte dos países membros da UE de apostarem ainda mais na produção de energia endógena, uma vez que a mesma é mais segura e as nações ao investirem na produção nacional tornam-se menos

dependentes de fornecimento externo. A busca pela equitatividade é um benefício para a União Europeia, alcançável por meio de uma ampla diversificação de seus fornecedores de energia. Isso reduz sua vulnerabilidade em relação à dependência exclusiva de um único país. Dessa maneira, os potenciais impactes resultantes da interrupção das exportações por parte de qualquer fornecedor, devido a várias razões, são reduzidos.

Podemos constatar que devido à atual guerra energética houve um investimento de determinados países em diversas fontes de energia endógena, como é o caso da França e da Bélgica que aumentaram a produção de energia nuclear, que recentemente teve a sua taxonomia alterada, e a Alemanha reativou determinadas centrais de carvão e pretende importar hidrogénio num futuro próximo. Ao mencionar a atual guerra energética é necessário esclarecer que determinados países, ao procurarem alternativas energéticas, não vão ao encontro do plano “Green Deal” da comissão Europeia. O facto que certas nações, como é o caso da Alemanha e Polónia, repensem em abrir centrais de carvão é preocupante devido ao aumento da utilização deste combustível fóssil, o qual é extremamente poluente e vai contra as metas europeias e o que foi decidido no Acordo de Paris.

Relativamente à concentração de mercado do fornecimento de energia por fonte primária, os valores obtidos variam significativamente entre as nações em análise. No geral a UE revela apresentar valores baixos relativos às 5 fontes primárias de energia em estudo neste índice, o que se traduz num mercado mais seguro do que se houvesse monopolização por parte de uma das fontes. A nível individual podemos concluir que em determinados países da UE existem monopólios estabelecidos nos setores de gás e eletricidade. A Irlanda é um exemplo notável, tendo monopólios em ambas as fontes de energia. Outra nação que se destaca negativamente neste aspeto é o Chipre, pois apresenta os piores resultados em termos de concentração de mercado. O Chipre é também o único país em estudo que apresenta apenas três fontes primárias de energia, pois o seu mix não inclui gás e eletricidade, em contrapartida apresenta um monopólio de combustíveis fósseis sólidos.

A nível individual, dos quatro indicadores, é necessário destacar que a França apresenta um dos valores mais elevados relativamente a diversidade do mix energético e estabilidade geopolítica do fornecimento de energia, é o país menos dependente de importações e possui a concentração de mercado mais diversificada e consequentemente menos monopolista. Por outro lado, Chile e Malta destacam-se de forma negativa visto ambas terem uma diversidade

de mix energética extremamente baixa, serem fortemente dependentes de fornecimentos externos de energia e concentrações de mercado monopolistas.

Como complemento ao cálculo dos índices acima mencionados, foi efetuado um estudo referente aos maiores fornecedores de energia da UE em 2021, conduzindo uma análise aos seus regimes políticos, ao IDH, ao Índice de Gini e ao PIB de cada país, com a finalidade de obter resultados mais aprofundados.

No que diz respeito aos maiores fornecedores da UE é possível concluir que existem fornecedores em específico que são responsáveis por grande parte dos fluxos energéticos, como é o caso da Rússia e dos EUA. Concluímos que a Rússia foi o maior fornecedor europeu, em 2021, de gás natural sendo respetivamente responsável por 41,1% e 44,23% do fornecimento. A mesma forneceu também 22,56% do petróleo adquirido pela UE e 5,40% do biocombustível. Por sua vez os EUA destacam-se por terem fornecido 6,98% do petróleo, 12,73% do carvão, 5,26% do gás natural e 6,63% do biocombustível. Relativamente a fornecedores europeus é notório destacar a Noruega e Alemanha por se encontrarem presentes em dois dos gráficos que representam os principais fornecedores em 2021. A Noruega forneceu 6,76% do petróleo importado pela EU e 15,18% do gás natural, tal como é possível observar na figura 6. Por sua vez a Alemanha é o país responsável pelo maior fornecimento de eletricidade 13,18% e exporta também biocombustível, com 5,5% e ocupando o segundo lugar de maior exportador desta fonte de energia.

Concluímos que a maioria dos principais fornecedores da UE tem um regime político democrático com falhas. É necessário mencionar que a Rússia se encontra cada vez mais perto de um regime totalitarista, a Argélia se encontra controlada pelo sistema militar, o Qatar tem um regime político autoritário e a Líbia não consegue manter um governo central estável desde a queda do regime autoritário, pelo que é crucial a UE estar atenta à situação política dos seus fornecedores visto que alguns dos principais apresentarem elevada instabilidade, o que no futuro se pode traduzir em crises geopolíticas que levem ao corte de fornecimento de energia.

Existe uma necessidade por parte da UE de ter em consideração os regimes políticos dos seus fornecedores, de forma a evitar futuros cortes de fornecimento, como os que ocorreram desde 2022 por parte da Rússia. Bons resultados em indicadores como o IDH, Índice de Gini e PIB Per Capita revelam uma maior estabilidade dos países fornecedores, o que

consequentemente leva a uma maior segurança relativamente a parcerias para compra e venda de energia e consequentemente maior estabilidade relativamente aos fluxos energéticos.

Nunca se subjugando, a UE deveria de reforçar as suas relações diplomáticas com os países estratégicos ao seu fornecimento, principalmente com os países parceiros que têm um histórico de boas relações a longo prazo. A nível individual os governos dos Estados Membros devem fomentar a ampliação dos mixes energéticos e a diminuição da dependência de importações, principalmente os mais dependentes de fornecimento externo, como é o caso de Chipre e Malta, ao mesmo tempo em que incentivam o uso de fontes de energia endógena, com um foco particular nas energias renováveis, para alcançar os objetivos ambiciosos de redução de emissões. Cada vez mais existem novas tecnologias limpas no mercado, mesmo com os contratempos atuais derivados da monopolização de mercado dos metais raros por parte da China, que vão ao encontro do Plano Green Deal. A utilização dos mais diversos recursos, como é o caso da utilização dos oceanos para a criação de energia offshore, é da mais extrema importância com o objetivo de não só diminuir a dependência externa, mas também diversificar os mixes energéticos e as concentrações de mercado.

Relativamente a limitações para a realização do atual estudo, o ideal seria haver dados relativos a 2022 no início do mesmo. Com esses dados seria possível realizar uma análise rigorosa do efeito da atual guerra nos fluxos energéticos da UE, comparando os valores de 2021 com os de 2022 e eventuais alterações a nível de fornecedores e fluxos energéticos. Relativamente ao Índice de Gini nem todos os fornecedores apresentaram dados quanto aos mesmos, como é o caso da Líbia e do Qatar. Se os dados de Argélia quanto ao IDH estivessem atualizados também seria possível obter uma visão mais atual do verdadeiro estado do país.

7. Anexo

Em anexo encontram-se os resultados das equações de cada um dos indicadores de segurança energética descritos na secção 3.

Tabela 6. resultados das equações de cada um dos indicadores de segurança energética por país

Países em Estudo	Equação 2	Equação 3	Equação 6
UE	0,734672	0,71063906	0,700174
Áustria	0,655106	0,58677927	0,599633
Bélgica	0,595082	0,58796727	0,579773
Bulgária	0,706216	13,87088397	19,20629
Croácia	0,621603	0,56840835	0,545709
Chipre	0,161418	0,16059817	0,160598
Chéquia	0,661999	0,64221829	0,610726
Dinamarca	0,616924	0,5701772	0,547664
Estónia	0,506965	0,43060837	0,460974
Finlândia	0,765305	0,6450481	0,646621
França	0,652984	0,71524989	0,698969
Alemanha	0,715305	0,5820435	0,662884
Grécia	0,609829	0,58323413	0,583334
Hungria	0,603693	0,53132031	0,52716
Irlanda	0,565417	0,50004804	0,498969
Itália	0,578849	0,51881007	0,514586
Letónia	0,515777	0,41747262	0,41699
Lituânia	0,470293	0,4555701	0,442905
Luxemburgo	0,353654	0,32383365	0,325922
Malta	0,217128	0,20091212	0,200919
Países Baixos	0,553288	0,16015059	0,531859
Polónia	0,547864	0,52871731	0,5215
Portugal	0,618494	0,52904275	0,527453
Roménia	0,708268	0,66330325	0,665475
Eslováquia	0,693451	0,62524725	0,612249

Eslovénia	0,688658	0,48457034	0,48423
Espanha	0,68394	0,65971282	0,660816
Suécia	0,697427	0,29329659	0,326389

Tabela 7. resultados por fonte de energia da equação 9

Países em Estudo	Equação 9 Gás	Equação9 petróleo	Equação 9 biocombustível	Equação 9 fósseis sólidos	Equação 9 eletricidade
EU	0,21673153	0,07936879	0,06876971	0,24577992	0,05807682
Áustria	1	0,15469795	0,26262819	0,42495874	0,41643827
Bélgica	0,37365648	0,13449194	0,21985098	0,2363051	0,37410805
Bulgária	0,65670609	0,43405362	0,1585433	0,77349529	0,66143891
Croácia	0,22341055	0,148872	0,19837985	0,59837646	0,28979094
Chipre	0	0,19833797	0,34205824	1	0
Chéquia	1	0,16969905	0,31921353	0,56139803	0,47797758
Dinamarca	0,99727784	0,13354782	0,14602608	0,78409597	0,32423738
Estónia	0,70266674	0,32714491	0,83629687	0,70380918	0,89514384
Finlândia	0,61164356	0,44305906	0,36513225	0,28349149	0,51538145
França	0,18966217	0,06472755	0,22798212	0,19833236	0,22328994
Alemanha	0,48793756	0,13799721	0,72284501	0,30385695	0,25847302
Grécia	0,24541406	0,167187	0,2160468	0,92109346	0,26613154
Hungria	0,90498797	0,21166211	0,37668934	0,20084316	0,35254271
Irlanda	1	0,21927523	0,50194401	0,64066195	1
Itália	0,27595348	0,09884773	0,07438833	0,37261566	0,3018033
Letónia	1	0,32416071	0,40046526	0,2987647	0,46183528
Lituânia	0,30114648	0,59483738	0,23315283	0,86703876	0,23594566
Luxemburgo	0,2591271	0,40639787	0,64435838	0,64139378	0,49488151
Malta	0,55506605	0,13122934	0,23530633	0	1
Países Baixos	0,25382309	0,09571403	0,20623003	0,25521107	0,30044536
Polónia	0,3761499	0,38979522	0,22364365	0,45054181	0,4022287
Portugal	0,38976889	0,12852063	0,26858273	0,82676404	1
Roménia	0,63769107	0,20686961	0,19159364	0,46441361	0,38149767

Eslováquia	0,57155122	0,60252874	0,5167985	0,1595248	0,52092245
Eslovénia	0,74282193	0,12856816	0,46942035	0,69168861	0,49214228
Espanha	0,23416913	0,06416683	0,13417885	0,18869993	0,54688792
Suécia	0,40428203	0,34944451	0,38722194	0,29554152	0,535555

8. Referências bibliográficas

- Abe, J. O., Popoola, A. P. I., Ajenifuja, E., & Popoola, O. M. (2019). Hydrogen energy, economy and storage: Review and recommendation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(29), 15072–15086. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.04.068>
- Abnett, K. (2023, April 21). *North Sea countries to pledge massive ramp up of wind energy - draft*. Reuters. <https://www.reuters.com/business/energy/north-sea-countries-pledge-massive-ramp-up-wind-energy-draft-2023-04-21/>
- Abrhám, J., Britchenko, I., Jankovic, M., & Garškaitė-Milvydienė, K. (2018). ENERGY SECURITY ISSUES IN CONTEMPORARY EUROPE. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 7(3). [https://doi.org/10.9770/jssi.2018.7.3\(1\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2018.7.3(1))
- Agency, I. E. (n.d.). *Reliable, affordable access to all fuels and energy sources*. Retrieved February 12, 2023, from <https://www.iea.org/topics/energy-security>
- Agency, I. E. (2022a). *Never Too Early to Prepare for Next Winter: Europe's Gas Balance for 2023-2024*.
- Agency, I. E. (2022b). *World Energy Outlook*.
- Ahire, L., Chiacu, D., Gaur, Y., Adler, L., & Craft, D. (2023, August 7). *US scientists repeat fusion ignition breakthrough for 2nd time*. Reuters. <https://www.reuters.com/business/energy/us-scientists-repeat-fusion-power-breakthrough-ft-2023-08-06/>
- Amador, J., & Soares, A. C. (2012). A concorrência na economia portuguesa: uma visão sobre os setores transacionável e não transacionável. *Boletim Económico Da Primavera Do Banco de Portugal*, 45-62.
- AUER, S. (2015). Carl Schmitt in the Kremlin: the Ukraine crisis and the return of geopolitics. *International Affairs*, 91(5), 953–968. <https://doi.org/10.1111/1468-2346.12392>
- Balz, D., & Morce, C. E. (2023). American democracy is cracking. These forces help explain why. *Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/politics/2023/08/18/american-democracy-political-system-failures/>
- Bank, T. W. (2023a). *GDP per capita (current US\$)*. The World Bank. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?end=2022&start=2022&view=map>
- Bank, T. W. (2023b). *Gini Index*. <https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.GINI?end=2022&start=2022&view=bar>
- Bielawski, R. (2020). Rare Earth Elements – a Novelty in Energy Security. *Journal of Ecological Engineering*, 21(4), 134–149. <https://doi.org/10.12911/22998993/119810>

- BP. (2022). *bp Statistical Review of World Energy 2022* .
- Chalvatzis, K. J. (2009). Electricity generation development of Eastern Europe: A carbon technology management case study for Poland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6–7), 1606–1612. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.019>
- Chalvatzis, K. J., & Ioannidis, A. (2017). Energy supply security in the EU: Benchmarking diversity and dependence of primary energy. *Applied Energy*, 207, 465–476. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.010>
- Chapman, A., Itaoka, K., Hirose, K., Davidson, F. T., Nagasawa, K., Lloyd, A. C., Webber, M. E., Kurban, Z., Managi, S., Tamaki, T., Lewis, M. C., Hebner, R. E., & Fujii, Y. (2019). A review of four case studies assessing the potential for hydrogen penetration of the future energy system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(13), 6371–6382. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.01.168>
- Charalampides, G., Vatalis, K. I., Apostoplos, B., & Ploutarch-Nikolas, B. (2015). Rare Earth Elements: Industrial Applications and Economic Dependency of Europe. *Procedia Economics and Finance*, 24, 126–135. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00630-9](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00630-9)
- Chikhi, L. (2021, May 19). Algerian protesters face crunch point as police prepare crackdown. *Reuters*. <https://www.reuters.com/world/africa/algerian-protesters-face-crunch-point-police-prepare-crackdown-2021-05-19/>
- Comission, E. (2019). *Pacto Ecológico Europeu*.
- Comission, E. (2022a). *Implementing the Repower EU action plan: Investment needs, hydrogen accelerator and achieving the bio-methane targets* .
- Comission, E. (2022b). *REPowerEU: Joint European Action for more affordable, secure and sustainable energy*.
- Comission, E. (2022c). *Taxonomia da UE: Comissão apresenta um ato delegado complementar relativo à dimensão climática, a fim de acelerar a descarbonização*.
- Das, C. K., Bass, O., Kothapalli, G., Mahmoud, T. S., & Habibi, D. (2018). Overview of energy storage systems in distribution networks: Placement, sizing, operation, and power quality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 1205–1230. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.068>
- Data, O. W. in. (2023a). *The Human Development Index around the world*. <https://ourworldindata.org/human-development-index>
- Data, O. W. in. (2023b). *Primary energy consumption, 2022*. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/primary-energy-cons>
- De Rosa, M., Gainsford, K., Pallonetto, F., & Finn, D. P. (2022). Diversification, concentration and renewability of the energy supply in the European Union. *Energy*, 253, 124097. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124097>

- Dempsey, H., Kommenda, N., Hook, L., Campbell, C., Nevitt, C., & Joiner, S. (n.d.). *Can the EU wean itself off Russian gas?* Retrieved July 11, 2023, from <https://ig.ft.com/europes-race-to-replace-russian-gas/>
- Dorobat, L. M., Turtureanu, A., & Dobrescu, C. M. (2022). *Extending the Use of Coal Beyond 2030, a Compromise Solution in the Case of Romania, to Ensure Energy Security.*
- Durakovic, G., del Granado, P. C., & Tomasgard, A. (2023). Powering Europe with North Sea offshore wind: The impact of hydrogen investments on grid infrastructure and power prices. *Energy*, 263, 125654. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125654>
- Economist, T. (2022a, February 9). *A new low for global democracy.* <https://www.economist.com/graphic-detail/2022/02/09/a-new-low-for-global-democracy>
- Economist, T. (2022b, December 17). *Controlled fusion is little nearer now than it was a week ago.* <https://www.economist.com/science-and-technology/2022/12/13/controlled-fusion-is-little-nearer-now-than-it-was-a-week-ago>
- Economist, T. (2023, February 8). The revolutionary v the pragmatist. *The Economist*. <https://www.economist.com/the-americas/2023/02/08/can-colombias-mercurial-president-bring-total-peace>
- Eurostat. (2022). *Data Browser.* https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all_themes
- Fund, I. M. (2023). *Malta: Selected Issues* (Country Report No. 2023/079). <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2023/02/07/Malta-Selected-Issues-529433>
- Gökgöz, F., & Güvercin, M. T. (2018). Energy security and renewable energy efficiency in EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, 226–239. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.046>
- Grandell, L., & Höök, M. (2015). Assessing Rare Metal Availability Challenges for Solar Energy Technologies. *Sustainability*, 7(9), 11818–11837. <https://doi.org/10.3390/su70911818>
- GREWAL, S. (2023). Military Repression and Restraint in Algeria. *American Political Science Review*, 1–16. <https://doi.org/10.1017/S0003055423000503>
- Hache, E. (2018). Do renewable energies improve energy security in the long run? *International Economics*, 156, 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2018.01.005>
- Hauser, P. (2021). Does ‘more’ equal ‘better’? – Analyzing the impact of diversification strategies on infrastructure in the European gas market. *Energy Policy*, 153, 112232. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112232>
- House, F. (2023). *Freedom in the world 2023*. Freedom House. <https://freedomhouse.org/country/qatar/freedom-world/2023>

- House, T. W. (2023). *Joint Statement on U.S.-EU Task Force on Energy Security*.
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/04/03/joint-statement-on-u-s-eu-task-force-on-energy-security/>
- Intelligence, E. (2022, June 6). *Libya*. The Economist.
<https://country.eiu.com/article.aspx?articleid=1012202284&Country=Libya&topic=Summary&subtopic=Political+structure#>
- Ioannidis, A., & Chalvatzis, K. J. (2017). Energy Supply Sustainability For Island Nations: A Study on 8 Global Islands. *Energy Procedia*, 142, 3028–3034.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.440>
- Jansen, J. C., van Arkel, W. G., & Boots, M. G. (2004). *Designing indicators of long-term energy supply security*.
- Jonsson, D. K., Johansson, B., Månsson, A., Nilsson, L. J., Nilsson, M., & Sonnsjö, H. (2015). Energy security matters in the EU Energy Roadmap. *Energy Strategy Reviews*, 6, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2015.03.002>
- Kirby, P. (2023, February 24). *Has Putin's war failed and what does Russia want from Ukraine?* BBC News.
- Kolesnikov, A. (2022, April 19). *Putin's War Has Moved Russia From Authoritarianism to Hybrid Totalitarianism*. Carnegie Endowment for International Peace.
<https://carnegieendowment.org/2022/04/19/putin-s-war-has-moved-russia-from-authoritarianism-to-hybrid-totalitarianism-pub-86921>
- Korosteleva, J. (2022). The Implications of Russia's Invasion of Ukraine for the EU Energy Market and Businesses. *British Journal of Management*, 33(4), 1678–1682.
<https://doi.org/10.1111/1467-8551.12654>
- Kuzemko, C., Blondeel, M., Dupont, C., & Brisbois, M. C. (2022). Russia's war on Ukraine, European energy policy responses & implications for sustainable transformations. *Energy Research & Social Science*, 93, 102842.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102842>
- Lambert, L. A., Tayah, J., Lee-Schmid, C., Abdalla, M., Abdallah, I., Ali, A. H. M., Esmail, S., & Ahmed, W. (2022). The EU's natural gas Cold War and diversification challenges. *Energy Strategy Reviews*, 43, 100934.
<https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100934>
- Lee, Y. (2017). Interdependence, issue importance, and the 2009 Russia-Ukraine gas conflict. *Energy Policy*, 102, 199–209. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.038>
- Lopes Ferreira, H., Costescu, A., L'Abbate, A., Minnebo, P., & Fulli, G. (2011). Distributed generation and distribution market diversity in Europe. *Energy Policy*, 39(9), 5561–5571. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.064>
- Marques, A. C., & Junqueira, T. M. (2022). European energy transition: Decomposing the performance of nuclear power. *Energy*, 245, 123244.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123244>

- Matsumoto, K., Doumpos, M., & Andriosopoulos, K. (2018). Historical energy security performance in EU countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1737–1748. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.058>
- Parliament, E. (2023). *Mercado Interno de Energia*. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/45/mercado-interno-da-energia>
- Právělie, R., & Bandoc, G. (2018). Nuclear energy: Between global electricity demand, worldwide decarbonisation imperativeness, and planetary environmental implications. *Journal of Environmental Management*, 209, 81–92. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.043>
- Proskuryakova, L. (2018). Updating energy security and environmental policy: Energy security theories revisited. *Journal of Environmental Management*, 223, 203–214. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.016>
- RYNNING, S. (2015). The false promise of continental concert: Russia, the West and the necessary balance of power. *International Affairs*, 91(3), 539–552. <https://doi.org/10.1111/1468-2346.12285>
- Scholten, D., & Bosman, R. (2016). The geopolitics of renewables; exploring the political implications of renewable energy systems. *Technological Forecasting and Social Change*, 103, 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.10.014>
- Su, C.-W., Khan, K., Umar, M., & Zhang, W. (2021). Does renewable energy redefine geopolitical risks? *Energy Policy*, 158, 112566. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112566>